UNIVERSIDADE JOSÉ EDUARDO DOS SANTOS

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO E PROTEÇÃO VEGETAL

TRABALHO DE FIM DE CURSO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE

LICENCIATURA EM ENGENHARIA AGRONÓMICA

RESPOSTA DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.) A DOSE CRESCENTE DE NITROGÊNIO EM SOLO FERRALITICO AMARELO

Autor: FRANCISCO JOAQUIM DA COSTA

Nº de Registo: 0363/2015

Huambo/Dezembro 2016

UNIVERSIDADE JOSÉ EDUARDO DOS SANTOS

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO E PROTEÇÃO VEGETAL

TRABALHO DE FIM DE CURSO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE

LICENCIATURA EM ENGENHARIA AGRONÓMICA

RESPOSTA DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.) A DOSE CRESCENTE DE NITROGÊNIO EM SOLO FERRALITICO AMARELO

Autor: FRANCISCO JOAQUIM DA COSTA

Orientador: Eng. Ginhas Alexandre Manuel, (*PhD).*

Co-Orientador: Eng. Carlos A. Mazorra Calero, (*PhD).*

Nº de Registo: 0363/2015

Huambo/Dezembro 2016

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho, a minha Tia Ester António Joaquim e ao meu Avô Joaquim António Fernandes (Em Memória). E a toda minha família em especial a minha Mãe Engracia Joaquim Francisco António.

Espero que estejam orgulhosos de mim!

AGRADECIMENTOS

Como não podia deixar de ser, agradeço primeiramente a ***Deus*** *Todo Poderoso pela dádiva da vida. Aos meus* ***Orientadores*** *Eng. Ginhas Alexandre Manuel, PhD e Eng. Carlos A. Mazorra Calero, PhD pela grande e importante contribuição que deram desde a instalação do ensaio até a finalização do presente trabalho e por me auxiliarem sempre que desse apesar das suas ocupações.*

Agradecer também todos os ***Docentes*** *da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) especialmente a todos aqueles que fazem parte do projecto SASSCAL, Task 147, que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, com sugestões e correções que me foram importantes no decorrer do mesmo. Aos trabalhadores do laboratório de química e microbiologia por dispensarem o espaço, os trabalhadores da fazenda do Ngongoinga em especial o senhor Pedro, pelo suporte prestado em quase todo trabalho no ensaio, aos motoristas e os funcionários da biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias pelo contributo dado.*

E por último, ao meu ***Tio*** *António Joaquim que sempre acreditou e investiu em mim desde o princípio da minha formação acadêmica. O meu muito obrigado serei eternamente grato ao senhor. E ao meu amigo José Gomes de Almeida Thomas Ngandu por todo suporte que me deu durante o ano curricular e na elaboração do respectivo trabalho.*

E a todos ***colegas*** *que direta ou indiretamente contribuíram para o alcance desse grande feito*

O meu muito obrigado.!

APOIOS

Faculdade de Ciências Agrárias

RESUMO

O objectivo do respectivo trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses do adubo nitrogenado no crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura do milho. Para tal, realizou-se um ensaio em condições de campo utilizando um desenho de blocos completamente casualizados com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos estudados foram doses crescentes de nitrogénio (T1- Solo simples ´testemunha´; T2 - 100 kg/ha; T3 - 150 kg/ha; T4 - 200 kg/ha; T5 - 250 kg/ha; T6 - 300 kg/ha; T7 - 350 kg/ha). Portanto, avaliou-se as seguintes variáveis: altura das plantas; diâmetro dos caules; peso das folhas; peso fresco e seco dos grãos; número de folhas; peso da maçaroca com e sem folhas; diâmetro da maçaroca; número de maçaroca; comprimento da maçaroca; peso da parte aérea; peso seco da raiz; comprimento das raízes; volume das raízes; matéria seca (caule, folha e grão) e o rendimento da maçaroca e do grão. Os dados foram processados no programa estatístico Infostat versão 2008. Os melhores resultados foram encontrados nos tratamentos T3, T6 e T7, com diferença significativa em relação aos demais tratamentos. Interessa destacar também que os resultados mais baixos foram atingidos no tratamento testemunho T1 e no tratamento com a menor dose do adubo nitrogenado T2. Não houve predominância de uma dose em relação ao efeito nas variáveis de crescimento e rendimento da cultura do milho. Não obstante podemos concluir que o tratamento T3 resultou ser mais agronômico, ecológico e economicamente viável.

Palavras-chaves: Cultura do milho, Doses de nitrogénio, Rendimento agronómico.

ABSTRACT

The purpose of their study was to evaluate the effect of different doses of nitrogen fertilizer on growth, development and yield of maize. To this end, it carried out a test under field conditions using a completely randomized block design with seven treatments and three replications. The treatments were increasing rates of nitrogen (T1 Solo simple'testemunha', T2 - 100 kg/ha; T3 - 150 kg/ha; T4 - 200 kg/ha, T5 - 250 kg/ha; T6 - 300 kg/ha; T7 - 350 kg/ha). Therefore, the following variables were evaluated: plant height; diameter of the stems; weight of the leaves; fresh weight and dry grain; number of sheets; weight of the cob with and without leaves; diameter of the cob; number of cob; length of the cob; shoot weight; dry root weight; length of roots; volume of the roots; dry matter (stem, leaf and grain) and the yield of green maize and grain. The data were processed using the statistical program Infostat version 2008. The best results were found in treatments T3, T6 and T7, with a significant difference compared to other treatments. Interests also noted that the lower results were achieved in the testimony T1 treatment and treatment with the lowest dose of nitrogen fertilizer T2. There was no predominance of one dose in relation to the effect on variables of growth and yield in maize. Nevertheless we can conclude that T3 treatment resulted to be most agronomic, ecological and economically viable.

Key-words: Corn Culture, Nitrogen Doses, Agronomic Yield.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO 1

- Problema científico 2
- Hipótese 2
- Objetivo geral 3
- Objetivos específicos 3

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 4

1.1. A Cultura do milho 4

1.1.1. Importância da cultura do milho 5

1.1.2. Produção mundial 6

1.1.2.1. Principais países produtores 6

1.1.3. Produção do milho em Angola 6

1.1.3.1. Utilização do milho em Angola 8

1.2. Exigências edáfoclimatica da cultura do milho 8

1.2.1. Solos ferralíticos 9

1.2.1.1. Propriedades físicas dos solos ferralíticos 10

1.2.1.2. Propriedades químicas dos solos ferralíticos 10

1.3. Exigências nutricionais da cultura do milho 11

1.3.1. Adubação da cultura do milho 11

1.3.2. O Nitrogênio na cultura do milho 12

1.3.2.1. Efeito do excesso do nitrogênio 13

1.3.2.2. Efeito da deficiência do nitrogênio 14

1.3.3. Fontes alternativas para a fertilização nitrogenada 15

1.3.3.1. Adubo verde 15

1.3.3.2. Estrume 15

1.3.3.3. Fixadores biológicos de nitrogênio 16

1.3.3.4. Precipitação atmosférico 16

1.3.3.5. Compostagem 16
1.4. Perdas de nitrogênio no solo 17
1.4.1. Volatilização 17
1.4.2. Lixiviação 17
1.4.3. Desnitrificação 19
2. MATERIAL E MÉTODOS 20
2.1. Caracterização da área de estudo 20
2.1.1. Características edafoclimáticas 20
2.1.2. Aspectos socioeconómicos 20
2.1.3. Aspectos climáticos durante o ensaio 21
2.2. Resultados da análise do solo 22
2.3. Delineamento experimental 22
2.4. Preparação e arranque do ensaio 23
2.4.1. Sementeira 24
2.4.2. Tratos culturais 24
2.4.2.1. Rega 24
2.4.2.2. Sacha 24
2.4.2.3. Amontoa 24
2.4.2.4. Desbaste 25
2.4.3. Variáveis avaliadas 25
2.5. Análise estatístico 27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 28
3.1. Altura das plantas 28
3.2. Diâmetro do caule 30
3.3. Peso da parte aérea das plantas 31
3.4. Número e peso das folhas 32
3.5. Número de maçaroca 33

3.6. Diâmetro e comprimento da maçaroca 34
3.7. Peso da maçaroca com e sem folha 35
3.8. Peso fresco e seco dos grãos 36
3.9. Comprimento da raiz das plantas 37
3.10. Peso seco da raiz das plantas 38
3.11. Matéria seca (Caule, folha e Grão) 39
3.12. Rendimento da maçaroca 39
3.13. Rendimento do grão 40
4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 42
4.1. Conclusões 42
4.2. Recomendações 43
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44
ANEXOS

Índice de Figuras

Figura 1. Temperatura durante o ensaio. Os valores representam as médias dos respectivos meses……..…..…….. 21

Figura 2. Humidade relativa durante o ensaio. Os valores representam as médias dos respectivos meses.....…..…….. 21

Figura 3. Precipitação durante o ensaio. Os valores representam as médias dos respectivos meses .....…….....……. 22

Figura 4. Vista geral do ensaio…….....…..…. 23

Figura 5. Adubação e Sementeira do milho …….....….. 24

Figura 6. Medição da altura das plantas …….....… 25

Figura 7. Medição do diâmetro do caule ……..….....… 25

Figura 8. Valores médios da altura das plantas nos diferentes tratamentos 28

Figura 9. Valores médios do diâmetro do caule das plantas nos diferentes tratamentos…… 30

Figura 10. Valores médios do peso da parte aérea das plantas nos diferentes tratamentos …….. 31

Figura 11. Valores médios do número de maçaroca das plantas nos diferentes tratamentos ……. 33

Figura 12. Valores médios do comprimento da raiz das plantas nos diferentes tratamentos 37

Figura 13. Valores médios do peso seco da raiz das plantas nos diferentes tratamentos…….. 38

Figura 14. Pesagem dos adubos …….…….…. ANEXOS

Figura 15. Rega da aérea do ensaio …….……. ANEXOS

Figura 16. Adubação de cobertura …….. ANEXOS

Figura 17. Remoção das plantas representativa …….. ANEXOS

Figura 18. Contagem das folhas …….. ANEXOS

Figura 19. Colocando amostras na estufa ……..….. ANEXOS

Figura 20. Pesagem da maçaroca ……..……... ANEXOS

Figura 21. Pesagem da parte aérea da planta ……..……. ANEXOS

Índice de Quadros

Quadro 1. Tratamentos Estudados. Doses crescentes do adubo nitrogenado e um testemunha (Sem Adubação) …….....……..... 22

Quadro 2. Valores médios do número e peso das folhas das plantas nos diferentes tratamentos 32

Quadro 3. Valores médios do diâmetro e comprimento da maçaroca nos diferentes tratamentos 34

Quadro 4. Valores médios peso da maçaroca com e sem folha nos diferentes tratamentos 35

Quadro 5. Valores médios do peso fresco e seco dos grãos das plantas nos diferentes tratamentos 36

Quadro 6. Valores da percentagem de matéria seca (caule, folha e grão) nos diferentes tratamentos 39

Quadro 7. Valores do rendimento da maçaroca das plantas nos diferentes tratamentos 40

Quadro 8. Valores do rendimento do grão das plantas nos diferentes tratamentos 40

Quadro 9. Resultados das medições nas 4 idades ……. ANEXOS

Quadro 10. Resultados das variáveis no último dia no campo ……..…….. ANEXOS

Quadro 11. Resultados das variáveis no laboratório ……..... ANEXOS

Quadro 12. Matéria seca ……...…… ANEXOS

Quadro 13. Volume e Peso seco da raiz ……...……...… ANEXOS

Quadro 14. Resultados da análise do solo da área de estudo ……..…….. ANEXOS

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo. A sua importância se dá devido a sua grande adaptação ás diferentes condições ambientais, ao seu valor nutricional para a alimentação humana e animal e pela geração de renda, por meio da produção de grãos (Câmara, 2005)

O acréscimo da produção deste cereal é resultado do desenvolvimento do mercado, proporcionado pelas possibilidades do seu uso como acima foi referido e para a produção de etanol. Embora em países mais desenvolvidos o milho seja destinado principalmente à alimentação animal, ainda é um importante componente da alimentação da população de muitos países, principalmente da África e da América Central (Demétrio, 2008).

A cultura do milho apresenta como característica, a grande capacidade de extração de nutrientes no solo, principalmente o nitrogénio, que é um elemento que condiciona de maneira significativa o desenvolvimento e o rendimento desta mesma cultura.

O nitrogênio ocupa posição de destaque entre os nutrientes no desenvolvimento da planta. Apesar de apresentar-se na camada arável do solo, em alguns casos em quantidades relativamente elevadas, sua baixa disponibilidade, somada à grande demanda pelos vegetais, faz com que seja um dos nutrientes mais limitantes à produtividade da maioria das culturas. O nitrogênio é necessário para a síntese da clorofila e, como parte da molécula da clorofila, está envolvido na fotossíntese. Falta de clorofila significa que a planta não vai utilizar a luz do sol como fonte de energia para levar a efeito funções essenciais como a absorção de nutrientes (Reis *et al.,* 2006).

O nitrogênio está relacionado ao crescimento e ao rendimento da planta. Isso se deve principalmente ao facto deste nutriente estar associado ao crescimento e desenvolvimento dos drenos reprodutivos (Martin *et al.*, 2011).

Em função da extensa área cultivada, tem-se verificado que a eficiência do uso do nitrogénio (*N*) para os cereais no mundo é de apenas 33%, considerando que os 67% de *N* não são aproveitados, devido o desconhecimento das doses adequadas. Essa ineficiência espelha o baixo índice de produção o que tem provocado carência destes para satisfazer as necessidades da população que faz o uso de cereais (Raun e Johnson, 1999). É um elemento determinante para o crescimento, desenvolvimento e rendimento

das plantas, já que pode influenciar nos processos fisiológicos essenciais para a manutenção da vida vegetal (Basi *et al.,* 2011).

As necessidades da cultura e a disponibilidade do elemento no solo são os pontos a ter em conta na fertilização nitrogenada. O aglomerado de mudanças a que os compostos azotados estão sujeitos e sua mobilidade no solo, torna-o num nutriente cuja gestão é muito difícil, particularmente pelas irregularidades do clima e do solo e por isso, são facilmente arrastados pelas águas de escoamento superficial e de percolação, perdendo-se, para lá da zona radicular e da produção agrícola. O pior de tudo é que, este nitrogénio contribui para a poluição das águas superficiais e subterrâneas. Sendo assim, a adubação azotada deve ser estimada à partida (Coelho, 2006).

O uso de fertilizantes em Angola com objectivo de fornecer nutrientes as culturas é pouco praticado e quando é, é feita de maneira inadequada pelos camponeses devido a falta ou pouco conhecimento. As baixas produções unitárias que caracterizam a agricultura angolana tradicional devem-se, entre outros fatores como a baixa capacidade genética das plantas cultivadas, a ocorrência de infestantes e os ataques de pragas e doenças, sobre tudo ao baixo nível da fertilidade da maior parte dos solos. Não valerá a pena em tal caso, investir noutros fatores de produção sem primeiramente corrigir os desequilíbrios de elementos minerais do solo essenciais ao bom crescimento e desenvolvimento das culturas, através de uma tecnologia de fertilização adequada (Dias *et al.,* 2006).

O uso contínuo de adubação nitrogenada em grandes quantidades na produção do milho pode causar problemas de degradação do solo ocasionando a salinização do solo, contaminando o lençol freático com a lixiviação de nitrogênio e os reservatórios de água, com o carreamento de nitrogênio por deflúvio superficial. Sendo assim é fundamental o manejo de forma a reduzir os custos de produção e minimizar os impactos ambientais (Oliveira *et al.,* 2012).

Neste caso, o presente trabalho buscou avaliar o efeito de diferentes doses de nitrogênio no crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura do milho.

- **Problema científico**

O uso empírico da adubação nitrogenada tem influenciado no rendimento agrícola e econômico da cultura do milho e na proteção do ambiente.

o Hipótese

Se se avaliar diferentes doses de nitrogênio na cultura do milho poder-se-á determinar a dose que permita obter os rendimentos agronômicos, ecológicos e economicamente viáveis.

o Objetivo geral

Avaliar o efeito de diferentes doses de nitrogênio no crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura do milho.

o Objetivos específicos

- ✓ Determinar a dose adequada (agronômica, ecológica e econômica) de nitrogênio para a cultura do milho.
- ✓ Avaliar o efeito de diferentes doses de nitrogênio nas variáveis de crescimento e no rendimento da cultura do milho.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. A Cultura do milho

Os povos pertencentes a muitas tribos nómadas (provenientes do nordeste asiático) que, em fuga, migraram para o norte, atingiram o continente americano. Ao longo do México tiveram o primeiro contacto com um ancestral do milho, o teosinto – nome vernáculo de uma planta, *a Euchlaena mexicana*, da família das gramíneas e da tribo dos Maideas. Cruzamentos acidentais ocorridos entre diversas espécies de teosinto, seguidos de mutações genéticas catastróficas, teriam dado origem ao milho selvagem "que produzia maçaroca com 2,5 a 5 cm e comprimento e 6 – 8 fiadas de grãos, com cerca de 40 a 50 grãos em cada maçaroca". Assim, foi esta planta que esses povos em fuga encontraram e que transformaram na base da sua alimentação. Foram estes povos nómadas que fizeram a dispersão desse milho cerca de 3000 anos a.C. (Ripado, 1994). A partir daí, esse cereal passou a ser cultivado em todas as Américas, pelos nativos e, posteriormente foi levado para a Europa, África e Ásia. Hoje é cultivado em uma ampla variedade de ambientes e com o uso da mais diversificada tecnologia de produção, o que tem possibilitado a sua adaptação (Demétrio, 2008).

O milho é uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existentes na natureza, devido à sua grande capacidade de acumulação de fotoassimilados. De uma semente que pesa pouco mais de 0,3 g irá surgir uma planta geralmente com mais de 2,0 m de altura, isto dentro de um espaço de tempo de cerca de nove semanas. Nos meses seguintes, essa planta produz cerca de 600 a 1.000 sementes similares àquela da qual se originou (Magalhães *et al.*, 2002). O milho é uma planta de alto porte, ela pode atingir 3 – 4 m de altura embora seja preferível cultivar variedades de 1 – 2 m de altura. As raízes são fasciculadas distinguindo-se raízes primarias e adventícias, desenvolvendo-se estas últimas, a partir dos primeiros nós do colmo. Normalmente as raízes não se aprofundam na terra mais de 50 cm ficando perto da superfície. O caule ou colmo é cheio, apresentando nós salientos a partir dos quais se desenvolvem as folhas. As folhas são, alternadas, compridas e lanceoladas. O milho é uma planta monoica, com flores unissexuais, isto é, no mesmo pé existem flores masculinas e femininas. A inflorescência masculina é a terminal da planta formando um penacho vulgarmente conhecido como *bandeira;* as flores femininas, reúnem-se em inflorescência tipo espiga, impropriamente conhecida como panícula, distribuídas ao longo do caule nas axilas das folhas (Del Re *et al.*, 1991).

O período de crescimento e desenvolvimento do milho é limitado pela água, temperatura e radiação solar ou luminosidade. A cultura do milho necessita que os índices dos factores climáticos, especialmente a temperatura, precipitação pluviométrica e fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo (Cruz *et al.,* 2006).

1.1.1. Importância da cultura do milho

O milho é um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo diversos produtos utilizados para a alimentação humana e animal, matérias-primas para a agroindústria, principalmente devido à quantidade de reservas acumuladas nos grãos e produção de etanol (Demétrio, 2008).

O milho traz em sua composição vitaminas A e do complexo B, proteínas, gorduras, carbohidratos, cálcio, ferro, fósforo, e amido, além de ser rico em fibras. Cada 100 gramas do alimento tem cerca de 360 kcal, sendo 70% de glícidos, 10% de proteínas e 4,5% de lípidos. O panorama no sector energético remete ao sector primário as preocupações com a utilização de combustíveis renováveis, no lugar de combustíveis fosseis. No mundo, a produção de biocombustíveis, em particular o etanol, esta em uma curva ascendente, sendo que os principais países/blocos são: Estados Unidos, Brasil, União Europeia, China e Canadá. Notadamente, o mercado fica concentrado em torno de dois grandes países: Estados Unidos e Brasil. Que mais uma vez distinguem-se dos demais, pois o etanol norte-americano provém do milho e o etanol brasileiro é proveniente da cana-de-açúcar. Os combustíveis renováveis nos Estados Unidos são de interesse estratégico, pois reduzem a dependência do petróleo estrangeiro (Maiores importadores do mundo), mantêm os produtores rurais norte-americanos "ocupados", em relação a uma revisão dos subsídios e compensações para a produção agrícola (Alberton, 2009).

Como alimento para o gado, o milho é um cereal precioso; 900g a 950g de grão fresco equivalem a cerca de uma unidade forrageira. Em todo o mundo, 80 a 85% do milho produzido destina-se à alimentação animal e 15 a 20% à indústria de farinação ou de extração de amido. As principais propriedades terapêuticas do milho recomendam o seu uso benéfico com agente de emagrecimento, sedativo e anti-hemorragico. Também é recomendado no tratamento dos cálculos renais, hidropisia, cardiopatias e reumatismo (Ripado, 1994).

1.1.2. Produção mundial

1.1.2.1. Principais países produtores

A produção de milho é altamente concentrada, pois apenas três países: Estados Unidos, China, e Brasil detêm 68% de toda a produção mundial, incluindo-se a União Europeia, tem-se 75% do total global (Alberton, 2009).

Está ocorrendo um processo de incremento de produção de etanol a partir do milho, nos Estados Unidos, o que pode incrementar o consumo interno desse cereal e reduzir as quantidades disponíveis para exportação, no país que é responsável por mais de 50% da quantidade comercializada internacionalmente (Garcia *et al.*, 2006).

Os maiores produtores mundiais são os Estados Unidos da América com 345,5 milhões de toneladas, China 224,6 milhões de toneladas, Brasil 84,0 milhões de toneladas e a seguir a União Europeia que apresenta 57,8 milhões de toneladas. Já as exportações mundiais são efectuados pelos seguintes países: Estados Unidos da América 41,9 milhões de toneladas, Brasil 28,0 milhões de toneladas, Argentina 17,0 milhões de toneladas e a Ucrânia 15,5 milhões de toneladas. Os principais consumidores mundiais são os Estados Unidos, China, União Europeia e o Brasil (FIESP, 2016).

O milho é actualmente o cereal mais produzido no mundo, e amplamente conhecido por seus valores nutricionais e benefícios à saúde. Apesar disso o que se observa no mercado de importação do milho é que não há realmente um importador massivo, os grandes consumidores mundiais são também grandes produtores do cereal, assim, vê-se um número de importação bem dividido entre vários países, sem um grande importador característico, como é o caso da china para a soja. Actualmente o maior importador de milho é o Japão, com expectativa de 15 milhões de toneladas importadas na campanha 15/16, devido ao relevo e ao clima, esse pais não produz o cereal e tem que importar todo milho consumido. Logo atrás do Japão, vem a União Europeia e o México (Jornalismo Agropecuário, 2015).

1.1.3. Produção do milho em Angola

Antes da independência a produção de alimentos era alta e o país era um importante exportador de milho e café. Durante o conflito, a agricultura desceu para um nível de subsistência, consequentemente o país apoiou-se em importações de alimentos (trigo e arroz) e ajuda alimentar, maioritariamente na forma de milho e feijão. No centro do

país, as colheitas de cereais, milho principalmente, variam de província para província de acordo com o volume de chuva e a qualidade do solo. Na província do Huambo, no planalto central, as fortes chuvas, a baixa fertilidade dos solos esgotados, a preparação da terra com instrumento manuais e alta presença de infestantes afectava gravemente as colheitas de milho para muitas famílias (FAO, 2004).

A agricultura em angola é uma atividade predominantemente de mão-de-obra familiar para milhões de pequenos proprietários de lavras/quintas de subsistência que cultivam, uma média de 1,4 ha por agregado, em dois ou mais lotes. A produção baseia-se numa estação em sequeiro que vai de Setembro a Abril (sementeira de Setembro a Fevereiro). Esta estação garante 95% da produção total de cereais (Milho, massango e massambala) (Pacavira e Pacheco, 2006). Em Angola a cultura do milho foi sempre notável, embora com produtividades muito baixas, sem que por isso tenha deixado de ter sido um país exportador. Embora a enorme dependência das doações de milho, tenha ficado actualmente ultrapassada, é evidente a importância do aumento não só da área semeada mas sobre tudo do aumento da produtividade unitária, que passa pela melhoria das práticas culturais, designadamente fertilização e disponibilidade de cultivares e resistência a pragas e doenças (Henriques *et al.*, 2010).

No que se refere à tipologia das explorações agrícolas que actuam na fileira dos cereais os resultados da campanha agrícola 2010/2011 indicam que o sector familiar é responsável por 91,2% da área cultivada, com 1.953.538 hectares semeados. Por sua vez, o sector empresarial apresenta apenas 8,8% da área semeada sendo responsável por 188.605 hectares semeados. O milho é a principal cultura da fileira dos cereais sendo uma das principais bases da alimentação da população (Minagri, 2012).

Em Angola embora este cereal seja cultivado em todas as regiões do país, é na província de Malange, nos planaltos centrais e em Huíla que a cultura se reveste de importância fundamental (Del Re *et al.*, 1991). É uma cultura predominante sobretudo nas províncias do centro do país, onde é a principal cultura comercial, mas distribui-se igualmente pelas províncias do norte (Uíge, Malange, Cuanza Norte, Luanda, Lunda Norte, Zaire, Lunda Sul, Bengo e Cabinda) e do sul (Huíla, Cuando- Cubango, Namibe e Cunene) (Londa e Mateus, 2005).

1.1.3.1. Utilização do milho em Angola

O milho em Angola é utilizado para a ração animal e matéria-prima para a indústria como por exemplo na extração de óleo, na produção de fuba, de amido, do xarope e os grãos triturados para ração animal. As plantas verdes trituradas servem para a produção de silagem e as desidratadas para o feno, como alimento volumoso, principalmente para animais ruminantes nas épocas de pouca pastagem. Como na maioria dos países da Comunidade de Desenvolvimento dos Países da África Austral (SADC), o milho constitui o cereal de maior importância económica e social, 60% da população angolana dependem do milho, sendo usado na alimentação básica. Este cereal é consumido fresco, colhido na fase de maturação leitosa, ou moído e transformado em farinha de milho. É também consumido sob a forma de pipocas, utilizado na fabricação de bebidas alcoólicas, podendo substituir a cevada no fabrico industrial da cerveja (Serafim e Russo, 1989; Manuel, 2013).

1.2. Exigências edáfoclimatica da cultura do milho

No caso do milho, os fatores edafo-climáticos (solo e clima) são considerados os mais importantes para o desenvolvimento da cultura, bem como para a definição dos sistemas de produção. Assim como a maioria das culturas econômicas, o milho requer a interação de um conjunto de fatores edafo-climáticos apropriados para o seu desenvolvimento satisfatório. Um solo rico em nutrientes, por exemplo, teria pouco significado para a cultura se esse mesmo solo estivesse submetido a condições climáticas adversas ou, ainda, apresentasse características físicas inadequadas, que influenciassem negativamente na condução e desenvolvimento da cultura. Solos de textura média, com teores de argila em torno de 30-35% ou mesmo argilosos com boa estrutura, como os ferralíticos, que possibilitam drenagem adequada, apresentam boa capacidade de retenção de água e de nutrientes disponíveis para as plantas, são os mais recomendados para a cultura do milho. Solos arenosos (teor de argila inferior a 15%) devem ser evitados, devido à sua baixa capacidade de retenção de água e nutrientes disponíveis para as plantas. A profundidade, é até a qual as raízes podem penetrar livremente em busca de água e de elementos necessários para o desenvolvimento das plantas. Sendo o milho uma planta cujo sistema radicular tem grande potencial de desenvolvimento, é desejável que o solo seja profundo. Solos rasos dificultam o desenvolvimento das raízes e possuem menor capacidade de armazenamento de água, estando sujeitos a um

desgaste mais rápido em função da pouca espessura do perfil. Áreas com maior declividade são mais suscetíveis à erosão (Landau *et al.,* 2012).

Como cultura esgotante, responde aos fertilizantes fosfatados e azotados, mas acima de tudo aprecia solos com elevado conteúdo em nutrientes minerais. De exigências térmicas um tanto elevadas, o milho deverá considerar-se como uma planta mesotérmica de dias quentes e daí as zonas de melhor adaptação serem as de temperatura média no período de crescimento de 21ºC a 24ªC, o que em termos de temperatura média anual corresponderá sensivelmente de 20ºC a 23ºC. Para que as condições de desenvolvimento e produtividade sejam bem-sucedidas, exige que haja uma variação térmica diária expressiva, com temperaturas noturnas significativamente mais baixas. A alta temperatura noturna não lhe convém porque provocam altas taxas de transpiração, devendo a maturação e colheita terem lugar em tempo seco. Durante o período de crescimento o milho necessita de efetivos quantitativos de chuvas, de 400 mm a 500 mm, o que representa em média cerca de 100 mm/mês. Por outro lado, chuvas excessivas ao longo do ciclo cultural da planta tornam-se prejudiciais. Uma humidade relativa elevada contraria as boas condições de produtividade, sendo-lhe favoráveis valores oscilantes entre os 60% e 70%, mas, por outro lado, para que se processe convenientemente a maturação e colheita, convirá que na fase final do ciclo cultural sobrevenha tempo seco e que a humidade atmosférica desça significativamente (Diniz, 1991).

1.2.1. Solos ferralíticos

Estes tipos de solos estão largamente representados no Planalto Central, designadamente os solos fracamente ferralícos amarelos, os mais representativos da província do Huambo (Hb 14) e os fracamente ferralícos vermelhos (Hb 32). É nestas duas subunidades que geralmente se cultiva o milho no Planalto Central (Dias *et al.*, 2006).

Identificando-se com as extensas superfícies de ondulado suave ou mesmo de ondulado mais expressivo da peneplanície planáltica. Como característica comum a todos estes solos evidencia-se a sua notável espessura efectiva, quando se não interponham estratos de materiais lateriticos ou de laterite a pequena profundidade. Sob cultivo, os solos ferralíticos (mais os francamente ferrálícos) respondem bem aos tratamentos culturais, aos correctivos e adubações criteriosas ou equilibradas. Com maneio inadequado e sem

o recurso a fertilizações, perdem rapidamente a sua limitada reserva de nutrientes, além de se manifestarem grandes distúrbios nutricionais, a que não é alheio o baixo índice de acidez. A incorporação de correctivos calcários é pratica aconselhável e futuramente deverá tornar-se de uso corrente na utilização destes solos (Diniz, 2006).

Caracterizam-se por serem solos muito desenvolvidos, muito profundos, de textura argilosa ou franco-argilosa, óptima porosidade, cor vermelha a amarela, baixa fertilidade natural, bem drenados, muito ácidos. Nestes solos os processos de migração estão restringidos pelo alto grau de estabilidade ou imobilidade de argila. Têm, portanto, óptimas propriedades físicas mas requerem boa adubação química e orgânica, calagem e controle da erosão. São apropriados para cultivação de culturas exigentes, quando bem manejados (Hejkrlik, 2005).

1.2.1.1. Propriedades físicas dos solos ferralíticos

No aspecto físico, os solos ferralíticos, são desprovidos de estrutura, ou então é muito fracamente expressa, bastante friáveis, pouco pegajosos, revelando permeabilidade elevada e fraca capacidade para a água utilizável (Diniz, 2006).

Os caracteres morfológicos, os constituintes mineralógicos como as propriedades físicas e físico-químicas de todos solos são relativamente constantes. O solo é muito profundo, com horizontes pouco nítidos. O perfil comporta a sucessão de horizontes A_{11}, A_{12}, A_3, B_1, B_3 e C, sendo que o horizonte B_2 é o mais característico, geralmente por sua espessura e sobretudo por sua estrutura e sua porosidade. Os solos ferralíticos apresentam, segundo as regiões, horizontes humíferos mais ou menos marcados e horizontes empobrecido em argila, nítidos e relativamente espessos. Todos apresentam um horizonte B_1. A importância deste horizonte é variável e algumas de suas características físicas, tais como estrutura, consistência, o distinguem dos outros horizontes. A estrutura do horizonte B_1 é maciça, muito diferente daquela do horizonte A_{11} que é grumosa, distinguindo-se igualmente da estrutura do horizonte B_2 pela sua consistência mais forte, sobre tudo do estado seco, e menor porosidade embora sendo muito pequena as diferenças (Volkoff, 1976).

1.2.1.2. Propriedades químicas dos solos ferralíticos

Este solo, ressalta o seu muito baixo conteúdo em nutrientes minerais e em matéria orgânica, baixa e frequentemente muito baixa capacidade de troca catiônica e também do grau de saturação de bases (Diniz, 2006).

Esses solos, em geral, apresentam alta acidez, aliada à presença de Al, alta fixação de P e baixos teores de matéria orgânica, a qual tem recebido considerável atenção na forma de cálculo do nitrogênio potencialmente mineralizável e na recomendação de nitrogênio para o milho, em vista da alta correlação com o estoque de nitrogênio total do solo (Amado *et al.*, 2002).

1.3. Exigências nutricionais da cultura do milho

Em virtude de características de capacidade produtiva, qualidade química e nutricional. O milho, para atingir altas produtividades, a cultura necessita que suas exigências nutricionais sejam supridas (Farinelli e Lemos, 2010). O conhecimento das quantidades de nutrientes extraídas pelo milho permite estimar as taxas que serão exportadas pela colheita dos grãos e as que poderão ser restituídas ao solo através dos restos culturais. Além dos conhecimentos das quantidades dos nutrientes extraídos, é fundamental saber quando eles são mais exigidos pela cultura. Com isso, pode-se orientar o fornecimento racional de fertilizantes, nas quantidades e períodos mais adequados à cultura (Cardoso *et al.*, 1998).

Para facilitar o manejo e entender as necessidades da cultura, o milho é dividido em estágios, que determinam períodos críticos. Cada cultura tem exigências nutricionais especificas (Roberto, 2010). No milho a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento da produtividade e que a maior exigência do milho, refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo. Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas. Para uma produtividade de 9 t de grãos/ha, são extraídos 2100 g de ferro, 340 g de manganês, 400 g de zinco, 170 g de boro, 110 g de cobre e, 9 g de molibdênio. Entretanto, a deficiência de um deles pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos e redução na produtividade, como a deficiência de um macronutriente como, por exemplo o nitrogênio (Coelho, 2006).

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que esta extrai durante o seu ciclo. Esta extração total dependerá, portanto, do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palha. Assim, tanto na produção de grãos como na de silagem será necessário colocar à disposição da planta a quantidade total de nutrientes que esta extrai, que devem ser fornecidos pelo solo e através de adubações. O crescimento e, em consequência, a produção de uma

determinada cultura dependem da sua nutrição ao longo do seu período vegetativo. O estado de nutrição de uma planta poderá traduzir-se pela concentração dos nutrientes nos tecidos dessa planta, (Coelho e França, 1995; Dias *et al.*, 2006).

1.3.1. Adubação da cultura do milho

O uso de fertilizantes no solo deve obedecer sistematicamente as recomendações agronômicas, mediante análises químicas prévias para fertilidade. Por se tratar de corpos estranhos ao solo, as reações e alterações processam-se física, química e biologicamente podendo causar impactos, tanto negativos quanto positivos nesse ambiente e no agro-ecossistema como um todo. (Gomes *et al.*, 2008). Considera-se que a fertilidade dos solos seja um dos principais factores responsáveis pela baixa produtividade de áreas destinadas tanto à produção de grãos como de forragem. Este facto não se deve apenas aos baixos teores de nutrientes presentes nos solos, mas, também, ao uso inadequado de adubações, principalmente com nitrogênio e potássio (Valderrama *et al.*, 2011).

Entre as tecnologias usadas no cultivo do milho, destaca-se a necessidade da melhoria na qualidade dos solos, visando a uma produção sustentada. Essa melhoria na qualidade dos solos está geralmente relacionada ao adequado manejo, o qual inclui, entre outras práticas, a rotação de culturas, o plantio direto e o manejo da fertilidade, através da calagem e da adubação equilibrada (Cruz *et al.*, 2009).

No sistema de cultivo convencional, recomenda-se aplicar entre 10 e 30 kg de N/ha na sementeira, dependendo da expectativa de rendimento, e o restante em cobertura a lanço ou no sulco, quando as plantas estão com 4 a 8 folhas ou com 40 a 60 cm de altura. Em condições de chuvas intensas ou se a dose de nitrogênio for elevada pode-se fracionar a aplicação em duas partes com intervalo de 15 a 30 dias (SBCS, 2004).

Nas adubações nitrogenadas, é importante que a quantidade de nitrogênio a ser aplicada na cultura do milho seja a mais exata possível, minimizando tanto os excessos, que prejudicam a qualidade ambiental e oneram o produtor, quanto as quantidades deficientes, que comprometem a produtividade projetada (Amado *et al.*, 2002).

1.3.2. O Nitrogênio na cultura do milho

O conteúdo mineral dos tecidos vegetais é variável, dependendo do tipo de planta, das condições climáticas durante o período de crescimento, da composição química do meio

e da idade do tecido, entre outros (Dechen e Nachtigall, 2006). No milho, os nutrientes têm diferentes taxas de translocação entre os tecidos (colmos, folhas e grãos). No que se refere à exportação dos nutrientes, o fósforo é quase todo translocado para os grãos (77 a 86 %), seguindo-se o nitrogênio (70 a 77 %), o enxofre (60 %), o magnésio (47 a 69 %), o potássio (26 a 43 %) e o cálcio (3 a 7 %). Isso implica que a incorporação dos restos culturais do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio e cálcio, contidos na palhada (Coelho, 2006).

O nitrogênio é um dos nutrientes que apresentam os efeitos mais expressivos no aumento da produção de grãos, na cultura do milho. Tem grande importância como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila (Gross et al., 2006) citado por (Queiroz *et al.*, 2011). É um dos nutrientes que apresenta os efeitos mais espetaculares no aumento da produção de grãos na cultura do milho. Em geral, de 70 a 90% dos experimentos de adubação com milho realizados a campo respondem à aplicação. Por isso, é o nutriente mais aplicado em quantidade e com a preocupação de aplica-lo tanto em fundo como em cobertura, sendo que muitas vezes são feitas duas aplicações em cobertura (Cruz *et al.*, 2009).

É um constituinte de compostos e complexos organominerais de interesse vital para a planta, de entre os quais se salientam os aminoácidos; as proteínas (as quais são sobretudo proteínas funcionais que através de uma continua degradação e síntese controlam diversos fenômenos vitais da planta); as nucleoproteínas (tais como o DNA, ácido desoxirribonucleico, e o RNA, ácido ribonucleico, que controlam fenômenos tão complexos e importantes como é a hereditariedade); a clorofila (primeiro fixador da energia luminosa necessária à fotossíntese). Este último aspecto justifica, pelo menos em grande parte, a afirmação de que é nas folhas que se decide a produção (Floss, 2006; Santos, 2012).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas na forma nítrica (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+), entretanto, é a forma nítrica a mais absorvida pelos vegetais. É pouco adsorvido pelos coloides do solo e em virtude disso, facilmente lixiviado pelas águas das chuvas. Este facto constitui a principal razão para se recomendar a adubação parcelada de nitrogênio, de modo a ocorrer o seu melhor aproveitamento pelas plantas (Bastos, 1987).

1.3.2.1. Efeito do excesso do nitrogênio

Quantidades excessivas de nitrogênio originam plantas muito suculentas, com poucas partes lenhosas, diminuição muito marcada no desenvolvimento das raízes e com um amplo desenvolvimento vegetal aéreo. As folhas formam uma cor verde muito escura e a maturação retarda. Em muitos cereais alarga o período de crescimento, o que trás consigo um maior conteúdo de palha com relação ao grão, baixando a qualidade notavelmente. Também é digno de assinalar que uma abundância nitrogenada na planta pode dar lugar a uma maior sensibilidade a doenças e das condições climatológicas, como seca e geadas (Blaya e Garcia, 2003; Malavolta *et al.*, 2002).

Quando as plantas têm a possibilidade de absorverem o nitrogênio em `` consumo de luxo´´, isto é, em quantidades superiores às que lhes são necessárias para o seu metabolismo normal, podem ocorrer alguns inconvenientes, sobre tudo se essa maior disponibilidade de nitrogênio não for acompanhada de maiores disponibilidades de outros nutrientes. Assim, embora o nitrogênio aumente a área das folhas e, consequentemente, a superfície disponível para a fotossíntese e, portanto, para a síntese de glicídios, quando exista um teor mais elevado daquele nutriente os glicídios já sintetizados são convertidos em proteínas e protoplasma, fazendo que fique menor proporção disponível para formar as paredes celulares. Este efeito, no aumento da proporção de protoplasma em relação às paredes celulares tem algumas consequências, a formação de células maiores e de paredes finas, o que torna as folhas menos dura. Um excesso tende também a desfavorecer a formação de tecidos mecânicos, com consequências que podem traduzir-se, no caso dos cereais, por uma maior tendência para ´´acama´´ e, em plantas fibrosas (Santos, 2012).

Também provoca um desequilíbrio, esse desequilíbrio se mantém no tempo, assiste-se a um atraso na maturação dos grãos e a uma diminuição da marcha de acumulação de reservas (Diehl, 1989).

1.3.2.2. Efeito da deficiência do nitrogênio

As plantas com deficiências são débeis e mostram atrofio, as suas folhas são de pequeno tamanho e, em ocasiões, apresentam morfologias diferentes. Geralmente se observa um amarelecimento (clorose) dos limbos foliares devido à falta de clorofila. Como o nitrogênio é muito móvel pelo floema e se transporta progressivamente para as folhas mais jovens o ápice no crescimento, são geralmente as folhas basais, as mais velhas, as

que exibem em primeiro lugar os sintomas de deficiência. Nas gramíneas, a zona afetada avança em forma de V. O grão nas espigas alcançam um tamanho menor e falta de peso. A deficiência extrema do nitrogênio ocorre com mais frequência nos solos arenosos os saturados de água; os solos com baixo conteúdo em húmus, particularmente, requerem nitrogênio adicional (Martinez, 1995). As plantas jovens são mais ricas em nitrogênio que as plantas mais velhas; quanto mais a planta envelhece, mais se empobrece em nitrogênio, enriquece em celulose e lenhite e mais o seu valor alimentar diminui (Pontailler, 1992).

A carência desse nutriente durante o enchimento dos grãos acelera a senescência das folhas reduzindo a fotossíntese da cultura e o peso de grãos. Desta maneira, a adequada disponibilidade de nitrogênio é importante durante todo o ciclo da cultura (Carvalho, 2008).

1.3.3. Fontes alternativas para a fertilização nitrogenada

1.3.3.1. Adubo verde

Adubos verdes são plantas utilizadas para melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo (Embrapa, 2011). Adubos verdes são plantas cultivadas com a finalidade de serem enterradas no momento da floração, a fim de enriquecer o solo com húmus e elementos fertilizantes, muito principalmente o nitrogênio. Escolhe-se, para adubação verde, uma leguminosa, porque as leguminosas têm a propriedade de absorver nitrogênio do ar atmosférico, representando assim, de facto, um ganho. Quimicamente, a adubação verde enriquece o solo com nitrogênio, sem causar despesas em dinheiro para aquisição deste elemento nutritivo das plantas (Malavolta *et al.*, 2002).

Os adubos verdes estão entre os meios de fertilização preconizados em agricultura biológica. Tal como a palha, estes adubos são favoráveis à formação de húmus, quer sejam cultivados em associação com as culturas ou em períodos intercalares, antes, durante ou depois da cultura principal. As suas vantagens são múltiplas e diversas tais como: Aumento da matéria vegetal, de húmus; fixação do nitrogênio do ar pelos micróbios livres (bactérias do nitrogênio) e pelas bactérias simbióticas das leguminosas (rizóbios); favorecem a nutrição da cultura seguinte (Rodet, 1978; Mazoyer e Roudart, 2001).

1.3.3.2. Estrume

O estrume é o mais antigo dos adubos e dos corretivos; é o resultado da fermentação de uma mistura de palha ou outros produtos vegetais, urina e excrementos de animais. As palhas ou outros produtos vegetais, que contribuem para o fabrico do estrume, contêm elementos fertilizantes, retirados do solo pelas colheitas. A urina e os excrementos dos animais, contêm igualmente elementos fertilizantes, provenientes das forragens e dos alimentos dado ao gado. O estrume permite, por conseguinte, restituir ao solo uma parte dos elementos fertilizantes recolhidos do solo pelas colheitas. Na qualidade de adubo, contem, em maior ou menor quantidade, todos os elementos necessários à planta. Em média, um bom estrume contém: 5% de azoto, 3% de ácido fosfórico, 6% de potassa, 4% de cal, ou seja, uma dose de 30 toneladas no início do afolhamento, tem ao todo: 150 kg de azoto, 90 kg de ácido fosfórico, 180kg de potassa, 120kg de cal (Pontailler, 1992).

1.3.3.3. Fixadores biológicos de nitrogênio

Um dos mais importantes processos conhecidos na natureza e realizados apenas por microrganismos procariotos é o da fixação biológica de nitrogênio. Para se ter uma ideia, a contribuição da fixação biológica de nitrogênio para o total de nitrogênio introduzido em sistemas agrícolas no mundo é estimada em 65%. A disponibilidade do elemento para os vegetais em sistemas naturais ocorre principalmente pela mineralização da matéria orgânica do solo, haja vista o pequeno conteúdo desse nutriente nos minerais do solo (Reis *et al.*, 2006).

A maior parte do nitrogênio está presente na atmosfera, no entanto somente alguns organismos procariontes são capazes de fixar este nitrogênio atmosférico e por intermédio da ação de enzima (enzima nitrogenase) transforma-lo em amônia (NH_3) ou em íons de amônio ($NH4^+$) para que a planta possa incorpora-lo em forma de nitrogênio orgânico (Morgante, 2009).

1.3.3.4. Precipitação atmosférico

O nitrogênio atmosférico, sob as formas de amônia ($NH3^-$) e principalmente de óxidos nitrosos ($NO2^-$ e NO), convertidos à forma de íon nitrato ($NO3^-$), por ação das descargas elétricas ou radiação ultravioleta, podem ser absorvidos diretamente pelas plantas ou aportarem o solo, diluídos na água das precipitações (Townsend, 2011).

1.3.3.5. Compostagem

O aproveitamento dos resíduos orgânicos pode ser realizado por meio de um processamento, denominado compostagem, em pequena, média e grande escala. É uma alternativa para transformação dos resíduos sólidos orgânicos através da biodegradação por microrganismos (Pereira-Neto, 2007).

Ou seja, é uma técnica idealizada para obter, no mais curto espaço de tempo, a estabilização ou humificação da matéria orgânica que na natureza se dá em tempo indeterminado. É um processo controlado de decomposição microbiana de uma massa heterogênea de resíduos no estado sólido e húmido. Proporciona melhoria de suas características físicas, químicas, físico-químicas e biológicas. Efetua correções de reações químicas desfavoráveis ou de excesso de toxidez e, fornece às raízes os nutrientes suficientes para produzir colheitas compensadoras com produtos de boa qualidade, sem causar danos ao solo, à planta e ao meio ambiente. É a transformação bioquímica da matéria orgânica em sais minerais solúveis, os quais podem ser absorvidos pelas plantas (Nunes, 2009).

1.4. Perdas de nitrogênio no solo

As perdas ocorrem através de remoção pelas culturas, erosão (do nitrogênio total na superfície dos solos agrícolas, mais de 90% encontram-se em combinações orgânicas. Enquanto permanece nesta forma, o nitrogênio está relativamente seguro das perdas, exceto por erosão), volatilização, imobilização biológica (25-30%, com a diminuição da disponibilidade de nitrogênio na solução do solo) e lixiviação (Yamada e Abdalla, 2000).

1.4.1. Volatilização

As perdas gasosas pela emissão de óxidos de nitrogênio e de amônia na atmosfera são os principais fatores de ineficiência do uso dos fertilizantes nitrogenados (Alves *et al.*, 2008).

Os factores que mais influenciam a extensão das perdas são a reacção do solo, os teores em carbonato de cálcio, a capacidade de troca catiônica, a textura, a temperatura, o teor de humidade, a quantidade e tipo de fertilizante aplicado e a profundidade de aplicação. Perdas consideráveis são de recear se: Os fertilizantes, nomeadamente ureia e formas amoniacais, são aplicados à superfície, especialmente em solos alcalinos; quando

resíduos orgânicos são decompostos à superfície; em solos demasiado secos ou excessivamente húmidos, sobretudo, no segundo caso, se a temperatura é elevada, uma vez que a taxa de difusão aumenta; E em solos de capacidade de troca catiônica demasiado baixa. De uma maneira geral, as perdas são reduzidas quando: Os fertilizantes são bem incorporados no solo, especialmente se este é de reacção ácida a neutra; os solos têm elevada capacidade de troca catiônica, devido ao facto de o $NH4^+$, resultante da protonização do NH_3, poder ser adsorvido nos minerais de argila e colóides orgânicos (Nelson, 1982; Stevenson, 1986) citado por (Coutinho e Rodrigues, 2000).

1.4.2. Lixiviação

O nitrogénio é um nutriente muito solúvel e por isso muito móvel no solo, perdendo-se facilmente por lavagem ao longo do perfil do solo e saindo para fora da ação das raízes, tornando desse modo, a sua gestão algo difícil de fazer. Em culturas de sequeiro, a quantidade de nitrogênio perdida por lavagem é função da precipitação, enquanto em culturas de regadio como o milho, é principalmente consequência da quantidade de água utilizada nas regas das culturas. Se a quantidade de água aplicada não for a mais correta, ou seja, se a rega não for bem dimensionada, poderá haver escoamento superficial que provoque o arrastamento do nitrogênio, ou as perdas de água ao longo do perfil do solo sejam elevadas, causando a lixiviação deste macronutriente. As perdas de nitrogênio no solo dependem também do próprio solo e da fórmula química em que o nitrogênio seja aplicado. Se o solo for arenoso, as perdas de nitrogênio serão semelhantes, qualquer que seja a fórmula química em que o nitrogênio seja aplicado, mas se for um solo (argiloso, franco-argiloso, etc.) que apresente complexo de troca, a fórmula amídica (NH_2CONH_2) é a que fica mais facilmente retida do solo, seguida da amoniacal (NH_4^+) e a que se perde mais facilmente é a nítrica ($NO3^-$), pelo facto do complexo de troca do solo ter carga efetiva negativa (Calado e Barros, 2014).

Particularmente, quando se aplica ureia como fonte de nitrogênio existe a possibilidade de ocorrerem perdas importantes deste composto por lixiviação antes da amonificação (conversão da ureia em NH_4^+/NH_3) ocorrer. A molécula de ureia é muito solúvel em água e demora 3 a 4 dias para que ocorra amonificação em extensão apreciável. Se ocorrerem precipitações elevadas neste curto espaço de tempo, a ureia ficará muito sujeita ao arrastamento (Coutinho e Rodrigues, 2000). A lixiviação do NO_3^- ocorre quando a humidade do solo excede a capacidade de campo e a precipitação excede a

evapotranspiração, fazendo com que o NO_3^- se mova para locais onde as plantas não consigam absorve-lo através de suas raízes (Unifertil, 2015).

O conjunto de transformação a que os compostos nitrogenados estão sujeitos num solo normal conduz à formação de nitratos, altamente solúveis e sem capacidade para serem retidos no complexo de absorção do solo e, por isso, facilmente arrastados nas águas de escoamento superficial e nas águas de percolação, perdendo-se, assim, para a produção agrícola e, pior que isso, contribuindo para a poluição das águas superficiais e subterrâneas. As especificidades de comportamento do nitrogênio no solo impõem que a fertilização com este nutriente e todas as técnicas culturais que influenciem a sua dinâmica sejam conduzidas por forma a limitar ao máximo o seu arrastamento pelas águas, diminuindo, assim, o risco de contaminação com nitratos dos lençóis freáticos ou dos cursos de água (Ucuassapi e Dias 2006). O nitrogênio lixiviado, desde que não atinja o lençol freático, pode subir por capilaridade, com a água que chega à camada arável do solo dependendo da fonte e das condições de aplicação, do solo e da queda pluviométrica (Malavolta e Moraes, 2004).

1.4.3. Desnitrificação

A desnitrificação é a redução biológica de nitrato para nitrogênio molécula, tendo-se material orgânico como redutor. A eficiência da desnitrificação depende acentuadamente da disponibilidade de material orgânico para redução de nitrato (ou nitrito) e da temperatura que influi na velocidade do processo (Bueno, 2011).

Nos solos alagados durante largos períodos de tempo onde a quantidade de oxigênio é naturalmente reduzida, há um conjunto de microrganismos anaeróbios (microrganismos capazes de dispensar o oxigênio atmosférico e de utilizar o oxigênio dos nitratos) que reduzem o NO_3^- a compostos azotados, tais como o azoto molecular, N_2 , e vários óxidos de azoto *NO* e N_2O, que, por serem voláteis e pouco solúveis na água, se evolam para a atmosfera, conduzindo assim a perdas de nitrogênio (Santos, 2012).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O respetivo trabalho foi dirigido no Departamento de Produção e Proteção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrárias, unidade orgânica da Universidade José Eduardo dos Santos. No âmbito do projeto SASSCAL, Task 147 ´´*SISTEMA DE GESTÃO DA FERTILIDADE DO SOLO, INTEGRANDO O USO RACIONAL DOS FERTILIZANTES E BIOFERTILIZANTES*``. O mesmo foi realizado no período de agosto de 2015 á Janeiro de 2016 o ensaio foi montado na fazenda experimental da Faculdade de Ciências Agrárias, sita no Ngongoinga, localizado na comuna da Calima.

2.1. Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado na fazenda experimental da faculdade de Ciência Agrárias localizada no Ngongoinga, comuna da Calima com uma superfície de 1.059 km^2 , de acordo o IGCA-Huambo em 2016. A fazenda dista a 11 km do município sede (Huambo), tem uma área de aproximadamente 800 ha com uma latitude 12º 51´36, 01´´ Sul e longitude 15º 43´45. 23´´ Este com 1.679 m de elevação. É limitada a Sul pela aldeia da Katenguenha através dos rios Ateñla; a Norte pelas fazendas Fortunas e Filhos, Zé-Maria Dumbo e fazenda Emiliano; a Este pelas aldeias Ombreira Kuleva e Mbilinga, através dos rios Culimanhala e Kunhongãmua e a Oeste com a comunidade do Longueve e o rio Kunhongãmua.

2.1.1. Características edafoclimáticas

O solo da área do ensaio é ferralítico amarelo possuindo uma textura franco arenoso com pH de 5,7 sendo portanto ácido. O clima da área é húmido de característica tropical, influenciado pela altitude do planalto, com semelhança ao de zonas temperadas. Apresenta duas estações: uma chuvosa que dura sete meses e outra seca ou cacimbo com duração de cinco meses, a pluviosidade média alcança os 1.400 mm/ano e temperatura média anual de 19 ºC (Diniz, 2006).

2.1.2. Aspectos socioeconómicos

A população da localidade do Ngongoinga é de etnia Ovimbundo que praticam uma agricultura de subsistência, onde as principais culturas são o milho, feijão e algumas hortaliças, outros ainda comercializam uma parte dos produtos que vem dos seus pequenos campos. Além da agricultura, a população dedica-se também a produção de carvão e a criação de animais de pequeno porte a escala familiar.

2.1.3. Aspectos climáticos durante o ensaio

As figuras a baixo representam os dados da Temperatura (ºC), Humidade relativa (%) e Precipitação (mm) no período de realização do ensaio. Os mesmos foram fornecidos pela estação meteorológica do aeroporto Albano Machado.

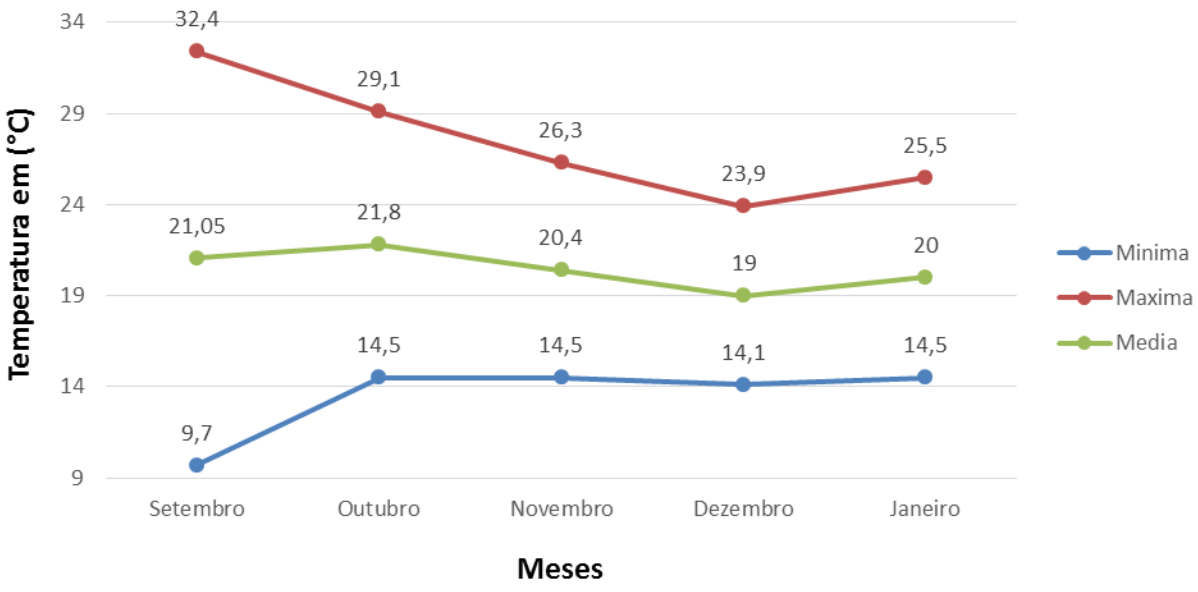

Figura 1. Temperatura durante o ensaio. Os valores representam as médias dos respectivos meses

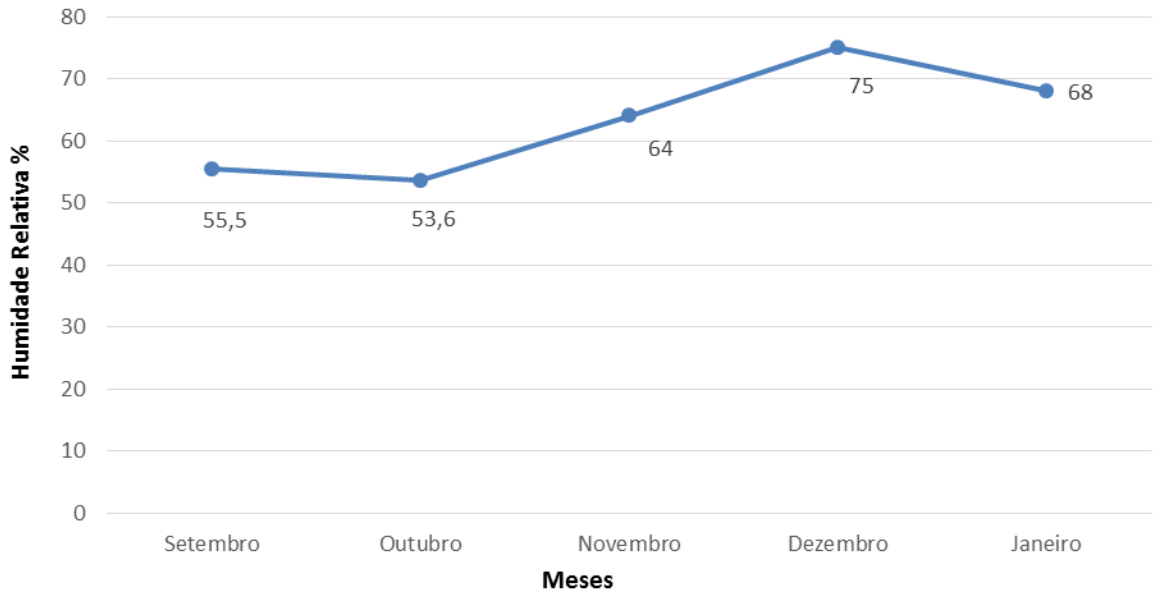

Figura 2. Humidade relativa durante o ensaio. Os valores representam as médias dos respectivos meses

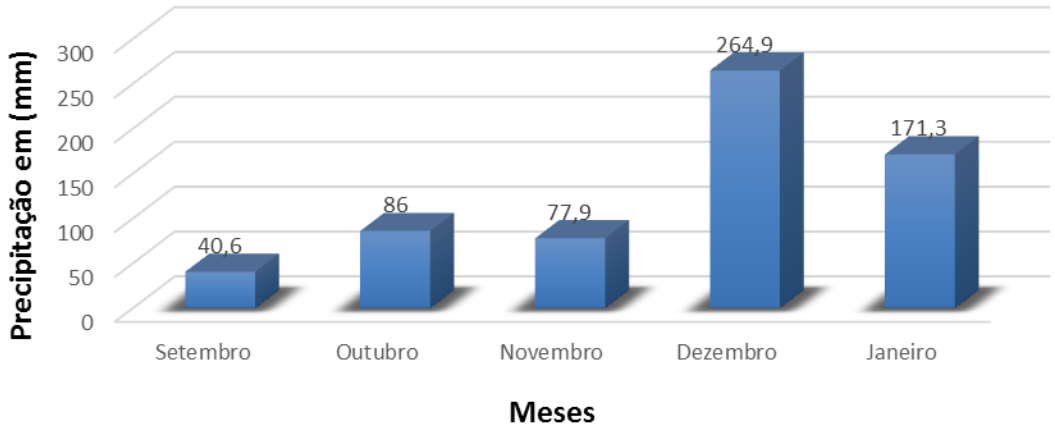

Figura 3. Precipitação durante o ensaio. Os valores representam as médias dos respectivos meses

Fonte: (Aeroporto Albano Machado, 2016).

2.2. Resultados da análise do solo

Para o melhor conhecimento do solo onde foi montado o ensaio, foram tomadas 10 amostras de solo recolhida a uma profundidade de 20 cm que foram levadas ao laboratório do Instituto de Investigação Agrária (IIA). A composição das partículas físicas do solo em percentagem foi de: Argila 21,7 % , Limo 9,8 % e areia 68,5 %. Podendo concluir que o solo é de textura arenosa.

O valor do pH em H_2O foi de 5,7 e o pH avaliado em KCl foi de 4,6 não havendo necessidade de corrigir o solo, porque o pH é admissível pela cultura do milho.

O potássio (K_2O) no solo era de 10,4 $cmolc/dm^3$, para o fósforo (P_2O_5) foi de 2,9 mg/dm^3 e para a capacidade de troca catiônica CTC foi de 24,2 $cmolc/dm^3$.

2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental para o ensaio foi o de blocos completamente casualizados com 7 tratamentos e 3 repetições cada. A área do ensaio, teve uma dimensão de 21 x 25 m dando assim uma área total de 525 m^2 onde cada parcela apresentou a dimensão de

2,10 x 4 m obtendo assim uma área parcelar de 8,4 m^2 tendo uma área de ensaio de 176,4 m^2. Em cada parcela albergou 35 plantas existindo assim, na área do ensaio 735 plantas. Assim sendo, os tratamentos estudados foram os seguintes:

Quadro 1. Tratamentos Estudados. Doses crescentes do adubo nitrogenado e um testemunha (Sem Adubação)

Tratamentos	***Designação ou constituição***
T1	*Solo simples (**Testemunha**)*
T2	*Solo + 100 N kg/ha – 100 kg/ha P_2O_5 – 100 kg/ha K_2O*
T3	*Solo + 150 N kg/ha – 100 kg/ha P_2O_5 – 100 kg/ha K_2O*
T4	*Solo + 200 N kg/ha – 100 kg/ha P_2O_5 – 100 kg/ha K_2O*
T5	*Solo + 250 N kg/ha – 100 kg/ha P_2O_5 – 100 kg/ha K_2O*
T6	*Solo + 300 N kg/ha – 100 kg/ha P_2O_5 – 100 kg/ha K_2O*
T7	*Solo + 350 N kg/ha – 100 kg/ha P_2O_5 – 100 kg/ha K_2O*

Com o nitrogênio fracionado em duas partes iguais, aplicando uma parte no momento da sementeira e a outra após 45 dias da sementeira.

Figura 4. Vista geral do ensaio

2.4. Preparação e arranque do ensaio

A área do ensaio foi preparada de forma mecanizada, com lavoura realizada com um arado seguido de uma gradagem e em seguida abertura de sulcos. As sementes usadas

foram da variedade SAM 3 obtidas do armazém da fazenda experimental do Ngongoinga, e foram selecionadas as de melhor qualidade removendo as impurezas de modo a garantir um bom crescimento e desenvolvimento da cultura.

Após a consulta do quadro de compatibilidade a mistura dos adubos, que se concluiu que os adubos escolhidos tinham que ser aplicados no solo logo em seguida a mistura e a pesagem das doses de adubos a serem usados, efectuou-se a adubação usando uma dose de nitrogênio no **T2** de 183 g, **T3** de 274 g, **T4** de 365 g, **T5** de 457 g, **T6** de 548 e o **T7** de 639 g, 187 g de Superfosfato e 162 g de Sulfato de potássio.

2.4.1. Sementeira

Com um compasso de 0,80 x 0,30 m, a sementeira foi feita manualmente em sulcos colocando três sementes de milho por covacho. E a germinação ocorreu 8 dias após a sementeira, notando-se aos 60 dias a floração.

Figura 5. Adubação e Sementeira do milho

2.4.2. Tratos culturais

2.4.2.1. Rega

Devido a sua importância é um trato cultural que não podia faltar. Pelo facto de ter-se implementado o ensaio no final da época seca, instalou-se o sistema de rega por aspersão. Mas que posteriormente deixou de ser usado de forma regular devido o início das chuvas.

2.4.2.2. Sacha

A sacha realizava-se sempre com o objectivo de manter as parcelas limpas de plantas infestantes e mobilizar o solo, de maneira a evitar a competição entre as plantas e favorecer o arejamento e a filtração da água no solo.

2.4.2.3. Amontoa

Este trato cultural realizou-se 45 dias depois da germinação em simultâneo com a aplicação da adubação de cobertura do adubo nitrogenado (Ureia).

2.4.2.4. Desbaste

30 dias depois da germinação realizou-se o desbaste, deixando apenas uma planta por cova à fim de evitar a competição aos nutrientes entre as a plantas.

Variáveis avaliadas

Durante o crescimento vegetativo:

- **Altura das plantas**

A altura da planta foi determinada em centímetros (cm) aos 30, 45, 60, 75 e 122 dias posteriores a germinação.

Usando uma fita métrica de 50 m, a mesma foi medida do colo da planta até a extremidade apical da planta.

Figura 6. Medição da altura das plantas

❖ **Diâmetro dos caules**

A respectiva variável foi medida em milímetros (mm) aos 30, 45, 60, 75 e 122 dias posteriores a germinação, bem no colo da planta utilizando um paquímetro.

Figura 7. Medição do diâmetro do caule

Durante a colheita das amostras:

As respectivas amostras foram determinadas ou avaliadas no final do ensaio aos 122 dias, depois da remoção com uma enxada das três plantas selecionadas em cada tratamento estudado. Plantas estas que foram retiradas da segunda, terceira e quarta fileira da parcela, com objectivo de evitar a influência da zona fora dos tratamentos. Determinadas amostras foram secadas em estufa a uma temperatura de 100ºC e em seguida pesada para obtenção do peso seco.

❖ **Peso da parte aérea e peso das folhas**

Foi determinada pendurando a parte aérea sem a raiz e as folhas em uma balança analítica (Portable Electronic Scale), que tem como unidade quilograma (kg).

❖ **Número de folhas**

O número de folhas foi determinado através da contagem das folhas verdes de cada planta selecionada do tratamento.

❖ **Número de maçaroca**

Esta variável foi determinada por intermédio de contagem das maçarocas encontrados nas plantas selecionadas para o estudo.

❖ **Diâmetro da maçaroca**

Por intermédio de um paquímetro foi determinado o diâmetro da maçaroca das plantas em milímetros (mm).

- **Comprimento da maçaroca**

Com a ajuda da fita métrica foi determinado o comprimento das maçarocas na escala em centímetros (cm).

- **Peso da maçaroca com e sem folha**

O peso da maçaroca com folha foi medido através de uma balança analítica modelo EC311R, em grama (g).

- **Comprimento da raiz**

Com a fita métrica de 50 m fez-se a medição em centímetros (cm) do comprimento das raízes das plantas selecionadas.

- **Peso fresco e seco dos grãos e peso seco da raiz**

Determinado em grama (g) o peso fresco e seco dos grãos e o peso seco das raízes das plantas selecionadas foram colocados em uma balança analítica e o peso da raiz depois de lavadas e colocados em estufa a 100ºC, foi determinado em uma balança digital CASA COOKING em grama (g).

- **Matéria seca (Caule, folha e grãos)**

Esta variável foi determinada dividindo o peso seco pelo peso fresco das amostras (Caule, Folhas e grãos) e multiplicado por cem, tendo assim a percentagem da matéria seca.

- **Rendimento do grão e da maçaroca**

O rendimento foi determinado através dos valores do peso fresco do grão e da maçaroca das plantas selecionadas, isso em toneladas por hectares (t/ha).

2.5. Análise estatístico

Os dados recolhidos foram preparados no programa Microsoft office Excel e para o processamento dos dados utilizou-se o programa estatístico Infostat versão 2008. Usou-se a análise de variância (ANOVA) para desenhos em blocos para determinar as diferenças entre tratamentos; nos casos onde ANOVA foi significativa, a comparação entre as médias fez-se a prova de TUKEY.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados que apresentamos a continuação são relacionados com (1) altura das plantas em centímetros (cm), (2) diâmetro do caule em milímetros (mm), (3) peso da parte aérea em quilograma (kg), (4) número e peso das folhas em quilograma, (5) número de maçaroca, (6) diâmetro da maçaroca em milímetro e comprimento da maçaroca em centímetro, (7) peso da maçaroca com e sem folha em grama, (8) peso fresco e seco dos grãos em grama, (9) comprimento das raízes em centímetros, (10) peso seco das raízes em grama, (11) matéria seca (caule, folha e grão) em percentagem (%), (12) rendimento da maçaroca e (13) rendimento do grão em toneladas por hectares (t/ha).

3.1. Altura das plantas

A figura 8 apresenta a evolução da altura das plantas ao longo do período vegetativo e productivo da cultura do milho, nos sete tratamentos estudados. Na qual se verifica que as maiores alturas foram atingidas nos tratamentos T3 e T6, sem diferenças entre os mesmos, com valores próximos aos 250 cm. Não obstante, os dois tratamentos referidos anteriormente apresentam diferenças significativas em relação aos tratamentos T2, T4, T5 e T7 e altamente significativas quando comparados com o tratamento testemunha (sem aplicação de fertilizantes), que atingiu o menor valor, aproximadamente 198 cm.

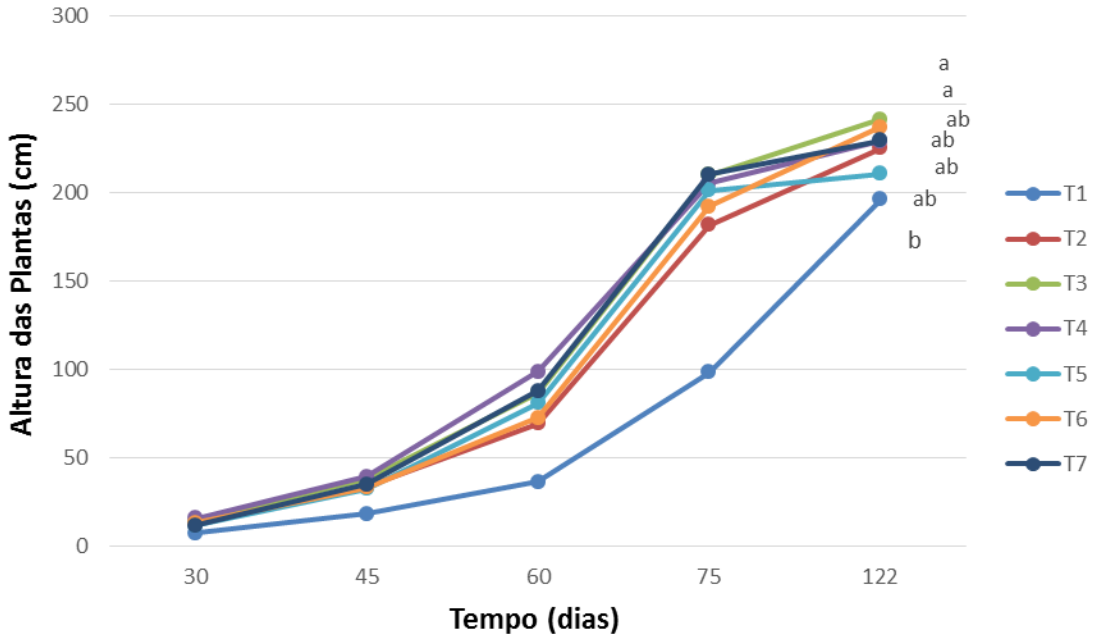

Figura 8. Valores médios da altura das plantas nos diferentes tratamentos. Tomados aos 30, 45,

60, 75 e 122 dias apos a sementeira. Letras diferentes significam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Apesar de não haver diferença estatística entre o tratamento T3 e o tratamento T6, o T3 foi superior numericamente, o que se justifica pela presença do nitrogênio com dose de 150 kg, influenciando de uma maneira no desenvolvimento da cultura o que nos levou a pensar que elevadas doses de nitrogênio não influenciam na altura da planta. Por outro lado, o T1 (testemunha) apresentou o menor resultado, o que consideramos bastante logico, pelo facto de que no referido tratamento não foi adicionado adubo nitrogenado e o solo de onde foi estabelecido o ensaio apresenta-se de certa forma pobre em matéria orgânica.

Cruz *et al.,* (2008) e Tomazela (2005) verificaram que doses de nitrogênio elevadas não contribuíram para o aumento da altura e diâmetro do caule. Mas estudando os efeitos da aplicação de doses de nitrogênio (0; 40; 80; 120 e 130 kg de nitrogênio por ha) no milho, Silva *et al.,* (2003) constataram que foi positiva a resposta da altura das plantas às doses de nitrogênio. Obtendo o valor máximo na dose de 130 kg de nitrogênio por ha. Valor aproximado ao obtido no presente trabalho no tratamento T3 que se apresentou numericamente melhor com dose de nitrogênio de 150 kg.

Concordando também com Gomes *et al.,* (2007) quando diz que, à medida que se aumentaram as doses de nitrogênio, houve aumento na altura das plantas atingindo valores de 2,22 m para a dose de 150 kg/ha. O autor explica que isso se deve ao maior crescimento vegetativo das plantas de milho em resposta à adubação nitrogenada. Até determinadas doses de nitrogênio a planta continua a crescer, depois que tais doses são atingidas, o auto-sombreamento das plantas, assim como o sombreamento mutuo entre plantas, deve contribuir para a redução do crescimento Silva *et al.,* (2003).

Segundo Diehl (1989), o nitrogênio é um elemento indispensável à multiplicação celular, pois faz parte da composição do núcleo. Por esse motivo encontra-se em todos os tecidos jovens. A absorção do nitrogênio será portanto mais acentuada no princípio da vegetação e durante o período de crescimento activo. Em seguida, o ritmo diminui lentamente. Esta função essencial faz do elemento nitrogênio, na maior parte das vezes, o factor determinante do rendimento da cultura.

Bastos (1987) ao apresentar o guia para o cultivo do milho disse que o nitrogénio na cultura do milho é absorvido em todo o seu ciclo vegetativo, sendo sua absorção pequena nos primeiros 30 dias, aumentando de maneira considerável a partir deste ponto, Atingindo taxa superior a 4,5 kg de nitrogênio por ha por dia.

3.2. Diâmetro do caule

A figura 9 apresenta a evolução do diâmetro do caule das plantas ao longo do período vegetativo e produtivo da cultura do milho, nos sete tratamentos estudados. Onde se verificou que o maior diâmetro foi atingido no tratamento T5, com um valor aproximado aos 30 mm. Este mesmo tratamento apresentou diferença significativa em relação aos tratamentos T3, T4, T6, T2 e T7 e altamente significativa quando comparado com o tratamento testemunha T1 (sem fertilizantes), que atingiu o menor valor, aproximadamente 25 mm.

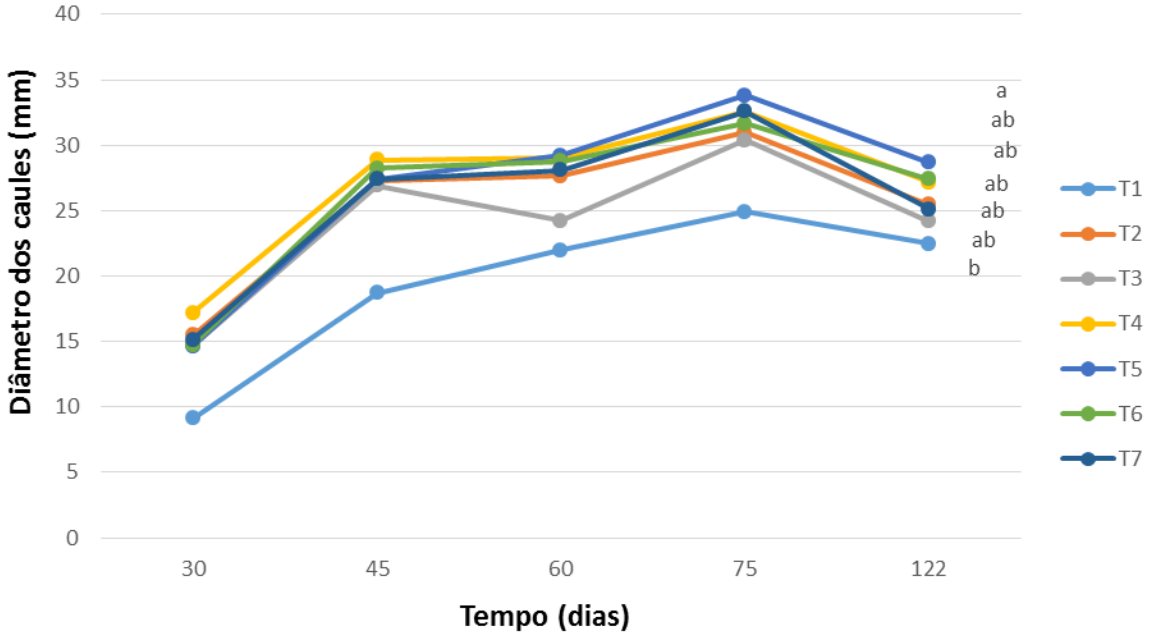

Figura 9. Valores médios do diâmetro do caule das plantas nos diferentes tratamentos. Tomados aos 30, 45, 60, 75 e 122 dias após a sementeira. Letras diferentes significam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Carmo *et al.*, (2012) observaram que a medida em que as doses de nitrogênio foram aumentadas, os valores do diâmetro também foi aumentando. Aos 122 dias houve uma descida dos valores do diâmetro do caule das plantas, acredita-se que é pelo facto de

haver perda de substâncias de reservas com o final do ciclo vegetativo da planta. De acordo com Fancelli e Dourado-Neto (2000), para além da função de suporte de folhas, inflorescência e outros o caule actua como uma estrutura de armazenamento de sólidos solúveis que são utilizados posteriormente na formação dos grãos. Esta correlação não foi observada no presente trabalho, pois o tratamento T5 não obteve os maiores valores no que concerne a variáveis relacionado com os grãos.

3.3. Peso da parte aérea das plantas

A figura 10 aponta os dados do peso da parte aérea das plantas nos diferentes tratamentos, o tratamento T6 demostra o maior valor numérico (1,53 kg) com diferença significativa em relação a todos os tratamentos. Mas, altamente significativa quando comparado com o tratamento T1 que teve o menor valor (0,72 kg).

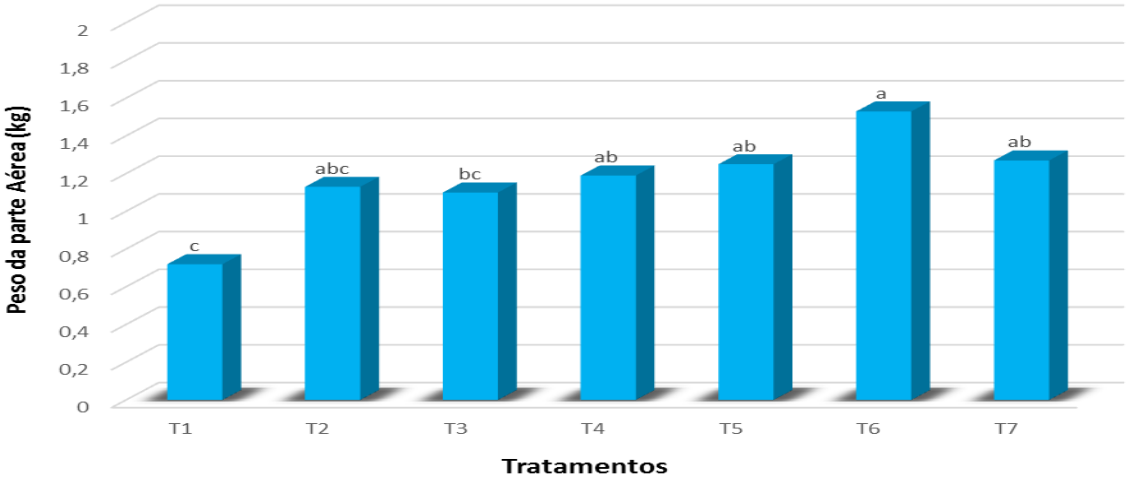

Figura 10. Valores médios do peso da parte aérea das plantas nos diferentes tratamentos. Tomados aos 122 dias após a sementeira. Letras diferentes significam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

A variável peso fresco da parte aérea encontra-se associado a concentração de matéria fresca ou de reservas nutritivas das plantas, que pareceu aumentar com o aumento das doses de nitrogênio. O maior valor numérico no tratamento T6, acredita-se que se deu pelo facto de haver pouca liberação de substâncias nutritivas até a fase da colheita. O tratamento T1 por não ter sido ministrado nitrogênio e outros elementos, não apresentou grande concentração de matéria fresca. Solange França *et al.*, (2011) encontrou

incremento da área foliar das plantas de milho com o aumento da dose de nitrogênio. Pois este nutriente desempenha papel importante na nutrição, contribuindo no processo de crescimento e desenvolvimento das plantas.

3.4. Número e peso das folhas

No quadro 2 apresentamos os resultados relacionados com as variáveis número e peso de folhas nos diferentes tratamentos. No mesmo observamos claramente que não existem diferenças significativas entre os tratamentos em ambas variáveis. Não obstante, o tratamento T3 teve o maior número de folhas seguido do tratamento T6. O menor número de folhas foi exibido pelo testemunha, tratamento T1. Em relação ao peso das folhas, o tratamento testemunha, T1 superou numericamente os demais tratamentos, seguido pelo tratamento T3.

Quadro 2. Valores médios do número e peso das folhas das plantas nos diferentes tratamentos. Tomados aos 122 dias após a sementeira. Letras diferentes significam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

	Variáveis	
Tratamento	***Número de folhas***	***Peso das Folhas (kg)***
T1	11,8ª	0.27a
T2	12.06ª	0.16a
T3	12.52ª	0.20a
T4	12.12ª	0.15a
T5	11.66ª	0.19a
T6	12.46ª	0.17a
T7	12.39ª	0.16a

Aita *et al.*, (2001) afirmaram, que o crescimento do número de folha, área foliar e da taxa fotossintética são influenciados pelo estado nutricional das plantas de milho, apresentando relação direta com o teor de nitrogênio nos tecidos vegetais. Tendo uma correlação com o resultado obtido na variável número de folhas do presente trabalho no tratamento T3 e no tratamento T6, dando a entender que o número de folhas tem grande influência no desenvolvimento da planta, pois quanto maior o número de folhas maior será a síntese de fotoassimilados pelas mesmas.

3.5. Número de maçaroca

A figura 11 espelha os dados do número de maçaroca das plantas nos diferentes tratamentos estudados, o tratamento T4 apresentou maior valor (1,89) com diferenças significativa em relação aos tratamentos T2, T3, T5, T6 e T7, tendo uma diferença altamente significativa em relação à testemunha T1 que apresentou o menor valor (1).

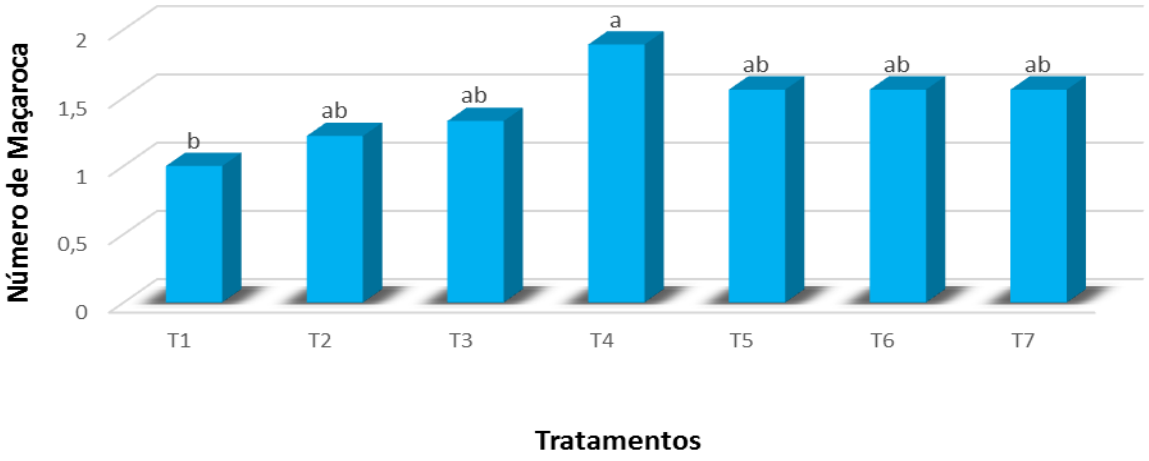

Figura 11. Valores médios do número de maçaroca das plantas nos diferentes tratamentos. Tomados aos 122 dias após a sementeira. Letras diferentes significam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

De acordo com Ferreira *et al.*, (2001), o número de maçaroca por planta aumenta com o incremento da adubação nitrogenada e que a formação da segunda maçaroca contribui para o aumento da produtividade. Já Kappes *et al.*, (2009) discordam, dizendo que o número de maçaroca por planta não é influenciado pelo nitrogênio. Autores como Souza *et al.*, (2001) alegam ser uma característica pouco afetada por factores extrínsecos à

planta. Freire *et al.*, (2010) estudando a produtividade económica e componentes da produção de espiga, disse que o número de espiga por área não é afetado pelas doses de nitrogênio. Ainda Kappes *et al.*, (2009) dizem que a não constatação de efeito significativo do número de maçaroca por espiga (tal como aconteceu no presente trabalho, não houve influencia das doses de nitrogênio no número de maçaroca) pode ser justificada pela adequada densidade populacional de plantas obtidas no estudo. Pois segundo Formasieri-Filho (1992), o adensamento excessivo incrementa a competição intraespecífica, o que estimula a dominância apical, aumentando a esterilidade feminina e limitando a produção de grãos por área, além de causar aumento do número de plantas sem espiga. Por outro lado, a presença de mais de uma maçaroca por planta pode ser consequência da baixa densidade populacional na área.

3.6. Diâmetro e comprimento da maçaroca

O quadro 3 mostra os valores médios do diâmetro e comprimento da maçaroca nos tratamentos estudados. No mesmo, podemos observar que houve diferença estatisticamente onde o maior valor foi atingido pelo tratamento T6, diferindo significativamente em relação os tratamentos T5, T3, T2 e T4 e altamente significativa em relação o tratamento testemunha T1 e T7. Em relação ao comprimento da maçaroca o comportamento, foi exactamente o mesmo observado no diâmetro da maçaroca, onde o tratamento T6 apresentou diferença significativa em relação aos tratamentos T5, T3, T2 e T4 e altamente significativo em relação o tratamento testemunha e T7.

Quadro 3. Valores médios do diâmetro e comprimento da maçaroca nos diferentes tratamentos. Tomados aos 122 dias após a sementeira. Letras diferentes significam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

	Variáveis	
Tratamento	***Diâmetro da Maçaroca (mm)***	***Comprimento da Maçaroca (cm)***
T1	45.81b	22.03c
T2	52.39ab	23.54abc
T3	51.97ab	24.83ab

T4	50.24ab	23.23abc
T5	49.89ab	24.63ab
T6	56.05a	25.49a
T7	48.58b	22.69bc

O diâmetro da maçaroca é influenciado pelo enchimento dos grãos, sendo assim, avaliando esta variável com doses crescente de nitrogênio, apresentou resultados variáveis dando a entender que as doses de nitrogênio não influenciaram no diâmetro. Resultados que coadunam com Ohland *et al*. (2005), quando relataram que o diâmetro da maçaroca esta relacionado com o enchimento e número de fileiras de grãos por maçaroca e também, são influenciados pelo genótipo. Por outro lado, Freire *et al.*, (2010) discordam, dizendo que o nitrogênio influencia no diâmetro da maçaroca. Segundo Keppes *et al*, 2009 o comprimento médio de espiga é um dos caracteres que pode interferir, diretamente, no número de grãos por fileira e, consequentemente, na produtividade do milho. Não havendo efeito das doses de nitrogênio Cruz *et al.*, (2008).

3.7. Peso da maçaroca com e sem folha

No quadro 4 apresenta-se os dados médios do peso da maçaroca com folha e sem folha nos diferentes tratamentos estudados. Não apresentando diferença significativa entre os T3, T4, T5, T6 e T7 sendo que os mesmos manifestam diferenças altamente significativa em relação ao tratamento T1, no que toca as duas variáveis estudadas, com valores maiores no T7 e menores no T1.

Quadro 4. Valores médios peso da maçaroca com e sem folha nos diferentes tratamentos. Tomados aos 122 dias apos a sementeira. Letras diferentes significam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

	Variáveis	
Tratamento	***Peso da maçaroca com folha (g)***	***Peso da maçaroca sem folha (g)***
T1	152.22b	101.56b

T2	271.78ab	217.33ab
T3	333.22a	260.78a
T4	372.00a	295.67a
T5	389.56a	300.78a
T6	384.44a	279.78a
T7	410.11a	334.78a

Acredita-se haver uma influência da dose de nitrogênio nas plantas no tratamento T7, atendendo o comportamento das plantas. Para o T1 como já foi referido acima, a deficiência nutricional foi o maior condicionante. Sendo assim, os resultados do presente trabalho estão em consonância com Freire *et al.*, 2010, relatam que, diferentemente do número de espigas por área, que não foi afetado pelas doses de nitrogênio, o peso médio das maçarocas, com ou sem palha, foi influenciado pela elevação dessas. Cardoso *et al.*, (2010) já enfatizou o efeito positivo dessa adubação no peso das maçarocas de milho com e sem palha. Autores como (Silva *et al.*, 2003) dizem ainda, que o ganho de peso das espigas, por sua vez, não foi relacionado ao comprimento da maçaroca sem palha, mas pode ter sido devido ao aumento do diâmetro dessas. Possivelmente, o aumento do número de grãos na maçaroca possa também ter contribuído para explicar o aumento do peso dessas, visto que essa variável é afetada pela aplicação das doses de nitrogênio.

3.8. Peso fresco e seco dos grãos

O quadro 5 mostra os valores médios do peso fresco e seco dos grãos estudados nos diferentes tratamentos. Onde os tratamentos T3, T4, T5, T6 e T7 não apresentaram diferenças significativas, sendo dentre eles o tratamento T7 a apresentar o maior valor, com diferença altamente significativa com a testemunha T1.

Quadro 5. Valores médios do peso fresco e seco dos grãos das plantas nos diferentes tratamentos. Tomados aos 122 dias após a sementeira. Letras diferentes significam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

	Variáveis	
Tratamento	***Peso fresco dos grãos (g)***	***Peso seco dos grãos (g)***
T1	64.44b	26.95b
T2	160.44ab	93.10ab
T3	184.22a	108.90a
T4	223.89a	133.77a
T5	227.89a	135.32a
T6	194.00a	112.06a
T7	247.33a	142.73a

Ao estudar o peso de grãos por maçaroca Gomes *et al.*, (2007) obteve a melhor resposta (183 g) com a maior dose usada (150 kg/ha de nitrogênio). Para além da semelhança ou proximidade no resultado da dose de 150 kg/ha, concorda-se que a medida que se aumenta a dose, maior será a resposta da cultura referente as variáveis acima mencionadas. Actua sobretudo aumentando o volume dos órgãos vegetativos e a quantidade de clorofila, portanto a fotossíntese. Os autores dizem ainda que nos cereais, o aumento de rendimento é devido ao aumento do afilhamento e das dimensões da maçaroca. Quando as quantidades de nitrogênio aplicadas aumentam, atinge-se bastante depressa um rendimento máximo, ao passo que se assiste a um desequilíbrio em benefício do aparelho vegetativo e que o limite máximo do rendimento é atingido com doses diferentes Diehl (1989).

3.9. Comprimento da raiz das plantas

A figura 12 indica-nos os dados da variável comprimento da raiz nos diferentes tratamentos avaliados, na mesma observamos que não houve diferença significativa entre os tratamentos T2 e T5, embora o T5 tenha apresentado o maior valor (31,42 cm). Porem os tratamentos anteriores apresentam diferenças significativas quando comparados com tratamentos T3, T4, T6 e T7 e diferença altamente significativa em relação o tratamento T1 que apresentou o menor valor (24,18 cm).

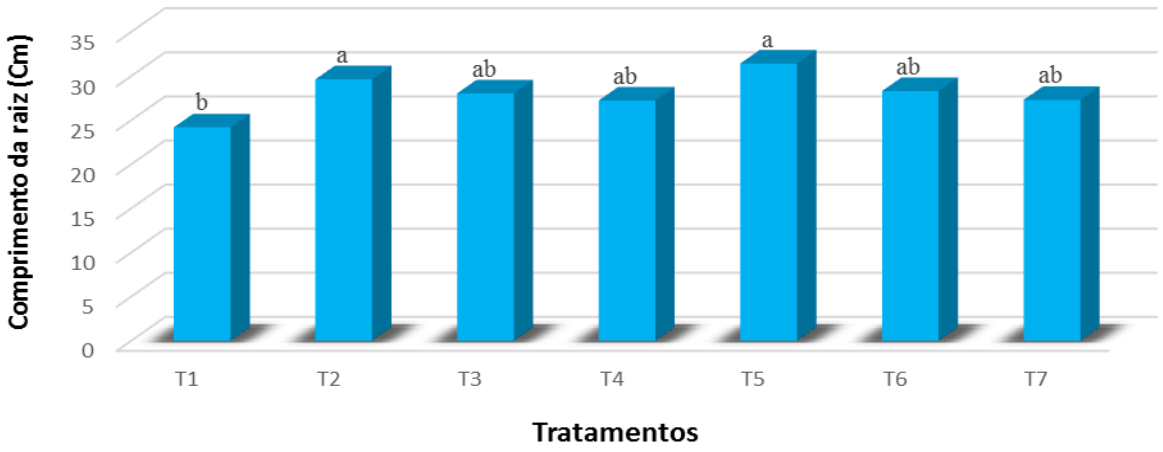

Figura 12. Valores médios do comprimento da raiz das plantas nos diferentes tratamentos. Tomados aos 122 dias após a sementeira. Letras diferentes significam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Segundo Presterl *et al.*, (2003) condições de deficiência de nitrogênio alteram a morfologia e a composição das plantas, atrasam o alongamento do caule e o crescimento de folhas e aumentam o crescimento de raízes. Chun (2005) relatou que plantas de milho respondem a deficiência de nitrogênio pelo aumento do comprimento e alongamento das raízes e pela redução do número de raízes axiais. Guimarães *et al.*, (2006), observaram diferenças de respostas entre os genótipos quando cultivados em níveis diferentes de nitrogênio, sendo verificado pequeno desenvolvimento de parte aérea e grande desenvolvimento de raízes no experimento com baixa disponibilidade de nitrogênio, enquanto que, no ensaio com dose alta de nitrogénio foi verificado comportamento inverso, com grande desenvolvimento de parte aérea e pequeno

crescimento de raízes. Situações que não se manifestaram nos resultados do presente estudo.

3.10. Peso seco da raiz das plantas

A figura 13 representa os dados médios do peso seco da raiz nos diferentes tratamentos avaliados. Na mesma observa-se que houve diferenças estatísticas entre os tratamentos. O maior peso foi encontrado no tratamento T2 (165,67), apresentando diferença significativa em relação aos tratamentos T1, T3, T4, T6 e T7 e altamente significativa em relação ao T5 (10,33 g).

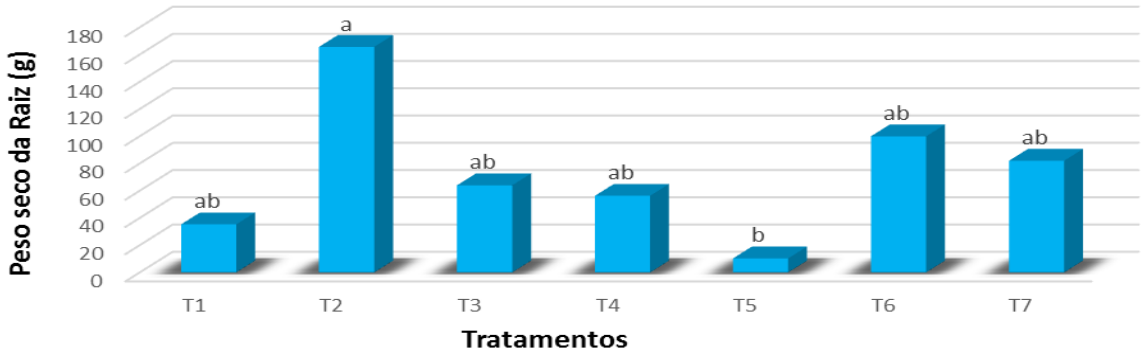

Figura 13. Valores médios do peso seco da raiz das plantas nos diferentes tratamentos. Tomados aos 122 dias após a sementeira. Letras diferentes significam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Pastorini *et al.*, (2002) ao estudar a secagem de material vegetal, notaram que em raízes de milho, o efeito da secagem sobre os teores de carbohidratos solúveis totais, açúcares redutores e aminoácidos. Classicamente, estudos relacionados a parte aérea e raízes são baseados na relação entre o peso da matéria seca da parte aérea sobre o peso da matéria seca das raízes, uma vez que existe uma forte relação entre o crescimento da parte aérea e o desenvolvimento radicular. Esta interdependência esta relacionada com o facto de as raízes fornecerem água e nutrientes à parte aérea, que por sua vez fornecem fotoassimilados às raízes Furtini Neto & Furtini (2006).

Majerowicz *et al.*, (2002) avaliaram sete variedade de milho visando identificar características fisiológicas relacionadas com a eficiência do uso do nitrogénio. Os resultados indicaram que a massa seca das plantas deficientes em nitrogénio apresentou

elevada correlação positiva com a massa seca acumulada nas raízes dos diferentes genótipos.

3.11. Matéria seca (Caule, folha e Grão)

É de notar que o quadro 6 espelha a percentagem de matéria seca (caule, Folha e grão) nos diferentes tratamentos, Observamos claramente que não existem diferenças significativas entre os tratamentos. Não obstante, o maior valor foi obtido no tratamento T2 seguido do tratamento T3 e o menor valor foi no T6.

Quadro 6. Valores da percentagem de matéria seca (caule, folha e grão) nos diferentes tratamentos.

	Variáveis
Tratamento	***% Matéria Seca***
T1	37,62a
T2	42,37a
T3	41,21a
T4	40,37a
T5	38,79a
T6	34,8a
T7	37,77a

Atendendo aos resultados obtidos, acredita-se não haver grande ou senão nenhuma influência das doses de nitrogênio na matéria seca, talvez a justificação seja a mesma encontrada por Fancelli (1988), dizendo que a produção de matéria seca é influenciada pelo genótipo e pelas condições ambientais, sendo importante principalmente porque os fotoassimilados armazenados no colmo da planta poderão translocar para os grãos durante a fase de enchimento. De acordo Araújo *et al.*, (2004) a matéria seca da parte aérea da planta do milho aumenta com doses crescentes de nitrogênio. Já autores como

Marriel *et al.,* (2000), analisando a produtividade de grãos em populações de milho cultivadas sob estresse de nitrogênio, concluíram que o acúmulo de matéria seca da parte aérea da planta poderia ser usado como um indicador para a identificação preliminar de populações de milho eficientes no uso de nitrogênio.

3.12. Rendimento da maçaroca

O quadro 7 aponta os valores nos diferentes tratamentos avaliados. Não existindo diferença significativa entre os T3, T4, T5, T6, T7 mas os mesmos apresentam diferença significativa quando comparado com o T2 e altamente significativa quando comparado com o T1. Havendo um aumento linear a medida que se acrescentou a doses de nitrogênio. Obtendo o maior valor no tratamento T7, seguido do T5 e o menor rendimento foi encontrado no T1.

Quadro 7. Valores do rendimento da maçaroca das plantas nos diferentes tratamentos.

	Variável / Rendimento da Maçaroca	
Tratamento	***Peso em (kg)***	***Rendimento t/ha***
T1	0,10156	4,232b
T2	0,21733	9,055ab
T3	0,26078	10,866a
T4	0,29567	12,320a
T5	0,30078	12,533a
T6	0,27978	11,658a
T7	0,33478	13,949a

3.13. Rendimento do grão

É apresentado no quadro 8 os valores referentes ao rendimento em t/ha do grão nos diferentes tratamentos estudados. Obtendo um aumento linear com o aumento das doses de nitrogênio, onde não encontrou-se diferença significativa entre os T3, T4, T5, T6, T7

portanto os mesmos apresentaram diferença significativa quando comparado com o T2 e altamente significativa quando comparado com o T1.

Quadro 8. Valores do rendimento do grão das plantas nos diferentes tratamentos.

	Variável / Rendimento do Grão	
Tratamento	***Peso em (kg)***	***Rendimento t/ha***
T1	0,06444	2,685b
T2	0,16044	6,685ab
T3	0,18422	7,676a
T4	0,22389	9,329a
T5	0,22789	9,495a
T6	0,194	8,083a
T7	0,24733	10,305a

Os resultados do presente trabalho vão de acordo com os encontrados por Aratani *et al.,* (2006). Ao estudar a influência das doses de nitrogênio (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) no rendimento de grãos do milho Gomes *et al.,* (2007), verificou a maior produção (7012 kg/ha) na maior dose 150 kg/ha de nitrogênio. Outros autores como Filho *et al.*, (2005) e Araújo *et al.,* (2004), também observaram que o efeito das doses de nitrogênio na produtividade foi linear alcançando as maiores com a aplicação de 150 e 240 kg/ha de nitrogênio, e que esse aumento indicou que a disponibilidade de nitrogênio foi limitada nas parcelas testemunha, como acontece no presente trabalho. Cantarella (1993) e Santos (2012) disseram que, em várias partes do mundo, a recomendação de nitrogênio para culturas de milho de alta produtividade, ou seja, maior do que 9.000 kg/ha, vária de 150 a 300 kg/ha de nitrogênio. A produtividade média estimada no tratamento em que não houve aplicação de nitrogênio foi de 6.140,8 kg/ha, o que demonstrou haver disponibilidade de nitrogênio no solo, proveniente de matéria orgânica no mesmo suficiente para suprir a demanda mínima de nitrogênio, segundo Queiroz *et al.,* (2011). O que julgamos ter acontecido também ao presente trabalho no tratamento T1 que teve 2,685 kg/ha no rendimento do grão.

Meira *et al.*, (2009) observaram que as perdas por volatilização de NH_3, como a ureia, não refletiram na produtividade do milho. Assim, as maiores produtividades de grãos foram obtidas quando o nitrogênio foi fornecido em doses maiores por ocasião da cobertura, ou seja, havia nitrogênio disponível na solução do solo no período em que a planta requer maior quantidade. Uma explicação seria, provavelmente, devido ao fato de que o nitrogênio aplicado na sementeira já se encontrar na solução do solo e, quando acrescido do nitrogênio em cobertura, a planta ter maior quantidade do elemento para ser absorvido.

Por outra, a produção de grãos depende da área foliar fotossinteticamente activa da planta, sendo que, folhas bem nutridas de nitrogênio possuem maior capacidade de assimilar o CO_2 e sintetizar carbohidratos durante o processo de fotossíntese de acordo com Fancelli e Neto, (2004). Isso resulta em acúmulo de matéria seca de folhas e espigas e maior rendimento de grãos Pellegrini *et al.*, (2010). Plantas maiores tendem a ser mais produtivas pelo fato de sofrerem menos estresse durante o desenvolvimento e acumular maiores quantidades de reserva no colmo Silva *et al.*, (2006).

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1. Conclusões

Atendendo as pesquisas que foram feitas e os resultados que no presente trabalho foram obtidos conclui-se que:

a) De forma geral podemos concluir que as doses crescentes de nitrogênio proporcionaram melhor crescimento e desenvolvimento da cultura do milho, superando o tratamento testemunho T1.

b) Não houve predominância de uma dose em relação ao efeito nas variáveis de crescimento e rendimento na cultura do milho. Não obstante podemos concluir que o tratamento T3 resultou ser a mais agronômica, ecológica e economicamente viável.

4.2. Recomendações

De acordo com os resultados alcançados e a conclusão chegada recomendamos os seguintes aspectos:

Que se dê continuidade a estudos semelhantes a este, pela sua importância socioeconómico e ecológico que o mesmo apresenta como forma de ajudar a determinar com precisão a dose adequada a ministrar na cultura do milho, em determinadas regiões e quiçá em todo país com vista a ter produções com altos rendimentos, baixos custos e minimizando o impacto ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aita, C.; Basso, C. J.; Ceretta, C. A.; Gonçalves, C. N. & Da Ros, C. O. (2001). Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogénio ao milho. R. Bras. Ci. Solo. p.157-165.

Amado, T. J. C.; Milniczuk, J. & Aita, C. (2002). Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema de plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, p. 241-248.

Aratani, R. G.; Fernandes, F. M & Mello, L.M. M. (2006). Adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho irrigado, em sistema plantio direto. Revista cientifica eletrónica de agronomia. Ano V. n.9. p.10.

Araújo, L. A. N. de.; Ferreira, M. E. & Cruz, M. C. P. da. (2004). Adubação nitrogenada na cultura do milho. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.8, p.771-777.

Alberton, R. P. (2006). Realidades e Perspectivas do milho: Uma análise conjuntural e intersectorial. Porto Alegre. p.118.

Alves, A. C.; Herling, V. R.; Luz, P. H. C.; Trivelin, P. C. O. & Oliverira, P. P. A. (2008). Metodos para avaliar as perdas de nitrogénio por volatilização da superfície do solo e por emissão de amonia pela folhagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu: Boletim de pesquisa e desenvolvimento. São Carlos, SP. p.8-9.

Basi, S.; Neumaann, M.; Marafon, F.; Ueno, R. K. & Sandini, I. E. (2011). Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. Revista Brasileria de tecnologia aplicada nas ciências agrárias. Guarapuava. v.4, n.3, p.219-234.

Bastos, E. (1987). Guia para o cultivo do milho. Brasil Agricola. São Paulo. p.1-25

Blaya, S. N. & Garcia G. N. (2003). Quimica agricola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2ª Ed. Madrid. p.16-217.

Bueno, R. de. F. (2011). Nitrificação e desnitrificação simultânea em reator com biomassa em suspensão e fluxo contínuo de esgoto. Dissertação. São Paulo. p.143.

Calado, J. G. & Barros, J. F. C. (2014). A cultura do milho. Dissertação de Mestrado. Universidade de Évora. Évora. p.52

Câmara, R. J. (2005). Cultivares crioulas de milho (Zea mays, L.) em sistema de produção orgânico – desempenho agronómico das plantas e composição química das sementes. Dissertação de Mestrado. Marechal Cândido Rondon. p. 78.

Cantarella, H. (1993). Calagem e adubação do milho. In: Büll, L.T.; Cantarella, H. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, p.147-185.

Cardoso, M. J.(1998). A Cultura do Milho no Piaui. Circular Técnica 12. 2ª Ed. Teresina, PI. p.46 – 61.

Cardoso, M. J.; Silva, A. R.; Guimarães, L. J. M.; Parentoni, S. N. & Setubal, J. W. (2010). Produtividade e espiga verde de milho sob diferentes níveis de nitrogênio. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 28, n. 2 (Suplemento - CD Rom), p. S3786-S3789.

Carmo, M. S. do.; Cruz, S. C. S.; Souza, E. J. de; Campos, L. F. C. & Machado, C. G. (2012). Doses e fontes de nitrogénio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (Zea mays convar. Saccharata var. rugosa). Biosci.J.,Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p.223-231.

Carvalho, R. P. de. (2008). Eficiência na absorção e uso de nitrogénio em cultivares de milho. Dissertação de Mestrado. Lavras. p.65.

Chun, L.; Mi, G. H.; Li, J.; Chen, F. & Zhang, F. (2005). Genetic analysis of maize root characteristcs in response to low nitrogen stress. Plant and soil, Dordrecht, v.276, n.1-2, p.369-382.

Coelho, A. M. & França, G. E. (1995). Nutrição e adubação. Informações Agronomicas. Piracicaba. Encarte. n.71, p.1-9.

Coelho, A. M. (2006). Nutrição e adubação do milho. Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica 78. ISSN 1679-1150. Sete Lagoas. p. 2.

Coutinho, J. F. & Rodrigues, M. A. (2000). Eficiência de utilização do azoto pelas plantas. Bragança, Portugal. p.22-25.

Cruz, J. C.; Filho, I. A. P.; Alvarenga, R. C.; Neto, M. M. G.; Viana, J. H. M.; Oliveira, M. F. & Santana, D. P. (2006). Manejo da cultura do milho. Circular técnica 87. Sete Lagoas, MG. p.12.

Cruz, S. C. S.; Pereira, F. R. da. S.; Albuquerque, A. W. de. & Pereira, R. G. (2008). Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no estado de Alagoas. R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, v.12, n.1, p.62-68.

Cruz, J. C.; Garcia, J. C.; Filho, I. A. P.; Pinto, L. B. B. & Queiroz, L. R. (2009). Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades. Circular Técnica 124. Sete Lagoas, MG. p.15.

Dechen, A. R.; Nachtigall, G. R. (2006). Micronutrientes in: Nutrição Mineral de Plantas. Rio de Janeiro. p. 328 – 354.

Demétrio, C. de. S. (2008). Desempenho agronómico de híbridos de milho em diferentes arranjos populacionais em Jaboticabal-SP. Dissertação de Mestrado. Jaboticabal. p. 68.

Dias, J. C. S.; Moreira, T.; Costa, A. V. & Ucuassapi, A. P. (2006). Acerca da fertilidade dos solos de Angola in: Angola, Agricultura Recursos Naturais Desenvolvimento Rural. Vol. I. p.477-494.

Del Re, F.; Minichiello, M.; Marino, M. & Munarini, Maurizio. (1991). Culturas arvenses. 1ª serie. p.213.

Diehl, R. (1989). Agricultura geral. Técnica agraria. 2ª Ed. Lisboa. p.285-397

Diniz, A. C. (1991). Angola o meio físico e potencialidade agrarias. Lisboa. p.189.

Diniz, A. C. (2006). Caracterização mesológicas de Angola – Descrição e correlação dos aspectos fisiológicos, dos solos e da vegetação das zonas agrícolas angolanas. 2ª Ed. Lisboa. p.349-372.

Embrapa, (2011) Adubos verdes. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355054/1527012/4a+-+folder+Aduba%C3%A7%C3%A3o+verde.pdf/6a472dad-6782-491b-8393-61fc6510bf7d. Acedido: 21 Abril 2016

FAO, (2004). Missão conjunta FAO/PAM de avaliação da produção interna e das necessidades alimentares em Angola. Relatório Especial. Disponível em:

http://www.fao.org/docrep/007/J2771p/J2771p00.htm&sa=U&ved=0ahUKEwiDi6q9quPNAhVB9YMKHUjSC0EQFggPAMA&usg=AFQjNH7otcnF-V6Kz2d. Acedido: 08 Maio 2016

Fancelli, A. L. (1988). Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (Zea mays L.). Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Piracicaba. p.172.

Fancelli, A. L. & Neto, D. (2000). Produção de milho. Guaíba: Agropecuária. p.360.

Fancelli & Neto, D. (2004). Produção de milho. 2ª Ed. Piracicaba. p.360

Farinelli, R. & Lemos, L. B. (2010). Produtividade e eficiência agronómica do milho em função da adubação nitrogenada e manejo do solo. Revista Brasileira de milho e sorgo. v.9, n.2, p.135-146.

Ferreira, A. C. de. B.; Araújo, A. de. A.; Pereira, P. R. G. & Cardoso, A. A. (2001). Características agronómicas e nutricionais do milho adubado com nitrogénio, molibdénio e zinco. Scientia agricola, v.58, n.1. p.131-138.

FIESP. (2016). Safra Mundial de Milho 2015/2016 – 10º levantamento do USDA. Disponível em: http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/. Acedido em: 07 Março 2016

Filho, J. P. R. do. A.; Filho, D. F.; Farinelli, R. & Barbosa, J. C. (2005). Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. R. Bras. Ci. Solo, 29. p.467-473.

Floss, E. L. (2006). Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê. 3 Ed. cap.8.: Nutrientes e desenvolvimento das culturas. Universidade de passo fundo. Passo Fundo. p.541-569.

Freire, F. M.; Viana, M. C. M.; Mascarenhas, M. H. T.; Pedrosa, M. W.; Coelho, A. M. & Andrade, C. de. L. T. de. (2010). Produtividade económica e componentes da produção de espiga verdes de milho em função da adubação nitrogenada. Revista Brasileira de milho e sorgo, v.9, n.3 p.213-222.

Fornasieri Filho, D. (1992). A cultura do milho. Jaboticabal: Funep. p.273

Furtini Neto, A.E.; Furtini, I.V. In: Congresso nacional de milho e sorgo, (2006). 26., Belo Horizonte. Eficiência Nutricional: Palestra. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. 638 p.

Garcia, J. C.; Mattoso, M. J.; Duarte, J. de O. & Cruz, J. C. (2006). Aspectos económicos da produção e utilização do milho. Circular Técnica 74. ISSN 1679-1150. MG. p.12.

Gomes, M. A. F.; Souza, M. D. de.; Boeira, R. C. & Toledo, L. G. de. (2008). Nutrientes Vegetais no meio ambiente: Ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos. Doc 66. ISSN 1516-4691. 2ª Ed. rev. amp. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. p. 62.

Gomes, R. F.; Silva, A. G.; Assis, R. L. de. & Pires, F. R. (2007). Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogénio nos caracteres agronómicos da cultura do milho sob plantio direto. In: Seção IV – Fertilidade do solo e nutrição de plantas. R. Bras. Ci. Solo. p.931-938.

Guimarães, L. J. M.; Marriel, I. E.; Parentoni, S. N.; Guimarães, C. T.; Miranda, G. V.; Vasconcelos, M. J. V. & Gama, E. E. G. (2006). Comportamento de linhagens de milho contrastante no uso de nitrogénio cultivadas em dois níveis de N em substrato Hidropônico In: Congresso Nacional de milho e sorgo. 26. Resumo expandido…Associação Brasileira de milho e sorgo. Sete Lagoas. p.638.

Henriques, I. da, C.; Moreira, I. & Monteiro, A. (2010). Comportamento de cultivares de milho quanto ao rendimento e susceptibilidade a pragas e doenças na província do Huambo (Angola). Revista de ciências agrárias. p.244-254.

Hejkrlik, J. (2005). Solos do planalto central em Angola: Manual de treinamento agrícola. Centro de educação agrícola. Bié. p.32. Disponível em: www.projects.its.czu.cz/angola Acedido: 18 Março 2016

IGCA - Instituto Geográfico E Cadastral De Angola – Huambo, (2016).

Jornalismo Agropecuário, (2015). Entendendo o mercado do milho. Workshop. p.53. Disponivel em: www.imea.com.br/paper_jornalistas_milho_ao.pdf Acedido: 08 julho 2016

Kappes, C.; Carvalho, M. A. C. de.; Yamashita, O. M. & Silva, J. A. N. de. (2009). Influencia do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v.39, n.3, p.251-259.

Landau, E. C.; Sans, L. M. A. & Santana, D. P. (2012). Cultivo do milho: Embrapa milho e sorgo. Sistema de produção 1. ISSN 1679-012X versão eletrónica. 8ª Ed.

Londa, F. A. & Mateus, A.S. (2005), Programa de investigação agronómica - plano quinquenal: 2004-2009. Luanda, v.1 s. n 70p.

Magalhães, P. C.; Durães, F. O.; Carneiro, N. P. & Paiva, E. (2002). Fisiologia do Milho. EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica n. 22. ISSN 1679-1150. Sete Lagoas. p. 23

Majerowicz, N.; Pereira, J.M.S.; Medici, L.O.; Bison, O.; Pereira, M.B.; Santos Júnior, U.M. (2002). Estudo da eficiência de uso do nitrogénio em variedades locais e melhoradas de milho. Revista Brasileira de botânica. São Paulo. v.25, n.2, p.129-136.

Martinez, F.G. (1995). Elementos de Fisiologia Vegetal: Relaciones hídricas. Nutrición mineral. Transporte. Metabolismo. Universidade de Sevilla. p.252-254.

Manuel, M. (2013). Necessidade Térmicas e hídricas de desenvolvimento de varias cultivares regionais de milho e feijão de Angola, em solos ferraliticos. Tese apresentada para obtenção do grau de doutor em Engenharia Agronómica. Universidade de Lisboa. p.153.

Malavolta, E. & Moraes, (2004). O nitrogênio na agricultura brasileira. Nutrientes: fontes, produção e sua importância na agroindústria. In: Fertilizantes agroindústria & sustentabilidade. p.211-257.

Malavolta, E.; Gomes, F. P. & Alcarde, J. C. (2002). Adubos e adubações. São Paulo. p.200.

Martin, T. N.; Pavinato, P. S.; Silva, M. R. & Ortiz, S. B. (2011). Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forrangens conservadas. In: Anais do IV In: Anais do simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas. Maringá. p.319.

Marriel, I. E.; França, G. E. de; Vasconcelos, C. A.; Gama, E. E. G. E.; Santos, M. X. dos. & Oliveira, A. C.(2000). Eficiência de absorção de nitrogênio e produtividade de grãos em populações de milho cultivadas sobre estresse. In: Congresso nacional de milho e sorgo. 23. ABMS/EMBRAPA milho e sorgo/UFU. Sete Lagoas. p.37.

Mazoyer, M. & Roudart, L. (2001). História das agriculturas do mundo. Do neolítico à crise contemporânea. Lisboa. p.520.

Meira, F. A.; Buzetti, S.; Andreotti, M.; Arf, O.; Sá, M. E. & Andrade, J. A. C. (2009). Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.30, n. 2, p. 275-284.

Minagri - Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. (2012). Campanha agrícola 2011/2012: Resultados. Luanda. p118.

Morgante, P. G. (2009). Fixação e assimilação de nitrogenio. Disponível em: http://quimica10.com.br/10/wp-content/uploads/2009/01/lcb311-fixação-biologica-e-assimilação-de-nitrogenio-esalq-usp.pdf. Acedido em: 13 Março 2016.

Nunes, M. U. C. (2009). Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade. Circular técnica 59. ISSN 1678-1945. Aracaju. p.7.

Ohland, R. A. A.; Souza, L. C. F. de.; Hernani, L. C.; Marchetti, M. E. & Gonçalves, M. C. (2005). Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. Ciênc. Agrotec., Lavras, v.29, n.3, p.538-544.

Oliveira, M. J. L.; Oliveira, A. E. S.; Simeão,; Gomes, E. R.; Mousinho, F. E. P. & Salviano, A. A. C. (2012). Rendimento de espiga de milho verde irrigado em função da adubação nitrogenada. Inovagri & IV Winotec. Fortaleza. p.4

Pacavira, R. & Pacheco B. C. (2006). Luanda e sua área periurbana: Um desafio de desenvolvimento e de segurança alimentar. In: Angola, Agricultura Recursos Naturais Desenvolvimento Rural. Vol. I. p.477-494.

Pastorini, L. H.; Bacarin, M. A. & Abreu, C. M. (2002). Secagem de material vegetal em forno de microondas para determinação de matéria seca e analises químicas. Ciênc. agrotec., Lavras. V.26, n.6, p.1252-1258.

Pellegrini, L. G.; Monteiro, A. L. G.; Neumann, M.; Moraes, A. Pellegri, A .C. S. & Lustosa, S. B. C. (2010). Produção e qualidade de azevém-anual submetido a adubação nitrogenada sob pastejo por cordeiros. Revista Brasileira de zootecnia. v.39, n.9, p.1894-1904.

Pereira-Neto, J. T. (2007). Manual de Compostagem: Processo de baixo custo. 3ª Ed. Editora UFV. p.81.

Pontailler, S. (1992). Adubos e adubação. Portugal. p.98

Presterl, T.; Seitz, G.; Landbeck, M.; Thiemt, E. M.; Schmidt,W. & Geiger, H. H. (2003). Improvement nitrogen-use efficiency in European maize: Estimation of quantitative genetic parameters. Crop science, Madison. v.43, n.4, p.1259-1265.

Queiroz, A. M. de.; Souza, C. H.E. de. Machado, V. J.; Lana, R. M. Q.; Korndorfer, G. H. & Silva, A. De. Andrade. (2011). Avaliação de Diferentes Fontes e Fontes e doses de Nitrogénio na adubação da cobertura do milho (Zea mays L). Revista Brasileira de Milho e Sorgo. p.256-266.

Raun, W. R. & Johnson, G. V. (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal, Madison, v. 91, n. 3, p. 357-363.

Reis, A. R.; Andreotti, M.; Buzetti, S. & Junior, E. F. (2006). Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogénio pela utilização do medidor portátil de clorofila. Metodologia e Técnicas Experimentais. Campinas. v.65, n.1. p. 163-171.

Ripado, M. F. B. (1994). O Milho: Variedades, cultura, Produção. Portugal. p.16-86.

Rodet, J. C. (1978). L´agriculture biologique. Lyon. p.80-81

Roberto, V.M.O.; Silva, C. D. & Lobato, P. N. (2010). Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculantes (Azospirillum brasilense) via semente. In: anais XXVII Congresso Nacional de milho e sorgo. Goiânia. CD-Rom.

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. (2004). Manual de Adubação e de Calagem: Para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10ª ed. Porto Alegre. p.400.

Santos, J. Q. dos. (2012). Fertilização: Fundamentos da utilização dos adubos e corretivos. Revista actualizada. 4ª Ed. Portugal. p.638.

Serafim, F. D. & Russo, A. J. (1989). Avaliação dos Recursos de Investigação Agrária nos Países da SADCC. Vol. II, Relatório de Angola.

Silva, P. S. L; Oliveira, F. H. T. de & Silva, P. I. B. (2003). Efeitos da aplicação de doses de nitrogénio e densidade de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. Horticultura Brasileira. Brasília. v.21 n.3, p.454-457.

Silva, A. D.; Vitorino, A. C. T.; Souza, L. C. F. de.; Gonçalves, M. C. & Roscoe, R. (2006). Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema de plantio direto. Revista Brasileira de milho e sorgo. v.5, p.75-88.

Solange França; Mielniczuk, J.; Rosa, L. M. G.; Bergamaschi, H. & Bergonci; J. I. (2011). Nitrogênio disponível ao milho: Crescimento, absorção e rendimento de grãos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 15, n. 11, p. 1143-1151.

Souza, A. C.; Carvalho, J. G.; Pinho, R. G. V. & Carvalho, M. L. M. (2001). Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agronómicas do milho. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.25, n.2, p.321-329.

Tomazela, A. L. (2005). Adubação nitrogenada e de micronutrientes na produtivaidade e incidência de doenças foliares em milho. Piracicaba: ESALQ/USP. Dissertação Mestrado. p.58.

Townsend, C. R. (2011). Nitrogenio em sistema pastoris. Documentos 138. Porto Velho. p.29.

Ucuassapi, A. P. & Dias, J. C. S. (2006). Acerca da fertilidade dos solos de Angola in: Angola, Agricultura Recursos Naturais Desenvolvimento Rural. Vol. I. p.477-494.

Unifertil. 2015. Dinâmica do nitrogênio no ambiente agrícola. Artigos. 008/ano 03. p.6. Disponível em: www.unifertil.com.br/artigos.php Acedido: 08 junho 2016

Valderrama, M.; Buzetti, S.; Benett, C. G. S.; Andreotti, M. & Filho, M. C. M. T. (2011). Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. Pesq. Agropec. Trop. Goiana. v.41. n.2. p.254-263.

Volkoff, B. (1976). Caracterização dos horizontes de alguns solos ferralíticos do estado da Bahia através do seu índice de instabilidade estrutural. In: Anais do XV congresso brasileiro de ciência do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. Campinas. p.373-380.

Yamada, T. Abdalla, S. R. S. (2000). Como melhorar a eficiência da Adubação Nitrogenada do Milho?: Informações Agronómicas. Nº 91. Piracicaba, SP. Disponível em: http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/5C3D0036819B5ACA83257AA300696601/$FILE/Page1-5-91.pdf. Acedido: 27 Abril 2016

ANEXOS

Figura 14. Pesagem dos adubos

Fonte: Autor

Figura 15. Rega da aérea do ensaio

Fonte: Autor

Figura 17. Remoção das plantas representativa

Fonte: Autor

Figura 20. Pesagem da maçaroca

Fonte: Autor