



CURSO DE AGRONOMIA

ADUBAÇÃO FOLIAR NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO

NITROGEN FOLIAR FERTILIZER IN CORN CULTURE

Anderson Seller Schirrmann

DESCALVADO - SP

2017

ANDERSON SELLER SCHIRRMANN

ADUBAÇÃO FOLIAR NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO

Orientadora: Prof.^a Dra. Valéria Peruca de Melo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Graduação em Agronomia.

DESCALVADO


2017

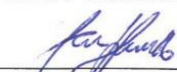
**CURSO DE AGRONOMIA****CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

Acadêmico (a): Anderson Seller Schirrmann

Título do Trabalho: Adubação Nitrogenada Foliar na Cultura do Milho

Data da avaliação pela Banca Examinadora: 23 de novembro de 2017.

Orientador (a): 
Prof.^a. Dr.^a. Valéria Peruca de Melo

Examinador 1: 
Prof. Dr. Fábio Mazzonetto

Examinador 2: 
Prof.^ª. Msc. Vera Lúcia Monelli Sossai

APROVADO(A) em 23/11/2017 com **Nota:** 9,50

S364a Schirrmann, Anderson Seller
Adubação foliar nitrogenada na cultura do milho / Anderson Seller Schirrmann. – Descalvado: [s.n.], 2017.
xi, 30f. : il. ; 29,5cm.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Graduação em Agronomia.

Orientadora: Prof^a Dra. Valéria Peruca de Melo

1. N foliar. 2. Matéria seca. 3. Matéria verde.
4. Zea mays. I. Título.

CDD 633.15

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial deste TCC, por processos xerográficos ou eletrônicos.


Assinatura do Aluno

Descalvado, 23 de Novembro de 2017.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, à minha família, à minha professora orientadora, aos meus amigos pelas alegrias e tristezas compartilhadas, e à Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino e meu guia.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Ademar Gilberto Schirrmann e Sirlei Seller, irmão, Braian Seller Schirrmann, e a todos meus familiares que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

À minha orientadora, Prof^a Dra. Valéria Peruca de Melo, que acreditou na realização desse trabalho. Os seus ensinamentos foram muito além dos conteúdos do currículo. Tive aprendizados importantes para a vida.

Ao professor e coordenador do curso de Agronomia, Dr. Fábio Mazzonetto, pelo convívio, apoio, compreensão e amizade.

Aos meus amigos integrantes do grupo “SEISTÃO”, Diogo G. de Souza, Hilton V. Junior, Iago Ravazi, Marcus V. Vitulio, Lucas T. Franchin e Ulisses Borim, pelo companheirismo e amizade que fizemos ao longo do curso e que iremos levar para o resto de nossas vidas, o meu muito obrigado.

Em especial, à minha amiga e parceira, Yara Camila Cordeiro, que foi de grande importância na conclusão desse trabalho, e à Jéssica Caroline Schwingel, uma amiga irmã que a vida me presenteou e que sempre me apoiou em todas as escolhas feitas.

À todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO.....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1. Cultura do Milho	2
3.2. Nitrogênio.....	6
3.3. Fertilizantes Nitrogenados	9
3.4. Adubação Foliar Nitrogenada (AFN)	10
3.5. Fatores que Afetam a Absorção Foliar.....	12
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
4.1. Local do Experimento	14
4.2. Solo.....	14
4.3. Delineamento Experimental e Tratamentos	14
4.4. Instalação e Condução do Experimento	16
4.5. Coleta de Dados	19
4.6. Análise estatística	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
6. CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultado da análise de fertilidade da amostra de solo (0-20 cm) utilizado no experimento.....	14
Tabela 2: Resultado da análise de micronutrientes da amostra de solo (0-20 cm) utilizado no experimento.	14
Tabela 3: Valores médios e resumo estatístico para índice da área foliar (IAF), produção de matéria seca (MS) da parte aérea e da raiz e altura das plantas de milho, submetidas a doses crescentes de adubação foliar nitrogenada (AFN).	23

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Sistemas principais de produtores de milho.....	4
Quadro 2. Fatores internos que afetam a AFN.....	12
Quadro 3. Fatores externos que afetam a AFN.....	13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sintoma de deficiência de nitrogênio em planta de milho.	7
Figura 2: Ciclo do nitrogênio.....	8
Figura 3: Unidades experimentais (vasos) utilizadas no experimento.....	15
Figura 4: Fertilizante nitrogenado utilizado no fornecimento de N em aplicação foliar.	15
Figura 5: Semeadura do milho nas unidades experimentais (vasos), utilizando-se 6 sementes/vaso.	16
Figura 6: Plantas de milho nos estádios vegetativos iniciais (V_1 - V_2), aos 7 dias após a emergência das plantas.	17
Figura 7: Plantas de milho nos estádios vegetativos iniciais (V_3 - V_5), aos 14 dias após a emergência das plantas.	17
Figura 8: Unidades experimentais após a realização do desbaste, aos 20 DAS, com o objetivo de conduzir apenas uma planta por vaso.	18
Figura 9: Aplicação foliar do produto à base de N, aos 45 DAS.....	18
Figura 10: Determinação da altura das plantas de milho, aos 90 DAS, a partir da folha bandeira até a base da planta.	19
Figura 11: Folhas fotossinteticamente ativas destacadas das plantas de milho.	20
Figura 12: Recortes dos desenhos das folhas fotossinteticamente ativas no papel Kraft para determinação do IAF.	20
Figura 13: Plantas de milho cortadas rente ao solo para pesagem, juntamente com as folhas, para determinação da produção de matéria fresca (MF).	21
Figura 14: Sistema radicular das plantas de milho após secagem em estufa para obtenção da matéria seca (MS).	22
Figura 15: Comportamento da produção de MS da parte aérea de plantas de milho submetido à doses crescentes de adubação foliar nitrogenada.....	23

LISTA DE ABREVIATURAS

(NH₂)₂CO	Ureia
AFN	Adubação Foliar Nitrogenada
DAS	Dias Após Semeadura
g	Gramas
ha	Hectare
IAF	Índice de Área Foliar
Kg	Quilogramas
L	Litros
M.O.	Matéria Orgânica
MF	Matéria Fresca
mg	Miligramas
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio
N₂	Gás nitrogênio
N₂O	Óxido nitroso
NH₃	Amônia
NH₄⁺	Amônio
NO₂⁻	Nitrito
NO₃⁻	Nitrato
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico

ADUBAÇÃO FOLIAR NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar os efeitos da adubação foliar nitrogenada na cultura de milho, avaliando o seu desenvolvimento, a produção de matéria verde, matéria seca da raiz e da parte aérea, estabelecendo assim, a dose mais adequada da adubação foliar nitrogenada para seu fornecimento e aproveitamento pela planta, sem causar efeitos fitotóxicos indesejados. O experimento foi instalado e conduzido na cidade de Leme, Estado de São Paulo, Brasil, com os seguintes tratamentos: T0 (testemunha: sem RAPID N – Nitrogênio foliar); T1, T2, T3 e T4, COM 2,5; 5,0; 7,5 e 10^{ha-1} de RAPID N (Nitrogênio foliar), respectivamente. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão da variância pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados não evidenciaram efeito significativo foliar nitrogenada (AFN) em diferentes doses, sobre índice de área foliar (IAF), matéria seca (MS) do sistema radicular e altura das plantas. Porém, houve efeito significativo sobre a produção de MS da parte aérea. Conclui-se que, nas condições em que o experimento foi conduzido, as plantas de milho se desenvolveram de forma semelhante quanto ao IAF, à produção de matéria seca da raiz e à altura das plantas, independentemente das doses de fertilizante nitrogenado, aplicadas e a respeito da produção de matéria seca da raiz, a AFN resultou em acréscimo neste parâmetro avaliado.

Palavras chave: N foliar, matéria seca, matéria verde, *Zea mays*.

NITROGEN FOLIAR FERTILIZER IN CORN CULTURE

ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the effects of nitrogen fertilization on maize crop, evaluating its development, a production of green matter, dry matter of root and shoot, recommending a more adequate dose of nitrogen fertilization for their supply and use per plant, without the undesirable phytotoxic effects. The experiment was carried out in the city of Leme, State of São Paulo, Brazil, with the following treatments: T0 (control: no RAPID N - foliar nitrogen); T1, T2, T3 and T4, COM 2.5; 5.0; 7.5 and 10ha⁻¹ of RAPID N (Leaf Nitrogen), respectively. The obtained data were submitted to regression analysis of the variance by the F test, at the 5% probability level. The results did not show a significant effect of nitrogenous foliar (NFA) in different doses, on leaf area index (LAI), dry matter (DM) of the root system and plant height. However, there was a significant effect on shoot production of shoot. It is concluded that, under the conditions under which the experiment is conducted, as maize plants are fashionable problems regarding LAI, root dry matter production and plant height, regardless of the doses of nitrogen fertilizer applied and root dry matter production, an NFA resulted in an increase in this parameter evaluated.

Key words: N foliar, dry matter, green matter, Zea mays.

1. INTRODUÇÃO

Os Estados Unidos dominam a produção de milho no mundo, representando cerca de 37% do total que o planeta produz do grão. O país espera produzir em 2017 aproximadamente 387 milhões de toneladas de milho. A China é o segundo maior produtor mundial de milho, com uma produção estimada para a próxima safra de 220 milhões de toneladas. O Brasil é o terceiro dentro dos maiores produtores, com 8% do total produzido no mundo, o equivalente a 86 milhões de toneladas. Os países da União Europeia e a Argentina fecham a lista dos maiores produtores do grão, com 6% e 4% do total, respectivamente (FORMIGONI, 2016).

Considerando apenas a produção primária, o milho corresponde a cerca de 37% da produção nacional de grãos. É uma gramínea que pertence à família Poaceae, gênero *Zea* e espécie *Mays* (*Zea mays* L.). É uma planta de origem tropical das Américas, principalmente do México, domesticada pelos povos da América Central que, por seleção, desenvolveram inúmeras raças, sendo identificadas cerca de 300 raças ao longo dos últimos 8000 anos. Cultivado em todo país, a maior parte de sua produção é utilizada na alimentação animal e chega até a população através dos diversos tipos de carnes (bovina, suína, aves e peixes) (ABIMILHO, 2015).

Com o aumento da demanda mundial e sua valorização, a cultura do milho passou por importantes avanços nos diversos campos da ciência agrônoma, com destaque para estudos relacionados à ecologia, à fisiologia e à nutrição, proporcionando melhor compreensão de sua relação com o ambiente da produção. Essas interações mostram-se fundamentais para a previsão do comportamento da planta e da manifestação do seu potencial produtivo (FANCELLI, 2010).

Nos últimos anos, a cultura do milho no Brasil passou por importantes mudanças tecnológicas, com inúmeros trabalhos realizados com o objetivo de alcançar o potencial máximo de produção da cultura, acompanhando o desenvolvimento do melhoramento genético das mesmas, resultando em aumentos significativos da produtividade e da produção. Isso é importante principalmente para o agricultor, que tem por objetivo obter a máxima produtividade com o menor custo de produção para que o mesmo se torne competitivo e sustentável (LANDAU, 2015).

Em uma economia globalizada e de alta competitividade, a busca por maior eficiência na produção agrícola tem sido constante em toda cadeia produtiva. Para obter altas produtividades e rentabilidade, o agricultor tem que realizar um

planejamento de sua lavoura e fazer uso de altas produtividades na cultura do milho, sendo consequência de altas adubações, tanto no plantio como em cobertura, comprovando que o milho é uma cultura muito exigente e muito responsiva a adubações, e que sua alta produtividade está diretamente ligada a um correto método de adubação. Entre os fatores responsáveis pela alta produtividade da cultura do milho está o aumento expressivo do uso dos fertilizantes nitrogenados (VIAPIANA, 2014).

Na cultura do milho, a adubação foliar nitrogenada apresenta grande importância, pois o nitrogênio (N) é um dos nutrientes que apresenta os efeitos mais relevantes do aumento da produção de grãos e é exigido em maior quantidade pelo milho (CAVALINI et al., 2013).

Porém, o mesmo é um elemento muito complexo e de difícil manejo nos sistemas de produção agrícola devido às diversas reações químicas e biológicas que sofre no ambiente. O uso racional da adubação nitrogenada é essencial, não somente para aumentar a eficiência de recuperação, mas também para aumentar a produtividade da cultura e diminuir o custo de produção (MAGALHÃES & SOUZA, 2012).

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo verificar os efeitos da aplicação da adubação foliar nitrogenada na cultura de milho, avaliando as características da produção de matéria verde, matéria seca da raiz e da parte aérea.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cultura do Milho

É uma das culturas mais antigas do mundo, havendo provas, através de escavações arqueológicas e geológicas, e através de medições por desintegração radioativa, de que é cultivado há pelo menos cinco mil anos. Calcula-se que seja a América Central a sua região de origem, tendo sido desenvolvido há 8 ou 10 mil anos. Logo após o descobrimento da América, o milho foi levado para a Europa, onde era

cultivado em jardins, até que seu valor alimentício se tornou conhecido. Passou, então, a ser plantado em escala comercial e espalhou-se desde a latitude de 58° Norte (União Soviética) até 40° Sul (Argentina) (LANDAU, 2015).

O resultado geral da seleção natural e da domesticação foi produzir uma planta anual, robusta e ereta, com um a quatro metros de altura, que é esplendidamente “construída” para a produção de grãos (MAGALHÃES & SOUZA, 2012).

O cultivo de milho ocorre praticamente em todo o território nacional. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), os Estados com maior produção de milho em 2014 foram o Mato Grosso (22,61%), Paraná (19,73%), Goiás (11,33%), Mato Grosso do Sul (10,28%) e Minas Gerais (8,83%) (LANDAU et al., 2015).

A produção de milho ocorre em duas épocas do ano: a 1ª safra, que se desenvolve principalmente no verão, entre os meses de outubro e janeiro; e a 2ª safra, que se desenvolve entre janeiro e maio (BRASIL, 2011).

O milho apresenta ciclo vegetativo variado, evidenciando desde genótipos extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias. Nas condições brasileiras, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 180 dias, em função da caracterização dos genótipos (super precoce, precoce e tardio), período este compreendido entre semeadura e colheita (FANCELLI & DOURADO NETO, 2004).

Observa-se seu cultivo desde a agricultura tipicamente de subsistência, sem utilização de insumos modernos (produção voltada para consumo na propriedade e eventual excedente comercializado), até lavouras que utilizam o mais alto nível tecnológico, alcançando produtividades equivalentes às obtidas em países de agricultura mais avançada (MIRANDA et al., 2012).

Com o desafio de alimentar o mundo hoje, com uma população mundial de 7 bilhões de pessoas e que, em 2050, superará a 9 bilhões, o milho será ainda mais importante dentro desta estratégia. Isso porque a demanda por alimentos crescerá 20% nos próximos 10 anos, e o Brasil será responsável por atender 40% desta demanda (MAGALHÃES & SOUZA, 2012).

Quanto às condições de produção de milho, Garcia et al. (2008) agruparam os produtores em três sistemas principais, independentemente da região em que atuam (Quadro 1).

Quadro 1. Sistemas principais de produtores de milho.

Tipo de produtor	Característica
Comercial de grãos	Utiliza a melhor tecnologia disponível no mercado, plantando lavouras maiores, em que predomina o plantio direto. Geralmente, produz milho e soja, especializando-se na produção de grãos e objetivando a comercialização da produção.
Grãos e pecuária	O agricultor adota um nível médio de tecnologia, por ter um custo mais adequado de produção. O plantio comumente visa a renovação de pastagens com lavoura de pequeno e médio portes, portando uma capacidade gerencial não muito adequada.
Pequeno produtor	É o produtor de subsistência, ou seja, a maior parte de sua produção é consumida na propriedade. Adota um nível tecnológico baixo, fazendo com que este tipo de produção venha perdendo cada vez mais sua importância no mercado.

Fonte: Garcia et al. (2008, p.21).

Garcia et al. (2008) explicam que o sistema de produção que mais prontamente assimila as tecnologias disponíveis na busca de competitividade é o “produtor comercial de grãos”. Trata-se de um sistema em que ocorre grande homogeneização do padrão tecnológico empregado pelos produtores na condução das lavouras de milho, variando pouco entre as principais regiões produtoras.

A produção brasileira de milho em grãos tem dois destinos. Primeiro, o consumo no estabelecimento rural, referindo-se àquela parcela do milho que é produzida e consumida no próprio estabelecimento, destinando-se ao consumo animal, em sua maior parte, e ao consumo humano. Segundo, a oferta do produto no mercado consumidor, onde tem-se fluxos de comercialização direcionados para fábricas de rações, indústrias químicas, mercado de consumo *in natura* e exportações (NUNES, 2011).

A introdução de novos componentes tecnológicos, juntamente com o aproveitamento integral e racional dos recursos disponíveis dentro da propriedade rural, promove um acréscimo na estabilidade dos sistemas de produção existentes, além de maximizar a eficiência dos mesmos, reduzindo custos e melhorando a produtividade (DAGA et al., 2009).

De acordo com Romano (2005), o milho é o terceiro cereal em importância no mundo, perdendo apenas para o trigo e o arroz. Em função de seu potencial

produtivo, composição química e valor nutritivo, constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo.

Miranda et al. (2012) afirmam que, mesmo para o consumo humano, o milho necessita de alguma transformação. À exceção do consumo quando os grãos estão em estado leitoso, ou "verde", os grãos secos não podem ser consumidos diretamente pelos seres humanos. Os produtos oriundos do consumo industrial do milho são matérias-primas para a indústria alimentícia, sendo processadas pelas indústrias moageiras a seco e úmido.

Deste processo resultam 4 subprodutos de diversos segmentos, como a farinha de milho, o fubá, a quirera, farelos, óleo e farinha integral desengordurada. A fabricação desses produtos é feita predominantemente por indústrias nacionais espalhadas por todo o país. Do ponto de vista da produção animal, a cadeia produtiva do milho passa a se inserir na cadeia produtiva do leite, de ovos e da carne bovina, suína e de aves, sendo este canal por onde os estímulos do mercado são transmitidos aos agricultores. Mudanças nestas cadeias passam a ser de vital importância como incentivadoras do processo produtivo do milho (MIRANDA et al., 2012).

Segundo Miranda et al. (2012), ocorrem três grandes derivações: produção de silagem destinada à alimentação de vacas leiteiras e de gado confinado (engorda) no período de inverno; industrialização do grão de milho destinado à produção de ração e; mistura do grão para a formulação de concentrados proteicos destinados à alimentação de suínos e aves.

Do milho destinado à produção de ração, estima-se que 51% são direcionados ao setor avícola, 33% à suinocultura, 11% à pecuária (principalmente a leiteira) e 5% são usados para fazer ração para os outros animais (NUNES, 2011).

Além destes usos diferentes para os produtos que se extraem do milho, existe ainda a utilização para a produção de amido, xarope, álcool, óleo vegetal e glúten, os quais se prestam a inúmeras e diversificadas aplicações, inclusive medicinais, como a utilização do chá do milho como diurético, regulando as funções dos rins e da bexiga, além de regular a pressão e desintoxicação do sangue (FORNASIERI FILHO, 2007).

Fornasieri Filho (2007) informa que o uso de sementes de cultivares melhoradas, alterações no espaçamento e na densidade da semeadura, melhor aplicação de adubos e o parcelamento dos mesmos são algumas tecnologias que

vêm sendo adotadas, de modo a conscientizar os produtores das melhorias na qualidade, no preparo e no uso do solo.

Já Cruz et al. (2008) ressaltam que a produtividade média nacional de milho é baixa, mostrando que os sistemas de produção ainda devem ser bastante aperfeiçoados para se chegar a uma produção e uma rentabilidade proporcionais ao que a cultura pode atingir.

Na safra de 2013, a produção foi de 80,27 milhões de toneladas (IBGE, 2015; IMEA, 2015), destinadas principalmente para consumo humano e alimentação animal (avicultura, suinocultura e bovinocultura de leite), tanto no país quanto para exportação (NUNES, 2011).

Na safra 2014/15 houve aumento em cerca de 6% em relação à safra passada (de 80 para 85 milhões de toneladas), com destaque para o milho de segunda safra, que tem se tornado a principal safra para essa cultura, na qual foram observadas produtividades recordes em algumas regiões do país (CONAB, 2015).

A safra 2015/2016 totalizou 70,754 milhões de toneladas. A produção brasileira de milho deverá alcançar um volume recorde de 106,437 milhões de toneladas na temporada de 2016/2017, com elevação de 50,4% sobre a safra anterior (MOLINARI, 2017).

3.2. Nitrogênio

O milho é uma cultura exigente em nutrientes, principalmente o N, sendo que sua deficiência causa amarelecimento das folhas mais velhas, seguidas de clorose generalizada (forma um "V" invertido na folha) e perda foliar (Figura 1). Em alguns casos, podem ser observadas deformações nas pontas das espigas e, por consequência, a redução de até 20% na produção de grãos (SUBEDI et al., 2007). A carência de nitrogênio reduz o crescimento foliar, aumenta o crescimento do sistema radicular, os ramos caulinares ficam avermelhados, sendo que esses sintomas aparecem inicialmente nas partes velhas da planta (AGROLINK, 2016).



Figura 1: Sintoma de deficiência de nitrogênio em planta de milho.
Fonte: Akemi (2011).

O N é um dos nutrientes mais limitantes no solo e um dos mais requeridos pelas plantas cultivadas para elevar a produção e o índice de colheita. O milho é um exemplo de cultura onde o N é empregado em grandes quantidades, na forma de fertilizantes minerais (CANTARELLA & MARCELINO, 2007).

No solo, a quantidade de N na forma prontamente assimilável pelas plantas é baixa. O teor do elemento nas rochas e minerais que originam os solos é muito pequeno e quase todo o N do solo é proveniente dos processos de fixação a partir do nitrogênio elementar (N_2) da atmosfera terrestre. A maior parte do N no solo (97-98%) está na forma orgânica, que é indisponível para as plantas. As plantas geralmente absorvem o N nas formas mineralizadas de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), que correspondem de 2 a 3% do nitrogênio total do solo (LOPES, 1989).

O ciclo do nitrogênio nada mais é que uma sequência de reações de oxirredução, intermediada por microrganismos que adquirem energia advinda das mudanças dos estados de oxirredução (MARTINELLI, 2007).

De acordo com Martinelli (2007), o N nos resíduos vegetais (restos vegetais) e animais (esterco) e o N derivado da atmosfera através dos processos elétrico, combustão, microbiológicos e industrial é adicionado ao solo, conforme ilustrado na Figura 2.

O N dos resíduos é mobilizado como NH_4^+ pelos organismos do solo como um produto final da decomposição. As raízes das plantas absorvem parte do NH_4^+ e a outra parte é convertida para NO_3^- por bactérias nitrificadoras em um processo chamado nitrificação. O NO_3^- é absorvido pelas raízes das plantas e, juntamente com o NH_4^+ absorvido, é utilizado para produzir proteínas em culturas que alimentam as pessoas e os animais domésticos. As plantas também podem absorver amônia (NH_3) da atmosfera. Parte do NO_3^- é perdido para as águas subterrâneas ou sistemas de drenagem, como resultado do movimento descendente da água de percolação. Outra parte do NO_3^- é convertido por bactérias desnitrificadoras para N_2 e óxidos de nitrogênio - N_2O (óxido nitroso) e NO (óxido nítrico) -, que escapam para a atmosfera, completando o ciclo (MAÇÃS, 2008).

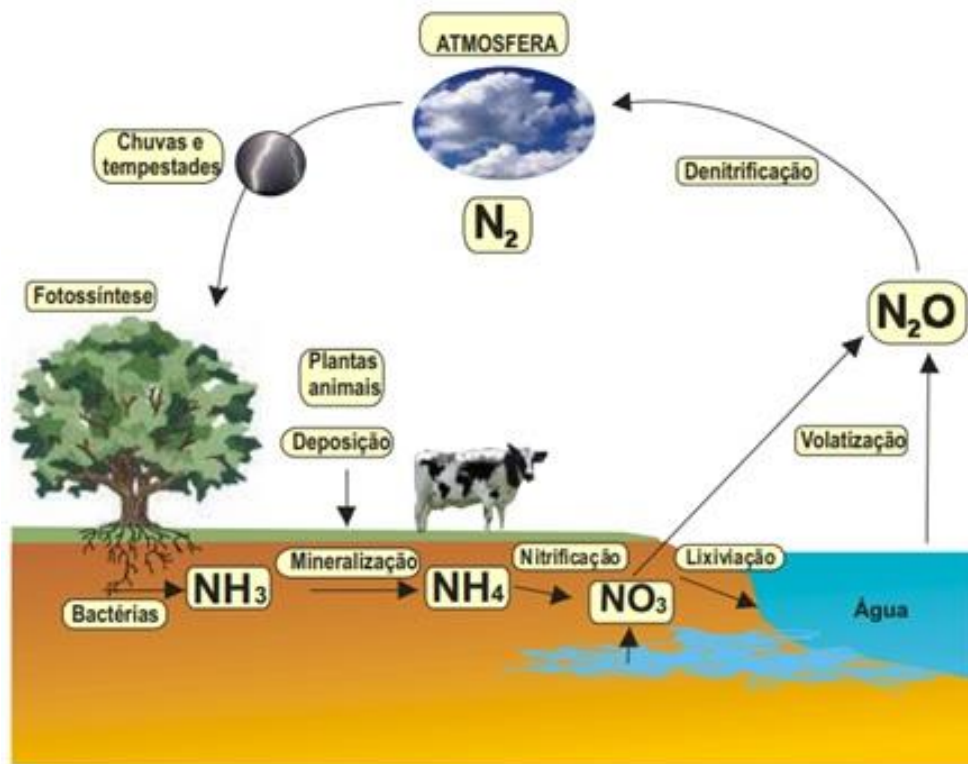


Figura 2: Ciclo do nitrogênio.
Fonte: Martinelli (2007).

O N dentro da planta é encontrado em duas formas, o NH_4^+ (amônio) e NH_3 (amônia). Segundo Akemi (2011), o N está contido em aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, vitaminas, coenzimas, pigmentos e poder redutor (NADPH e NADH) em várias reações químicas.

A disponibilização de N do solo às plantas ocorre pela mineralização da matéria orgânica. Contudo, depende do manejo do sistema produtivo como um todo, não se alterando rapidamente. Embora a mineralização da matéria orgânica forneça N inorgânico ao solo, a obtenção de produtividades elevadas nas culturas é conseguida por meio da fertilização nitrogenada (VIAPIANA, 2014).

A principal fonte de nitrogênio utilizada no Brasil é a ureia, que apresenta como vantagens a alta concentração de N e o menor preço do nutriente por unidade. Possui, ainda, alta solubilidade, menor corrosividade e compatibilidade com muitos fertilizantes (CANTARELLA & MARCELINO, 2007). A ureia pode proporcionar menor eficiência no fornecimento de N às plantas quando aplicada na superfície do solo em função de perdas por volatilização na forma de NH_3 (SOUZA et al., 2011).

3.3. Fertilizantes Nitrogenados

Os solos brasileiros, em sua maioria, são de baixa fertilidade natural e apresentam baixos teores de nutrientes, notadamente o nitrogênio, requerendo, assim, adubos contendo este elemento na sua composição. Tem-se buscado alternativas tecnológicas para que seja possível reduzir o custo e manter e/ou elevar a produtividade de grãos da cultura do milho. Os fertilizantes nitrogenados são produtos de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtidos por processos físicos, químicos ou físico-químicos, fornecedores de nitrogênio na forma amoniacal, amídica ou nítrica (CAVALINI et al., 2013).

Os fertilizantes nitrogenados são produzidos principalmente a partir de combustíveis fósseis não renováveis, fato que torna o N geralmente o elemento mais caro no sistema de produção da cultura. Além disso, o N está sujeito a inúmeras reações no solo, devido ao complexo ciclo desse nutriente. Dessa forma, recomendações de adubações nitrogenadas devem ser bem planejadas, pois quando se utiliza N em quantidades excessivas ou situações desfavoráveis, ele pode ser perdido, ocasionando prejuízos econômicos e ambientais (CANTARELLA & MARCELINO, 2008).

Tanto os fertilizantes tradicionais quanto os fertilizantes que agregam novas tecnologias devem seguir os conceitos de qualidade de um produto industrial, que é bastante amplo e diversificado. As características de qualidade dos fertilizantes são

as condições naturais ou artificiais com que esses produtos podem se apresentar e tem relação direta ou indireta com sua eficiência (CAVALINI et al., 2013).

Segundo Coelho et al. (2009), ao planejar a adubação do milho, deve-se levar em consideração os seguintes aspectos: realizar análise de solo e histórico de calagem e adubação da área para realizar o diagnóstico adequado dos problemas; determinar os nutrientes a serem considerados no caso particular deste solo, observando se há suprimento adequado de Ca, Mg, entre outros; determinar as quantidades de N, P e K necessárias na semeadura, considerando o resultado da análise do solo e a necessidade da cultura e; determinar a fonte, a quantidade e o momento de aplicação do N.

Uhart & Andrade (1995) e Escosteguy et al. (1997), citados por Araújo et al. (2004), relataram que o N determina o desenvolvimento das plantas de milho, com aumento significativo na área foliar e na produção de massa de matéria seca, resultando em maior produtividade de grãos.

3.4. Adubação Foliar Nitrogenada (AFN)

O nitrogênio 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 no Brasil respondem à aplicação. Por isso, é o nutriente mais aplicado em quantidade e com a preocupação de aplicá-lo tanto no plantio como em cobertura (CRUZ et al., 2009).

Adubação foliar é o processo de aplicação de nutrientes minerais na folha vegetal, através da absorção total (absorção passiva e ativa), com a utilização destes nutrientes por toda a planta, não se limitando a uma terapia local da folha, suprimindo as carências nutricionais em qualquer lugar da morfologia da planta (NUNES, 2017).

A adubação foliar não se limita à aplicação de soluções de nutrientes apenas à folhagem das plantas, sendo o tratamento estendido aos ramos novos e adultos, às estacas e aos troncos por meio das pulverizações ou pincelamentos, o que é designado de adubação caulinar (FANCELLI, 2010).

O método de aplicação foliar de N tem um grande potencial, particularmente em áreas secas onde a indisponibilidade de umidade restringe a absorção de nutrientes pelas plantas (RASHID, 2008).

Cada espécie vegetal possui características foliares diferenciadas em relação à absorção foliar. As pulverizações grosseiras produzem gotas muito grandes, as quais molham em excesso a folhagem, provocam um gotejamento excessivo e o escoamento da solução para o solo, havendo, portanto, desperdício e diminuição dos resultados esperados (FANCELLI, 2010).

O uso de bicos pulverizadores de qualidade pode prevenir a formação de gotas nas folhas que agem como uma lente para a luz do sol, podendo queimá-las. Isso ajudará também a maximizar a quantidade de gotículas que grudará nas folhas, aumentando a absorção (COELHO, 2010).

Pulverizadores de baixo volume podem perder a eficiência. Diversas técnicas devem ser utilizadas na tentativa de maximizar a absorção foliar de nutrientes, que depende basicamente do tipo de equipamento pulverizador. Deve-se tentar pulverizar tanto na superfície inferior quanto a superior da folha, quando possível, facilitando, assim, a absorção pelos dois lados da folha (NUNES, 2017).

Fertilizantes foliares devem ser aplicados quando a planta não está captando água em sua máxima potência. A aplicação foliar de micronutrientes é melhor realizada quando a planta está túrgida (sem déficit hídrico) (COELHO, 2010).

Os momentos mais críticos para a aplicação são momentos de grande esforço da planta, que são os períodos de grande crescimento ou quando a planta está saindo do seu estado vegetativo e passando para um estado reprodutivo (FANCELLI, 2010).

Wittwer & Teubner (1959) afirmam que a aplicação de nitrogênio pelo método de pulverização foliar pode ser benéfica após o estágio de antecessão, quando a taxa do crescimento das raízes e a absorção de nutrientes do solo apresenta tendência a diminuir.

Jamal (1991) relata que o rendimento de grãos e palha aumentou comparativamente com a aplicação do solo, enquanto o teor de proteína do grão aumentou com a pulverização foliar de ureia.

Na pesquisa realizada por Souza et al. (2011), o incremento das doses de N aumentou o teor de N foliar, o número de grãos por fileira e por espiga e, conseqüentemente, a produtividade de grãos de milho safrinha irrigado.

A aplicação foliar de nutrientes aumenta o rendimento das plantas em comparação com a aplicação do solo (ARIF et al., 2006), sendo que a aplicação de N usando o método de pulverização foliar deve ser realizado no momento apropriado (RASHID, 2008).

A época de aplicação de N pode variar, sendo comum a aplicação na semeadura de parte do N recomendado e o restante em cobertura, quando as plantas estão com 4 a 8 folhas (PÖTTKER & WIETHÖLTER, 2004).

Entretanto, Yamada (1995) afirma ser possível a aplicação de uma quantidade maior de N na semeadura, discordando de Coelho et al. (1991), que recomendam o fornecimento de N em uma única aplicação em cobertura para doses de até 100 kg/ha, em solos de textura argilosa. Casagrande & Fornasieri Filho (2002) não verificaram diferença da forma de aplicação do N (todo na semeadura ou todo em cobertura) e do incremento de doses de N na produtividade de grãos de milho na safrinha.

Pesquisas de Zhang et al. (2014) mostram que o aumento da aplicação de N pode melhorar a área foliar verde por planta de milho e o teor de clorofila. Singh (2007) afirma que a aplicação foliar é frequentemente um método efetivo e econômico para a qualidade e melhoria dos nutrientes nas plantas.

3.5. Fatores que Afetam a Absorção Foliar

A absorção foliar e a translocação do nutriente para outras partes da planta podem ser influenciadas positiva ou negativamente por uma série de fatores, alguns externos, ligados ao meio, e outros internos, ligados à própria planta, que afetam a eficiência da adubação foliar. Estes podem ser agrupados em fatores internos e externos. No Quadro 2 são apresentados os fatores internos que influenciam a absorção foliar de nitrogênio, segundo Nunes (2017).

Quadro 2. Fatores internos que afetam a AFN.

Fatores	Descrição
Permeabilidade da cutícula	A espessura da cutícula, quantidade de cera, capacidade de umedecimento, número de estômatos e presença de pilosidade são fatores ligados a diferenças na absorção entre as espécies vegetais. A página inferior da folha, devido à presença de cutícula mais fina e predominância dos estômatos, de maneira geral, apresenta maior absorção da solução aplicada. Por isso, a distribuição uniforme da solução, atingindo também a face abaxial das folhas, é recomendada na prática da adubação foliar. O grau de hidratação da folha tem grande importância para absorção de nutrientes, pois as cutículas bem hidratadas são mais permeáveis à solução. As cutículas desidratadas das folhas murchas são bastante impermeáveis.

Idade da folha	A absorção de nutrientes da solução é maior nas folhas novas do que nas velhas. Nestas, parece que o aumento da espessura da cutícula aumenta mais a resistência à penetração da solução. Além disso, as folhas mais novas apresentam maior atividade metabólica, consumindo mais rapidamente os nutrientes nos processos de síntese, reduzindo, assim, o seu estado iônico interno. Por outro lado, substâncias lipoidais podem ser absorvidas mais facilmente por folhas velhas, em função da maior quantidade de ceras e cutina.
Estado iônico interno	A capacidade de absorção foliar pode ser limitada pela quantidade interna do nutriente, ou seja, do estado nutricional da planta. Plantas deficientes em um elemento o absorvem mais rapidamente do que plantas sem deficiência nutricional.

Fonte: Adaptado de Nunes (2017).

Em relação aos fatores externos que afetam a adubação foliar nitrogenada, Nunes (2017) cita alguns, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3. Fatores externos que afetam a AFN

Fatores	Descrição
Luz	Quanto maior a intensidade da luz, maior será a absorção dos nutrientes, assim como a translocação para outras áreas da planta.
Água	A absorção foliar se dá conforme a disponibilidade de água. A absorção diminui quando a planta começa a murchar. Por isso, as aspersões foliares não devem ser feitas quando a planta está no período de murchamento, ou seja, nas horas mais quentes do dia.
Temperatura	Em geral, as temperaturas altas ajudam a absorver melhor os nutrientes, ao mesmo tempo que promovem a evaporação da solução na superfície das folhas, proporcionando a concentração dos sais nutrientes nesta região. Quando a temperatura se eleva demais e baixa a umidade do ar, o elevado acúmulo foliar dos nutrientes aplicados pode chegar a níveis tóxicos e prejudicar a planta.
Umidade atmosférica	A absorção foliar dos nutrientes é beneficiada quando a umidade relativa do ar se eleva. Isto ocorre porque mantém a cutícula hidratada, evitando a evaporação da solução, além de manter os nutrientes aspergidos sobre a folha por mais tempo.

Fonte: Adaptado de Nunes (2017).

A utilização do nitrogênio na agricultura deve garantir a otimização da absorção do nutriente de maneira eficiente e efetiva, minimizando as perdas para o ambiente. Essa técnica deve auxiliar o agricultor a obter produções sustentáveis e produtividades rentáveis.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Local do Experimento

O experimento foi instalado e conduzido na cidade de Leme, Estado de São Paulo, Brasil. Localiza-se à latitude 22°11'08" sul e à longitude 47°23'25" oeste, com altitude de 619 m, área de 103,1 km² e, segundo o sistema de classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa (mesotérmico de verão chuvoso e inverno seco).

4.2. Solo

Antes do plantio, realizou-se a amostragem do solo para a caracterização química, sendo as amostras coletadas na profundidade 0-20 cm. Foram retiradas 20 amostras simples de uma área de 1 ha, as quais deram origem a uma amostra composta, sendo esta encaminhada ao laboratório para realização da análise de fertilidade (Tabela 1) e de micronutrientes (Tabela 2).

Tabela 1: Resultado da análise de fertilidade da amostra de solo (0-20 cm) utilizado no experimento.

pH	M.O.	P _{res.}	S	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	CaCl ₂ g dm ⁻³	-- mg dm ⁻³ --				mmol _c dm ⁻³				%
6,0	22	62	5	3,1	54	12	33	69,2	102,2	67,7

Tabela 2: Resultado da análise de micronutrientes da amostra de solo (0-20 cm) utilizado no experimento.

B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg dm ⁻³ -----				
0,29	5,4	24	21,0	9,1

4.3. Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, constituído de cinco tratamentos (doses de N foliar) e cinco repetições, totalizando 25 unidades experimentais (vasos), conforme ilustrado na Figura 3.

Os tratamentos testados foram: T0 (testemunha: sem aplicação de Nitrogênio foliar); T1, T2, T3 e T4, COM 2,5; 5,0; 7,5 e 10^{ha-1} de Nitrogênio foliar, respectivamente.



Figura 3: Unidades experimentais (vasos) utilizadas no experimento.
Fonte: Arquivo pessoal.

O produto utilizado neste experimento foi o RAPID N para fornecer o N via aplicação foliar (Figura 4), possui balanço eficiente entre as diferentes formas de nitrogênio necessários ao crescimento das plantas, os quais são complexados organicamente, permitindo o máximo aproveitamento do nitrogênio pelas plantas.



Figura 4: Fertilizante nitrogenado utilizado no fornecimento de N em aplicação foliar.
Fonte: Omnia (2016).

4.4. Instalação e Condução do Experimento

Foram utilizados vasos com capacidade para 11,0 L, preenchidos com terra homogeneizada e peneirada, utilizando-se o milho (*Zea mays* L.), híbrido 2B633 DOW, como planta teste.

Com base no resultado da análise química do solo e de acordo com a recomendação de Raij & Cantarella (1997), foi necessário realizar a correção do solo com o objetivo de elevar a saturação por bases (V) a 70%. O calcário utilizado foi o Mineral Agrícola (PRNT=90%), aplicado igualmente em todas as unidades experimentais, aplicando-se 260 kg/ha de calcário (1,43 g/vaso).

Após 30 dias da aplicação do calcário, realizou-se a adubação de plantio, de acordo com o resultado da análise de fertilidade e, segundo a recomendação para a cultura (RAIJ et al, 1997), buscando a produtividade máxima. Aplicou-se, em cada unidade experimental, o equivalente a 66,7 kg/ha de N (fonte ureia - 45% de N; 0,5 g/vaso), 278 kg/ha de P₂O₅ (fonte superfosfato simples (SS) - 18% de P₂O₅; 0,1 g/vaso) e 86,2 kg/ha de K₂O (fonte cloreto de potássio (KCl) - 58% de K₂O; 0,5 g/vaso).

Em seguida, realizou-se a semeadura, manualmente, à profundidade de dois centímetros, inserindo-se seis sementes por vaso (Figura 5), sendo estes irrigados diariamente, de modo a manter o teor de umidade do solo próximo a 50% da capacidade de retenção.



Figura 5: Semeadura do milho nas unidades experimentais (vasos), utilizando-se 6 sementes/vaso.
Fonte: Arquivo pessoal.

Houve o acompanhamento constante do crescimento das plantas. A Figura 6 ilustra o desenvolvimento das plantas de milho nos estádios vegetativos iniciais V₁-V₂, 7 dias após a emergência das plantas e, na Figura 7, as plantas nos estádios vegetativos iniciais V₃-V₅, 14 dias após a emergência das plantas.



Figura 6: Plantas de milho nos estádios vegetativos iniciais (V_1 - V_2), aos 7 dias após a emergência das plantas.

Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 7: Plantas de milho nos estádios vegetativos iniciais (V_3 - V_5), aos 14 dias após a emergência das plantas.

Fonte: Arquivo pessoal.

Aos 20 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o desbaste, com o objetivo de conduzir apenas uma planta por vaso, deixando-se os restos do desbaste nos respectivos vasos, conforme ilustrado na Figura 8.

Aos 25 DAS, realizou-se a adubação de cobertura, seguindo as recomendações de Raij et al. (1997) para a cultura. Aplicou-se, igualmente em todas as unidades experimentais, o equivalente a 222 kg/ha de N (fonte ureia; 1,2 g/vaso) e 69 kg/ha de K_2O (fonte cloreto de potássio (KCl); 0,3 g/vaso).

A primeira e única aplicação foliar do produto à base de N foi realizada aos 45 DAS (Figura 9).



Figura 8: Unidades experimentais após a realização do desbaste, aos 20 DAS, com o objetivo de conduzir apenas uma planta por vaso.

Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 9: Aplicação foliar do produto à base de N, aos 45 DAS.

Fonte: Arquivo pessoal.

4.5. Coleta de Dados

Aos 90 DAS, realizou-se a medição da altura das plantas a partir da folha bandeira até a base da planta, conforme indicado na Figura 10.



Figura 10: Determinação da altura das plantas de milho, aos 90 DAS, a partir da folha bandeira até a base da planta.

Fonte: Arquivo pessoal.

Após a obtenção da altura das plantas, procedeu-se a desmontagem dos vasos. Inicialmente, foram destacadas todas as folhas fotossinteticamente ativas da planta (Figura 11), as quais foram desenhadas em papel *Kraft*, recortadas (Figura 12) e pesadas para a determinação do índice de área foliar (IAF).



Figura 11: Folhas fotossinteticamente ativas destacadas das plantas de milho.
Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 12: Recortes dos desenhos das folhas fotossinteticamente ativas no papel Kraft para determinação do IAF.
Fonte: Arquivo pessoal.

Em seguida, foram cortados e pesados 10 discos de papel *Kraft* com 1 cm de diâmetro ($0,785 \text{ cm}^2$) para realizar a conversão do peso das folhas desenhadas em área.

Em seguida, as plantas foram cortadas rente ao solo (Figura 13) e pesadas, juntamente com as folhas, para obtenção da produção de matéria fresca (MF).



Figura 13: Plantas de milho cortadas rente ao solo para pesagem, juntamente com as folhas, para determinação da produção de matéria fresca (MF).

Fonte: Arquivo pessoal.

Após a pesagem, as amostras foram lavadas em água destilada e encaminhadas para a estufa com circulação forçada de ar, onde permaneceram a 60-70°C até atingirem peso constante para a determinação da produção de matéria seca (MS).

As raízes de todas as plantas foram removidas dos respectivos vasos, lavadas e, em seguida, pesadas para a obtenção da matéria fresca (MF). Após esse processo, as raízes foram colocadas em sacos de papel perfurados e encaminhadas para estufa com circulação forçada de ar, mantida a 60-70°C até obtenção de peso constante. Posteriormente, as amostras foram retiradas da estufa e novamente pesadas para obtenção da matéria seca (MS) (Figura 14) e avaliação dos protocolos experimentais.



Figura 14: Sistema radicular das plantas de milho após secagem em estufa para obtenção da matéria seca (MS).

Fonte: Arquivo pessoal.

4.6. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão da variância pelo teste F, escolhendo-se a equação de melhor ajuste para as doses de N em aplicação foliar, ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do Software ASSISTAT versão 7.7 pt (SILVA & AZEVEDO, 2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios e o resumo estatístico dos parâmetros estudados, ou seja, índice área folia (IAF), matéria seca da raiz (MS raiz), matéria seca da parte aérea (MS parte aérea) e da altura das plantas.

Os resultados indicam que o uso da adubação foliar nitrogenada (AFN) em diferentes doses não evidenciaram efeito significativo sobre os parâmetros IAF, MS do sistema radicular e altura das plantas. Porém, foi observado efeito linear significativo sobre a produção de MS da parte aérea.

Tabela 3: Valores médios e resumo estatístico para índice da área foliar (IAF), produção de matéria seca (MS) da parte aérea e da raiz e altura das plantas de milho, submetidas a doses crescentes de adubação foliar nitrogenada (AFN).

Dose N foliar ---- L/ha ⁻¹ ----	IAF ---- m ² ---	MS Raiz ----- g/planta -----	MS Parte aérea ----- g/planta -----	Altura das plantas ----- m -----
0,0 (T0)	0,45	16,44	72,82	1,45
2,5 (T1)	0,44	10,74	98,70	1,42
5,0 (T2)	0,45	12,70	105,50	1,44
7,5 (T3)	0,42	13,92	106,44	1,43
10,0 (T4)	0,39	14,96	105,12	1,39
Reg. Linear	3,3148 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	4,7309 [*]	0,6139 ^{ns}
Reg.Quadrática	0,8491 ^{ns}	2,5113 ^{ns}	2,3448 ^{ns}	0,1848 ^{ns}
CV (%)	10,12	34,94	24,07	7,21

* e ^{ns}, significativo e não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; respectivamente.

As análises evidenciaram diferença entre os tratamentos, com baixo índice de produção da MS da parte aérea em T0 e T1, comparado aos demais tratamentos (T2, T3 e T4), nos quais nota-se comportamento semelhante (Figura 15).

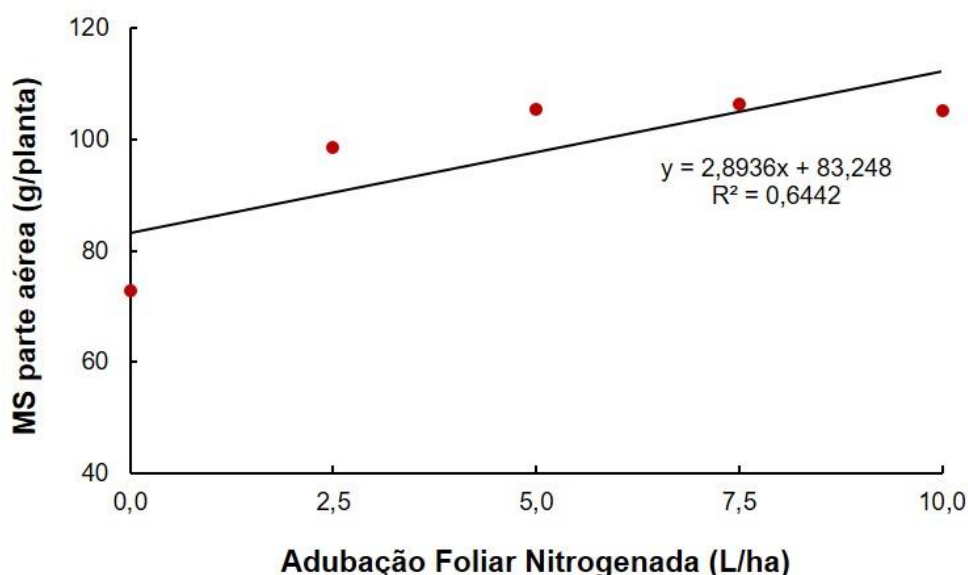


Figura 15: Comportamento da produção de MS da parte aérea de plantas de milho submetido à doses crescentes de adubação foliar nitrogenada.

Fonte: Arquivo pessoal.

Em seu estudo, Casagrande e Fornasieri Filho (2002) constataram que não há efeito da forma de aplicação do N (todo na semeadura ou todo em cobertura) e de doses de N nas características agrônômicas do milho na safrinha.

Verificou-se escassez de informações na literatura acadêmica sobre a resposta da adubação foliar nitrogenada na cultura de milho, dificultando uma discussão sobre o assunto, tornando o presente estudo de grande importância.

6. CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que as plantas de milho se desenvolveram de forma semelhante quanto ao IAF, à produção de matéria seca da raiz e à altura das plantas independentemente das doses de fertilizante nitrogenado aplicadas.

A respeito da produção de matéria seca da raiz, a AFN resultou em acréscimo neste parâmetro avaliado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMILHO. Associação Brasileira das Indústrias do Milho. **O cereal que enriquece a alimentação humana.** 2015. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/milho/cereal>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

AKEMI, M. **Fisiologia vegetal:** nutrição mineral de plantas. 2011. Disponível em: <<http://fisiologiavegetalporhilde.blogspot.com.br/2011/10/nutricao-mineral-de-plantas.html>>. Acesso em: 03 set. 2017.

ARAÚJO, L.A.N.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.8, p.771-777, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n8/21738.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2017.

ARIF, M.; CHOCHAN, M.A.; ALI, S.; KHAN, S. Response of wheat to foliar application of nutrients. **J. Agri. Bio. Science**, v.1, p.30-34, 2006. Acesso em: 03 set. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Cadeia produtiva do milho.** Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de

Cooperação para a Agricultura. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007. Acesso em: 05 set. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portarias de Zoneamento Agrícola de Risco Climático por Unidade da Federação**. 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/portarias-segmentadas-por-uf>>. Acesso em: 11 set. 2017.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. In: FANCELLI, A.L. (ed). **Milho: nutrição e adubação**. Piracicaba: FEALQ, p.36-55, 2008. Acesso em: 03 set. 2017.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da ureia. In: Simpósio sobre Informações Recentes para Otimização da Produção Agrícola, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IAC, 2007. 1 CD-ROM. 19p.

CASAGRANDE, J.R.R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.33-40, 2002. Acesso em: 03 set. 2017.

CAVALINI, R.M.; CAMPOS, D.V.B.; SOUZA, A.M.; BALIEIRO, F.C.; RECH, I., POLIDORO, J.C. **Determinação do teor de nitrogênio em fertilizantes nitrogenados utilizando dois métodos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. p.06. (Comunicado Técnico 68). Disponível em <<file:///C:/Users/PC/Downloads/Comunicado-tecnico-68-2013.pdf>>. Acesso: 25 set. 2017.

COELHO, A.M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sistemas de produção: EMBRAPA Milho e Sorgo. 2010. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/artigo/manejo-da-adubacao-nitrogenada-na-cultura-do-milho_110266.html>. Acesso em: 03 set. 2017.

COELHO, A. M.; FRANCA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. **Nutrição e adubação da cultura do milho**. Sistemas de produção: EMBRAPA Milho e Sorgo. 5 ed., 2009. Disponível em:

<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/feraduba.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Balanço de nitrogênio (15N) em um Latossolo Vermelho-Escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.187-193, 1991. Acesso em: 03 set. 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 2 - **Safra 2014/15**, n. 12 - Décimo segundo levantamento. Brasília: Conab, 2015. p. 8. Acesso em: 03 set. 2017.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F.; SANTANA, D.P. Manejo da cultura do milho. In: CRUZ, J.C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M.A.R.; MAGALHAES, P.C. (Eds.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 8, p. 171-197. Acesso em: 03 set. 2017.

CRUZ, J.C.; GARCIA, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; PINTO, L.B.B.; QUEIROZ, L.R. **Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. p. 15. (Circular Técnica, 124). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2009/circular/Circ_124.pdf>. Acesso em: 04 set. 2017.

DAGA, J.; RICHART, A.; NOZAKI, M.H.; ZANETTI, T.A.; ZANETTI, R.D. Desempenho do milho em função da adubação química e orgânica. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v.4. 2009. Acesso em: 27 mai. 2017.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.71-77, 1997. Acesso em: 03 set. 2017.

FANCELLI, A.L. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes na cultura de milho. **IPNI Informações Agronômicas**, n.131, Piracicaba, 2010. 16p. Acesso em: 15 mai. 2017.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p. Acesso em: 03 set. 2017.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2007. 273p. Acesso em: 03 set. 2017.

FORMIGONI I. **Compare a evolução na produção de milho no mundo, por país produtor**. 2016. Disponível em: <<http://www.farmnews.com.br/analises-mercado/producao-de-milho-no-mundo/>>. Acesso em: 03 set. 2017.

GARCIA, J.C.; MATTOSO, M.J.; DUARTE, J.O.; CRUZ, J.C.; PADRÃO, G.A. Aspectos econômicos da produção e utilização do milho. In: CRUZ, J.C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M.A.R.; MAGALHAES, P.C. (Eds.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap.1, p. 21-46. Acesso em: 03 set. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> Acesso em: 09 ago. 2017.

IMEA: Instituto Mato Grossense de Ecologia. 2015. Disponível em: <http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/Paper_jornalistas_Milho_AO.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2017.

JAMAL, M. 1991. **Agro-biological studies on water stress and nitrogen uptake in wheat**. Ph. D. Thesis, University of Agriculture, Faisalabad. Acesso em: 03 set. 2017.

LANDAU, E.C.; CRUZ, R.K.M.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. **Expansão potencial da produção de milho 2ª safra no Brasil no sistema de sucessão soja-milho considerando o zoneamento de risco climático 2014/15**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 26p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 124). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1038360/expansao-potencial-daproducao-de-milho-2-safra-no-brasil-no-sistema-de-sucessao-soja-milho-considerando-ozoneamento-de-risco-climatico-201415>>. Acesso em: 11 set. 2017.

LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. Piracicaba: ANDA/POTAFOS, 1989. 156p. Acesso em: 03 set. 2017.

MAÇÃS, J.E.S. **Nitrogênio nítrico e amoniacal no desenvolvimento da parte aérea do milho cultivado em argissolo**. 2008. 59f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15874/000692334.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 out. 2017.

MAGALHÃES, P.C., SOUZA, T.C. **Cultivo do milho: ecofisiologia**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. v.8 (Embrapa Milho e Sorgo. Versão Eletrônica). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/ecofisiologia.htm>. Acesso em: 11 set. 2017.

MARTINELLI, L.A. Os caminhos do nitrogênio: do fertilizante ao poluente. **Informações Agronômicas**. Piracicaba. n.18, p.6-10, 2007. Acesso em: 03 set. 2017.

MIRANDA, R.A.; DUARTE, J.O.; GARCIA, J.C. **Cultivo do milho: economia**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. v.8 (Embrapa Milho e Sorgo. Versão Eletrônica). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/economia.htm>. Acesso em: 11 set. 2017.

MOLINARI, P. Milho: safra 2016/2017 deve ser 50% maior que a anterior, diz consultoria. In: **Canal Rural**. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/mais-milho/milho-safra-2016-2017-deve-ser-maior-que-anterior-diz-consultoria-67597>>. Acesso em: 02 jun. 2017.

NUNES J.L.S. **Fertilizantes: conceitos aplicados via foliar**. AGROLINK. 2016. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/fertilizantes---conceitos-aplicados-via-foliar_361463.html>. Acesso em: 03 set. 2017.

NUNES, J. L.S. **Milho: comercialização**. AGROLINK. 2011. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/culturas/milho/comercializacao.aspx>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, p.1015-1020, 2004. Acesso em: 03 set. 2017.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Cereais: milho para grão e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, p.56-59, 1997. (Boletim técnico, 100). Acesso em: 03 set. 2017.

RASHID, A.; KHAN, R.; ULLAH, H. Influence of Nitrogen Levels and Application Methods on Yield and Quality of Sorghum. **Pedosphere**, v.18, n.2, p.236–241, 2008. Acesso em: 03 set. 2017.

ROMANO, M.R. **Desempenho fisiológico da cultura do milho com plantas de arquitetura e contraste: parâmetros para modelos de crescimento**. 2005. 120p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Piracicaba: ESALQ/USP. Acesso em: 03 set. 2017.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SINGH, M.V. Efficiency of seed treatment for ameliorating zinc deficiency in crops. **Proceeding** of Zinc Crop Conference, 2007. Istanbul, Turkey. Acesso em: 03 set. 2017.

SOUZA J.A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M.E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, v.70, n.2, p.447-454, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v70n2/28.pdf>>. Acesso em: 03 set 2017.

SOUZA FILHO, B.F. O ciclo do nitrogênio e suas implicações na agricultura moderna. **Informação Tecnológica**, n.13, 2008. Acesso em: 03 set. 2017.

SUBEDI, K.D.; MA, B.L.; XUE, A.G. Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. **Crop Science**, v.47, p.36-47, 2007. Acesso em: 03 set. 2017.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. **Crop Science**, v.35, p.1376-1383, 1995. Acesso em: 03 set. 2017.

VIAPIANA, A.M. **Fertilizantes de liberação lenta e controlada de n como estratégia para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada no híbrido de milho as1565**. 2014. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014. Disponível em: <http://www.tede.udesc.br/tde_arquivos/7/TDE-2014-11-03T115715Z-1912/Publico/PGPV14MA131.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.

WITTEWER, S.H; TEUBNER, F.G. Foliar adsorption of mineral nutrients. Annu. **Rev. Plant Physiol.**, v.10, p.13-32, 1959. Acesso em: 03 set. 2017.

YAMADA, T. Adubação nitrogenada do milho: como melhorar a eficiência? **Informações Agronômicas**, n.71, p.1-9, 1995. Acesso em: 03 set. 2017.

ZHANG X; HUANG G; ZHAO Q. Differences in maize physiological characteristics, nitrogen accumulation, and yield under different cropping patterns and nitrogen levels. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.74, n.3, 2014. Acesso em: 03 set. 2017.