

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS IBIRUBÁ**

**DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO NITROGENADA SOBRE
O RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO**

DANIEL DA COSTA DOS SANTOS

Ibirubá, 2022.

DANIEL DA COSTA DOS SANTOS

**DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO NITROGENADA SOBRE O RENDIMENTO
DE GRÃOS DE MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado junto ao curso de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá como requisito parcial da obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Dra. Daniela Batista dos Santos
Co-orientador: Dr. Jardel Henrique Kirchner

Ibirubá, 2022.

Aos meus pais, Paulo Sanjes dos Santos e Ofélia da Costa, pelo incentivo, dedicação e amor. Com muita satisfação e orgulho, dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, por sempre guiar o meu caminho, pela saúde, por conseguir vencer a covid-19 e pela oportunidade de poder estar me formando em uma Instituição Federal por um curso tão renomado e cobiçado por tantos.

Agradeço aos meus pais Paulo Sanjes dos Santos e Ofélia da Costa por estarem comigo em todos os momentos me incentivando a persistir na faculdade, em momentos de indecisão sobre a carreira profissional a ser seguida, por me apoiarem e oferecerem todo o suporte possível mesmo diante das dificuldades enfrentadas diariamente com transporte, alimentação e outras necessidades para que pudesse concluir o curso.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, *Campus Ibirubá* por todos os ensinamentos na área Agrônômica, e por toda a experiência permitida no Campus onde pude crescer profissional e pessoalmente.

A todos os professores do Campus, em especial a Prof. Dr^a. Daniela Batista dos Santos por todo o carinho que sempre teve comigo e por aceitar o desafio de ser a minha orientadora. Pela paciência e disponibilidade em sempre acrescentar de alguma forma ou solucionar dúvidas. Tens a minha inspiração profissional e principalmente admiração pela pessoa que és, sempre trabalhando em prol do melhor para os alunos e mostrando que a faculdade é muito mais que uma relação aluno/professor e sim uma relação humanitária e de amizade para a vida inteira.

Agradeço a todos os meus colegas de classe pelos ensinamentos e experiências compartilhadas, pela amizade que certamente levarei comigo em toda a minha trajetória.

Sem vocês, certamente essa caminhada não seria possível. Obrigado a todos do fundo do meu coração.

RESUMO

O nitrogênio (N) é um elemento essencial para a produção agrícola e o mais demandado pelas culturas. Tanto a falta de nitrogênio como o excesso acarretam em alterações fisiológicas vegetais e impactam no rendimento de grãos. Em espécies de gramíneas, como o milho, que apresentam alta dependência da fertilização nitrogenada mineral, a escassez do nutriente causa redução o crescimento, clorose generalizada seguida de necrose e conseqüentemente, diminuição da produção. O ciclo biogeoquímica do nitrogênio é um dos assuntos mais pesquisados na ciência do solo, isso porque o elemento apresenta-se compartimentalizado no solo, na planta e na atmosfera e essa dinâmica influencia o manejo da fertilização nitrogenada. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre modos de adubação nitrogenada e os respectivos resultados na expressão do máximo potencial produtivo da cultura do milho. Para isso, utilizaram-se plataformas de pesquisa cuja busca se deu a partir das palavras-chaves: milho, nitrogênio, adubação, rendimento de grãos, dose e dados da região Sul. A partir da busca, foram selecionados 20 artigos para leitura e fichamento e com eles pode-se fazer um estudo compilando e comparando qual região, tipo de solo, clima, tipo fertilizante, dose utilizada e forma de aplicação e os resultados obtidos. A partir da análise dos dados dos manuscritos, observou-se que a ureia é o fertilizante nitrogenado mais comum para a cultura do milho. Referente à dose, observou-se em média que há incremento de produtividade de milho em 22,41 kg/ha a cada kg/ha de N adicionado ao solo. Ainda, quando o N foi aplicado na linha de semeadura observou-se resposta nos componentes de crescimento e desenvolvimento da cultura e quando o N foi aplicado a lanço, as respostas positivas referiam-se aos componentes de produtividade.

Palavras chave- Estudo de revisão, ureia, plantio direto

ABSTRACT

Nitrogen (N) is an essential element for agricultural production and the most demanded by crops. Both the lack of nitrogen and the excess lead to plant physiological changes and impact on grain yield. In grass species, such as corn, which are highly dependent on mineral nitrogen fertilization, the nutrient shortage causes reduced growth, generalized chlorosis followed by necrosis and, consequently, reduced production. The biogeochemical cycle of nitrogen is one of the most researched subjects in soil science, because the element is compartmentalized in the soil, in the plant and in the atmosphere and this dynamic influences the management of nitrogen fertilization. In this context, the objective of this work was to carry out a literature review on nitrogen fertilization methods and the respective results in the expression of the maximum productive potential of the corn crop. For this, research platforms were used, whose search was based on the keywords: corn, nitrogen, fertilization, grain yield, dose and data from the South region. From the search, 20 articles were selected for reading and filing. and with them you can make a study compiling and comparing which region, soil type, climate, fertilizer type, dose used and form of application and the results obtained. From the analysis of manuscript data, it was observed that urea is the most common nitrogen fertilizer for corn. Regarding the dose, it was observed on average that there is an increase in corn productivity of 22.41 kg/ha for each kg/ha of N added to the soil. Also, when N was applied in the sowing line, a response was observed in the components of growth and development of the crop and when N was applied by broadcast, the positive responses referred to the components of productivity.

Keywords- Review study, urea, no-till

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Fases de Desenvolvimento da Cultura do Milho.....	13
FIGURA 2: Estádios Vegetativos do Milho	15
FIGURA 3: Estádios Reprodutivos do Milho	18
FIGURA 4: Clorose na folha do Milho pela falta de N. Deficiência no enchimento de grãos e formação da espiga em decorrência da falta de N	23
FIGURA 5: Mapeamento digital dos tipos de solo encontrados no Brasil	31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Estádios Vegetativos e Reprodutivos do Milho	13
TABELA 2: Extração média de nutrientes pela cultura do Milho destinada a produção de grãos e silagem, em diferentes níveis de produtividades.....	22
TABELA 3: Recomendação de adubação Nitrogenada para a cultura do milho	24
TABELA 4: Teores mínimos dos principais fertilizantes nitrogenados	25
TABELA 5: Teores de Nitrogênio, nutrientes e matéria seca de alguns adubos orgânicos.....	26
TABELA 6: Título dos artigos, autores, local de publicação, ano de publicação e Instituição de Pesquisa onde foram realizados os experimentos	27
TABELA 7: Título dos artigos, clima, tipo de fertilizante, forma de aplicação	33

LISTA DE GRÁFICOS

GRAFICO 1: Regiões do Brasil onde os trabalhos foram realizados	30
GRAFICO 2: Tipos de solo em que foram realizados os experimentos	30
GRAFICO 3: Tipos de fertilizantes nitrogenados utilizados nos artigos pesquisados.....	32
GRAFICO 4: Incremento de produtividade por Kg de N aplicado.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento;

CBOT – Cotações da Bolsa de Chicago;

N – Nitrogênio;

DNA – Ácido desoxirribonucleico;

RNA – Ácido ribonucleico;

NH_4^+ – Amônio;

NO_3^- – Nitrato;

NH_3 – Amônia;

NO_2^- – Nitrito;

NO_2^- – Dióxido de Nitrogênio;

V – Estádios Vegetativos;

VE – Emergência;

V(n) – Estádios Vegetativos em que “n” representa a última folha emitida antes do pendoamento;

Vt – Pendoamento;

R – Estádios Reprodutivo;

GDs – Graus-Dia;

MOS – Matéria orgânica do solo;

NaNO_3 – Nitrato de Sódio;

KNO_3 – Nitrato de Potássio;

S – Enxofre;

Ca – Cálcio;

Mg – Magnésio;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 A CULTURA DO MILHO	11
2.1.1 Características Agronômicas.....	11
2.2 NITROGÊNIO	19
2.2.1 Nitrogênio no Solo	19
2.2.2 Função do Nitrogênio nas Plantas	21
2.2.3 Deficiência do Nitrogênio nas Plantas	22
2.2.4 Fornecimento de Nitrogênio para as Plantas	23
2.2.5 Fertilizantes Minerais Nitrogenados	25
2.2.6 Fertilizantes Orgânicos Nitrogenados	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5 CONCLUSÃO	38
6 REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A incapacidade da classe mais pobre de obter os alimentos necessários para uma dieta saudável e equilibrada proporcionam problemas de insegurança alimentar nos tempos atuais. De acordo com dados da Oxfarm Brasil (2021), mais 20 milhões de pessoas encontram-se em níveis extremos de insegurança alimentar, atingindo um total de 155 milhões em 55 países. O milho apresenta carotenóides ligados à prevenção de doenças degenerativas da visão, como a zeaxantina e a luteína. Os carotenóides são essenciais para a prevenção de doenças degenerativas, além de estimularem o sistema imunológico e agirem como antioxidantes. Além disso, é rico em carboidratos, proteínas, vitaminas (principalmente B1 e E) e sais minerais, entretanto somente cerca de 5% de produção brasileira se destina ao consumo humano, isto se deve principalmente à falta de informação sobre o milho e à ausência de uma maior divulgação de suas qualidades nutricionais (MENEGALDO, 2015)

O Brasil é o 3º maior produtor de Milho no mundo com uma área de 19.092,4 mil ha, ficando atrás dos Estados Unidos e China. Para a safra 2021/22 no Brasil, a Conab prevê uma produção de 112,9 milhões de toneladas diante de um aumento esperado de 23,4% da produtividade total das lavouras do cereal, comparando-se com a safra anterior. Todavia, cabe ressaltar que a Companhia espera uma redução de 3,4% na produtividade da primeira safra de milho em curso comparada com a primeira safra de milho em 2021 (CONAB, 2020).

Ainda de acordo com dados da CONAB, a safra de milho 2020/21 terminou com estoque de 8.813,4 toneladas com uma produção máxima de 87.049,9 toneladas, dado esse que pode ser explicado pelo fato da grande quebra de safra por condições climáticas fez com que o total produzido não fosse suficiente para atender a toda demanda e abaixasse os estoques finais do cereal que em 2019/20 era de 10.602,4 toneladas. Entretanto dados computados da safra 2021/22 já mostram uma significativa recuperação, com produção de 117.181,5 toneladas e estoque chegando a 13.397,4 toneladas.

No Rio Grande do Sul, o cenário climático apresentado em dezembro de 2021 foi de déficit hídrico em diversas regiões produtoras. Com isso, a situação das lavouras tem piorado significativamente, especialmente, naquelas áreas onde a cultura já estava em fase reprodutiva, acentuando as eventuais perdas de potencial produtivo pelo carácter crítico que esses estádios fenológicos demonstram (CONAB, 2022).

Devido à grande demanda por alimentos pelo mundo todo, profissionais da área agrícola buscam constantemente tecnologias que possam proporcionar a expressão do máximo potencial

produtivo das culturas e sem que haja aumento de área de cultivo. Agricultura de precisão, engenharia genética, irrigação, tratamento de semente, pulverizações, adubos e fertilizantes são exemplos de manejos e tecnologias responsáveis pelo incremento da produtividade.

Em se tratando de nutrição vegetal, os nutrientes são divididos entre Macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e Micronutrientes (ferro, manganês, zinco, cobre, boro, cloro, molibdênio, sódio e níquel). Dentre eles, o nitrogênio (N) é um dos nutrientes exigidos em maior quantidade durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, em caso de déficit pode ser considerado um fator limitante na produtividade.

A disponibilização do nitrogênio de forma assimilável para as plantas é de grande importância, visto que este é um dos elementos constituintes do DNA, RNA e proteínas vegetais. Para algumas espécies da família *Fabaceae* a obtenção de nitrogênio se dá a partir da fixação biológica por bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (rizóbios), entretanto espécies da família *Poaceae* não possuem essa capacidade e a sua disponibilização deve ser feita na forma de fertilização. Porém, este nutriente está inserido em um contexto complexo no sistema agrícola visto que, em razão do ciclo biogeoquímico, sofre diversas transformações no ecossistema. Assim, o N pode estar sujeito a perdas por imobilização na biomassa microbiana, escoamento superficial, volatilização da amônia, lixiviação de nitrato e emissão de óxido nítrico, via desnitrificação caso não esteja sendo aproveitado pela planta. Diante desses fatos, a busca por alternativas de manejo de adubação que possam minimizar essas perdas e proporcionar um melhor aproveitamento por parte da planta, otimizando assim também a rentabilidade do produtor, é uma constante.

As estratégias de manejo da adubação incluem modos de aplicação do fertilizante (sulco x distribuição a lanço em pós-emergência, parcelamento da dose, uso de fontes nitrogenadas de liberação lenta ou com inibidores de urease e nitrificação) tem sido usadas em diversas propriedades rurais e tem sido alvo de pesquisas em diversas instituições do País, principalmente nos estados maiores produtores de milho. Logo, reunir pesquisas sobre esse tema e compilar seus resultados podem contribuir para o avanço da elucidação dessa temática.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é realizar uma revisão de literatura sobre modos de adubação nitrogenada e o resultado na expressão do máximo potencial produtivo da cultura do milho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO MILHO

Os primeiros registros do cultivo do milho são datados de 7.300 anos em ilhas próximas ao litoral mexicano (golfo do México). Seu nome é de origem indígena caribenha significando “sustento de vida” (SINDMILHO & SOJA., 2005). Pertencente à família Poaceae composta por diversas espécies, sendo o milho uma das principais, cujo nome científico é *Zea mays*. Devido às suas elevadas quantidades e qualidades nutricionais e por conter quase todos os aminoácidos conhecidos, com exceção da lisina e do triptofano, essa planta tem como finalidade de utilização a alimentação humana e animal. (OLIVEIRA DUARTE et al., 2009).

Os principais países produtores em nível mundial são Estados Unidos, China e Brasil, que juntos produziram 64% do 1,11 bilhão de toneladas em 2019/20. A China é o segundo maior consumidor de milho, em grande parte para consumo animal (até 80% do total consumido), mas em virtude da grande produção, é apenas o oitavo importador, já Argentina e Brasil completam os três maiores exportadores mundiais. (DANTAS COÊLHO, 2020) cujo destino principal é o Japão, Irã, Vietnã, Coreia do Sul e Egito.

Os maiores produtores de milho brasileiros são (na ordem): Mato Grosso, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. A produção do Mato Grosso é superior, inclusive, à das demais regiões do País. (DANTAS COÊLHO, 2020). O milho é utilizado na alimentação humana como ingrediente para pratos tradicionais e também em balas e sorvetes. Além disso, é componente de várias aplicações industriais, por suas propriedades de espessante ou colante. Nas últimas décadas, o milho se tornou também uma boa alternativa de biocombustível, além do etanol de cana-de-açúcar. Contudo, o principal uso do milho, até hoje, é para a ração animal, pois é indispensável em fazendas de bovinos para a produção de carne e laticínios. Cerca de dois terços de toda a produção tem essa finalidade. (CANAL AGRO, 2021)

2.1.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS

O milho é uma planta que encontra-se na Classe *Liliopsida*, Ordem *Poales*, Família *Poaceae*, Subfamília *Panicoidae* e Gênero *Zea*. Espécie anual, estival, cespitosa, ereta, com baixo afilamento, monóico-monoclina, classificada no grupo de plantas C-4 (SILVA NUNES, 2020), pode atingir até 4 metros de altura e sua espessura varia entre dois e seis centímetros dependendo a cultivar utilizada. Requer temperaturas em torno de 24 e 30°C com elevada radiação solar e boa disponibilidade hídrica para expressar o seu máximo potencial produtivo.

Os aspectos vegetativos e reprodutivos da planta de milho podem ser modificados através da interação com os fatores ambientais que afetam o controle do desenvolvimento fisiológico do organismo. A duração do período de desenvolvimento de um determinado híbrido é altamente dependente do ambiente, não ao número de dias, visto que a sua taxa de desenvolvimento pode ser modificada por fatores como temperatura, conteúdo de água e fertilidade do solo, radiação solar e fotoperíodo, podendo demonstrar uma inconsistência na questão de dias sendo que a temperatura que é um fator dominante para este processo. (SILVA NUNES, 2020)

O sistema de identificação empregado no desenvolvimento da cultura, proposto por Ritchie, Hanway e Benson (1993), como pode ser visualizada na Figura 1, divide o desenvolvimento da planta em vegetativo (V) e reprodutivo (R). Subdivisões dos estádios vegetativos são designados numericamente como V1, V2, V3 até V(n); em que (n) representa a última folha emitida antes do pendoamento (Vt). O primeiro e o último estádios V são representados, respectivamente, por (VE, emergência) e (Vt, pendoamento).

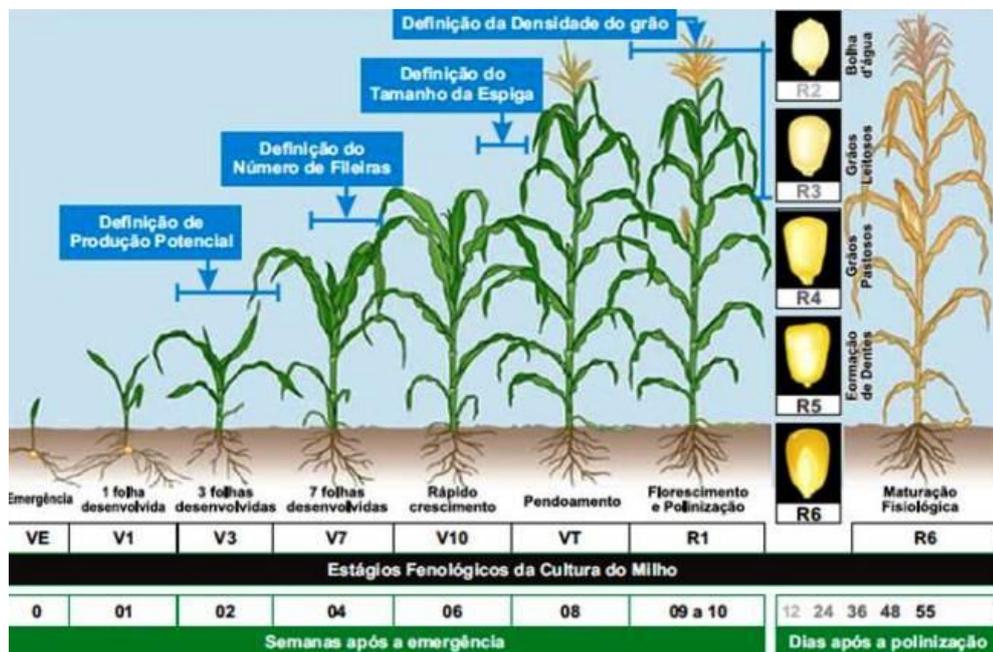


Figura 1: Fases de Desenvolvimento da Cultura do Milho. Adaptado a Francelli (1986) e Iowa State University Extension (1993), citado por Martin Weismann (2007)

Fonte: SILVA NUNES, 2020

O processo de germinação das sementes é desencadeado pela embebição delas por água, devido a diferenças de potencial entre a semente e meio. Após certo nível de embebição, ocorre o estímulo à atividade da giberelina no escutelo, sendo carregado para a camada de aleurona onde ativa enzimas digestivas (amilase) das reservas contidas no endosperma. Após o

desdobramento das substâncias de reserva, notadamente o amido, em compostos menos complexos como frutose, esses são carregados para a região do embrião, onde fornecem energia e substâncias para o seu crescimento (KHAN & WATERS Jr, 1969, apud CASTRO & KLUGE, 1999)

Para uma melhor eficiência desse processo a temperatura do solo recomendada é de 10°C. Com isso, ocorre a formação da radícula e três a quatro raízes adicionais formando o sistema radicular seminal responsável pela absorção de água e nutrientes para a plântula. O milho possui emergência “hipógea”, quando o cotilédone permanece abaixo da superfície, para ocorrer a emergência (VE) o mesocótilo alonga-se empurrando o coleóptilo até a superfície do solo (Figura 2-C). (MAHANNA et al., 2018).

Uma plântula de milho é composta por diversos componentes (Figura 2-B), entre eles podemos listar:

- **Envoltório da Semente (pericarpo):** Composto por 5 a 6% do peso da semente;
- **Endosperma (amido):** 83% do peso da semente, possui uma camada externa de amido rígido e um núcleo de amido maleável;
- **Embrião (germe):** 11% do peso da semente consistindo de uma plúmula (planta embrionária) e o escutelo (cotilédone ou folha de sementes);
- **Coleóptilo:** Bainha de proteção que envolve o ponto de crescimento;
- **Mesocótilo:** Primeiro internódio ou parte do colmo entre o cotilédone e o primeiro nó;
- **Radícula:** Raiz primária;
- **Coleorriza:** Bainha de proteção que envolve a radícula;

Com o crescimento da planta de milho, cada folha sucessiva é empurrada para fora pela força do alongamento do caule e expansão das folhas em sequência desde a emergência da semente até o pendão. A folha é considerada expandida quando o colar fica visível, a partir desse ponto, passa contar no esquema de classificação dos estádios vegetativos de desenvolvimento (Tabela 1) que começam com a emergência (VE) e continuam numericamente com o surgimento de cada folha até a formação do pendão (VT). (MAHANNA et al., 2018).

Estádios Vegetativos		Estádios Reprodutivos	
VE	Emergência	R1	Embonecamento
V1	Primeira Folha	R2	Bolha d'água
V2	Segunda Folha	R3	Leitoso
V3	Terceira Folha	R4	Pastoso
V(n)	Enésima Folha	R5	Dente
VT	Pendoamento	R6	Maturidade

Tabela 1: Estádios Vegetativos e Reprodutivos do Milho

Fonte: MAHANNA, B, 2018

As folhas embrionárias crescem pelo coleóptilo e a primeira folha verdadeira é considerada como V1. Durante os períodos V1 a V5 ocorre o alongamento do colmo (internódio), onde o ponto de crescimento localiza-se abaixo da superfície do solo (Figura 2-D). Inicia-se então uma gema em cada nó a partir da primeira abaixo do solo até folha até a 13^a acima do solo. Raízes permanentes desenvolvem-se cinco nós abaixo da superfície e um na superfície sendo chamada de raiz “adventícias” (Figura 2-E) com função de absorção de água e nutrientes e ancoragem. (MAHANNA et al., 2018).

Magalhães e Durães (2006), afirmam que o ponto de crescimento, que se encontra abaixo da superfície do solo, é bastante afetado pela temperatura do solo nesses estádios iniciais do crescimento vegetativo. Assim, temperaturas baixas podem aumentar o tempo decorrente entre um estágio e outro, alongando, assim, o ciclo da cultura, podendo aumentar o número total de folhas, atrasar a formação do pendão e diminuir a disponibilidade de nutrientes para a planta.

As folhas mais novas possuem uma aba ou “colar” o que caracterizam Estádios Vegetativos (V) possuindo três partes principais: Limbo, Bainha e Colar. No limbo, parte plana da folha ocorre a captação de luz solar para a fotossíntese, a bainha enrola o caule e o colar demarca o limbo e a bainha (Figura 2-A). (MAHANNA et al., 2018).

Suas flores masculinas possuem altura que varia de 15 a 30 centímetros dispostas em panículas terminais, enquanto as flores femininas estão dispostas na forma de espigas axilares com cerca de 20 centímetros de altura. As espiguetas femininas que se inserem aos pares em cada nó do eixo floral, são sésseis e a flor inferior das espiguetas femininas é estéril sendo que o conjunto é envolvido por várias bainhas foliculares imbricadas. (MAGALHÃES & DURÃES, 2006)

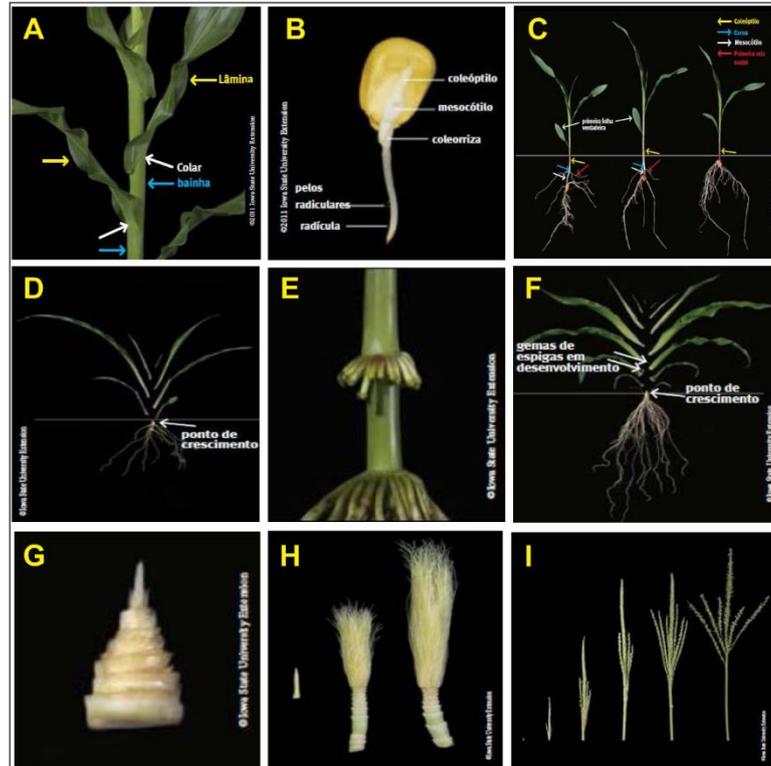


Figura 2: A-Planta de milho mostrando as folhas completamente expandidas com os colares foliares visíveis; B- Plântula do milho germinada; C-Três diferentes variações na profundidade da sementeira mostrando coleótilo, coroa, comprimento do mesocótilo e o posicionamento da primeira raiz nodal; D- Vista dissecada de uma planta em V3; E-Raiz adventícia; F-Vista dissecada de uma planta em V6 mostrando o relacionamento do ponto de crescimento com a superfície do solo e as gemas de milho em desenvolvimento; G-Parte superior do colmo com pendões visíveis, planta em V7. H- cabelos (estilo-estigmas); I-Crescimento do pendão de V7 a VT.

Fonte: MAHANNA, B, 2018

No estágio V6, o ponto de crescimento e pendão estão acima do nível do solo (Figura 2-F) e o colmo está iniciando um período de alongação acelerada. O sistema radicular nodal (fasciculado) está em pleno funcionamento e em crescimento. Nesse estágio, pode ocorrer o aparecimento de eventuais perfilhos, dependendo da cultivar, do estado nutricional da planta, do espaçamento adotado, do ataque de pragas e de alterações bruscas de temperatura (baixa ou alta). (MAGALHÃES et al., 2002).

Próximo a V7 é estabelecido o número de fileiras de grãos ao redor da ráquis, no momento em que os primórdios da espiga e/ou os perfilhos ficam visíveis, bem como o pendão (Figura 2-G). No estágio V8, inicia-se a queda das primeiras folhas e o número de fileiras de grãos é definido, durante esse estágio, constata-se a máxima tolerância ao excesso de chuvas e ao encharcamento, no entanto, encharcamentos por períodos de tempo maior que cinco dias poderão acarretar prejuízos consideráveis e irreversíveis. Estresse hídrico nessa fase pode afetar o comprimento de internódios, provavelmente pela inibição da alongação das células em

desenvolvimento, concorrendo, desse modo, para a diminuição da capacidade de armazenagem de açúcares no colmo, bem como resultar em colmos mais finos, plantas de menor porte e menor área foliar. (MAGALHÃES et al., 2002).

No estágio V9, muitas espigas são facilmente visíveis, se for feita uma dissecação da planta. Todo nó da planta tem potencial para produzir uma espiga, exceto os últimos seis a oito nós abaixo do pendão. Assim, uma planta de milho teria potencial para produzir várias espigas, porém, apenas uma ou duas (caráter prolífico) conseguem completar o crescimento. Próximo ao estágio V10, a planta de milho inicia um rápido e contínuo crescimento, com acumulação de nutrientes e peso seco, os quais continuarão até os estádios reprodutivos, relatam Magalhães e Durães (2006).

Em V12, ocorre o início do desenvolvimento das raízes adventícias (“esporões”) é também é definido o número de óvulos (grãos em potencial) em cada espiga assim como o seu tamanho, quando ocorre perda de duas a quatro folhas basais, a planta também atinge cerca de 85% a 90% da área foliar. As espigas atingem um crescimento tal que suas extremidades já são visíveis no caule em torno do estágio V17, assim como a extremidade do pendão já pode também ser observada. Já em V18 a planta do milho se encontra a uma semana do florescimento e o desenvolvimento da espiga continua em ritmo acelerado. É possível observar que os “cabelos” ou estilos-estigmas dos óvulos basais (Figura 2-H) alongam-se primeiro em relação aos “cabelos” dos óvulos da extremidade da espiga. (MAGALHÃES et al., 2002).

O VT (pendoamento) ocorre quando o último ramo do pendão emerge e se estende para fora (Figura 2-I). A emissão da inflorescência masculina antecede de dois a quatro dias a exposição dos estilos-estigmas, no entanto, 75% das espigas devem apresentar seus estilos-estigmas expostos no período de 10 a 12 dias após o aparecimento do pendão. O desenvolvimento vegetativo agora está completo: a altura máxima da planta foi quase atingida, as células do caule continuam a lignificar, o que melhora a resistência do caule, e a planta faz a transição para o desenvolvimento reprodutivo (R1) (MAHANNA et al., 2018).

Os estádios reprodutivos são caracterizados pelo surgimento de grãos na espiga, porém a identificação do primeiro estágio reprodutivo (R1) é caracterizado pela emergência dos cabelos do milho – embonecamento (Figura 3-A). O início do embonecamento do milho safrinha cultivado no Brasil será com aproximadamente 60 a 65 dias após VE (780 GDs (Graus-Dia)) e atingindo a maturidade com aproximadamente 125 a 130 dias após VE (1.600 GDs). (MAHANNA et al., 2018).

O grão do milho é um fruto denominado cariopse em que o carpo está fundido com o tegumento da semente propriamente dito, cujo tamanho pode variar entre cinco e 10 milímetros,

é grosso e arredondado com coloração esbranquiçada, amarela ou avermelhada tendo o amido como seu principal componente. (MAGALHÃES & DURÃES, 2006)

A polinização ocorre quando o grão de pólen liberado é capturado por um dos estigmas. O grão de pólen, uma vez em contato com o “cabelo”, demora cerca de 24 horas para percorrer o tubo polínico e fertilizar o óvulo. Geralmente o período requerido para todos os estilos-estigmas em uma espiga serem polinizados é de dois a três dias. Os “cabelos” da espiga crescem cerca de 2,5 a 4,0 cm por dia e continuam a se alongar até serem fertilizados (Figura 3-B) Estresse ambiental nessa fase, especialmente no hídrico, causa baixa polinização e baixa granação da espiga, uma vez que, sob seca, tanto os “cabelos” como os grãos de pólen tendem à dessecação. (RITCHIE & HANWAY, 1989 et al apud MAGALHÃES et al., 2002).

O estágio R2 ocorre em 10 a 14 dias após o embonecamento e é conhecido como o estágio de “bolha d’água”. Os grãos em desenvolvimento contêm cerca de 85% de umidade, se assemelham a uma bolha, e o endosperma e o fluido interno são transparentes. Conforme os grãos se expandem, as glumas ao redor ficam menos visíveis (Figura 3-C). (MAHANNA et al., 2018).

Magalhães et al (2002) afirma que a fase R3 é iniciada normalmente 18 a 22 dias após a polinização. O grão apresenta-se com uma aparência amarela e no seu interior um fluido de cor leitosa, o qual representa o início da transformação dos açúcares em amido, contribuindo para o incremento de seu peso seco. Tal incremento ocorre devido à translocação dos fotoassimilados presentes nas folhas e no colmo para a espiga e grãos em formação. O embrião e o endosperma ficam visualmente distintos na dissecação (Figura 3-D). O abortamento do grão relacionado ao estresse ainda é possível nesse momento.

Em torno de 24 a 28 dias após o embonecamento o desenvolvimento do milho chega ao estágio R4, onde o fluido presente no interior dos grãos passa do estado leitoso para uma consistência pastosa (Figura 3-E), enquanto as estruturas embriônicas de dentro dos grãos encontram-se já totalmente diferenciadas. Ainda nesta fase ocorre um ganho de peso por parte do grão pois ocorre uma deposição acentuada de amido no interior da semente. (MAGALHÃES E DURÃES., 2006)

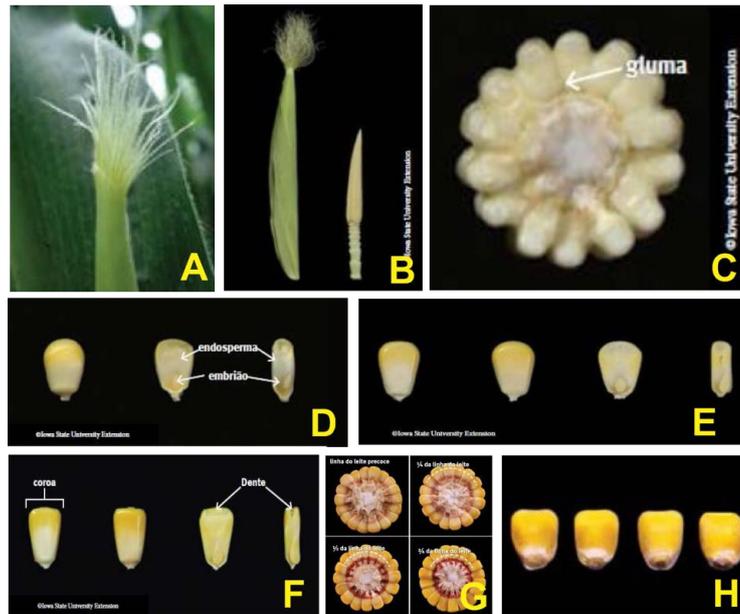


Figura 3: A- cabelos do milho (estigmas) emergem a partir da palha marcando o primeiro estágio reprodutivo (R1); B- Espiga primária em R1, com e sem palha e cabelos; C-Seção transversal da espiga de uma planta em R2 mostrando os grãos e as glumas; D-Grãos de uma planta R3; E-Grãos de uma planta R4; F-Grãos de uma planta em R5; G-Espigas de milho mostrando os estádios da linha do leite. A linha do leite começa na coroa do grão e avança em direção à ponta do grão; H-Avanço da formação da camada de abscisão preta.

Fonte: MAHANNA, B, 2018

O estágio R5 é caracterizado pelo aparecimento de uma concavidade na parte superior do grão (dente) (Figura 3-F), ocorrendo de 35 a 42 dias após o embonecamento. Nessa etapa, os grãos encontram-se em fase de transição do estado pastoso para o farináceo, onde a divisão desses estádios é feita pela chamada linha divisória do amido ou linha do leite (Figura 3-G). Uma “linha do leite” se forma criando uma separação entre o amido duro e macio, na coroa do grão e avança em direção à base, ou ponta do grão, o que normalmente demora cerca de 3 a 4 semanas. O tempo total para esse movimento está relacionado com a temperatura, disponibilidade da umidade e a genética dos híbridos. (MAHANNA et al., 2018)

O estágio R6 (Maturidade Fisiológica) ocorre em 60 a 65 dias após o embonecamento. Os grãos são considerados maduros fisiologicamente nessa fase e atingem uma umidade aproximada de 35% e o máximo peso seco, a linha de leite, ou a camada de amido duro, avançou até a ponta do grão. As células na ponta do grão perdem a sua integridade e rompem causando a formação de uma camada de abscisão marrom a preta, comumente mencionada como “camada preta” (Figura 3-H). Depois que a camada preta se forma, o amido e a umidade não podem mais entrar ou sair do grão, com exceção da perda de umidade através da evaporação. (MAHANNA et al., 2018)

Nesse estágio, além da paralisação total do acúmulo de matéria seca nos grãos, acontece também o início do processo de senescência natural das folhas das plantas, as quais, gradativamente, começam a perder a sua coloração verde característica. O ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita, ou ponto de máxima produção, com 30 a 38% de umidade, podendo variar entre híbridos. No entanto, o grão não está ainda em condições de ser colhido e armazenado com segurança, uma vez que deveria estar com 13 a 15% de umidade, para evitar problemas com a armazenagem. Com cerca de 18 a 25% de umidade, a colheita já pode acontecer, desde que o produto colhido seja submetido a uma secagem artificial antes de ser armazenado. (MAGALHÃES E DURÃES, 2006).

2.2 NITROGÊNIO

O Nitrogênio (N) é o elemento químico cujo número atômico é 7, com número de massa atômica 14 (7 prótons e 7 nêutrons). Formador de cerca de 78% da atmosfera terrestre onde é encontrado na forma biatômica (N_2). Na sua forma iônica pode ser encontrado também como amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), assim como em diversas estruturas orgânicas formadoras de aminoácidos essenciais para a obtenção de proteínas e também nucleotídeos formadores de DNA e RNA (FARIA VIEIRA, 2017).

O N é o principal macronutriente para as plantas pois é fundamental no metabolismo vegetal, participando diretamente na biossíntese de proteínas e clorofilas, sendo um dos nutrientes que apresenta os efeitos mais significativos no aumento da produtividade da cultura do milho, ou seja, seu suprimento inadequado é um dos principais fatores limitantes da produção de grãos (FARIA VIEIRA, 2017).

2.2.1 NITROGÊNIO NO SOLO

A atmosfera terrestre é a fonte principal de N através do gás N_2 , entretanto o mesmo deve ser fixado ou combinado com outros elementos para a utilização biológica, ou seja, absorção e assimilação pelas plantas. Algumas rochas também podem ser fontes de N como é o caso do Salitre do Chile ($NaNO_3$), que podem ser encontrados no Chile, Bolívia e Peru, e a rocha Salitre Bengala (KNO_3), encontrados no deserto da Índia, Pérsia e Egito. (FARIA VIEIRA., 2017)

A fixação de Nitrogênio é um processo natural ou artificial, onde ocorre a transformação do gás N_2 em moléculas assimiláveis pelas culturas agrícolas. Esse processo pode ocorrer de

três formas: Fixação biológica, realizada por microorganismos altamente específicos como é o caso de bactérias, cianobactérias e actinomicetos; Fixação Natural, por meio de tempestade de raios; Fixação Industrial, produção de fertilizantes químicos assimiláveis

O processo de fixação Biológica pode ocorrer com bactérias de vida livre ou associada a raízes das plantas formando nesse caso uma simbiose. Especialmente, em plantas leguminosas, bactérias do gênero *Rhizobium* fixam-se nas raízes e capturam o N atmosférico criando moléculas assimiláveis pelas plantas. As plantas, por sua vez, fornecem às bactérias compostos orgânicos oriundos do processo de fotossíntese. Normalmente já existe a presença desses microorganismos no solo, entretanto é comum a inoculação dos mesmos proporcionando uma aumento na sua população que resultara em um aumento de N disponível para as plantas. (PENNA NETO, 2019).

Na fixação natural ocorre a quebra da molécula de N₂ da atmosfera por meio da energia liberada por tempestade de raios, transformando essa molécula de ligação tripla em molécula de amônio podendo ser absorvida pelas plantas. (PENNA NETO, 2019).

A fixação industrial se trata da criação artificial de moléculas orgânicas e fabricação de fertilizantes nitrogenados de alta concentração e de fácil assimilação pelas plantas, como é o caso da Ureia (45% de N), sulfato de amônio (21% de N 24% de S), nitrato de cálcio (15% de N e 19% de Ca), em ter outros disponíveis no mercado. (PENNA NETO, 2019).

A disponibilidade de N no sistema agrícola é um pouco complexa, visto que depende de ciclos químicos e biológicos que transformam o N até a sua forma de absorção pelas plantas, que pode ser tanto o amônio (NH₄⁺) quanto o nitrato (NO₃⁻). Dentre esses processos podemos citar a amonização que ocorre a partir da decomposição de materiais orgânicos mortos, onde bactérias decompositoras liberam a amônia (NH₃) no ambiente durante a sua atuação, essa amônia combinada com a água forma o hidróxido de amônio que se ioniza e produz o amônio (NH₄⁺) desejado para a absorção pelas plantas. (SANTOS, 2019).

A Nitrificação é o processo pelo qual ocorre a oxidação da amônia (NH₃) em nitrito (NO₂⁻) pelas bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrosococcus*, na sequência as bactérias do gênero *Nitrobacter* convertem nitrito (NO₂⁻) em nitrato (NO₃⁻) que será assimilado pelas plantas, ou seja, dentro do processo de nitrificação ocorrem duas etapas onde a primeira é chamada nitrosação e a segunda nitrificação. Já o processo de desnitrificação que não é desejado pelas plantas, ocorre a devolução do nitrogênio para a atmosfera através de bactérias que convertem o nitrato novamente em gás nitrogênio. (SANTOS, 2019).

Além da desnitrificação, o N do retido no solo pode ser perdido por outros processos como a erosão do solo causado pelo impacto das gotas de chuva e posterior escoamento

superficial dessa água; pela lixiviação que é o processo pelo qual o nutriente é solubilizado e se perde por movimentos descendentes no solo; por remoção pelas colheitas e também via volatilização da amônia.

2.2.2 FUNÇÃO DO NITROGÊNIO NAS PLANTAS

A quantidade de nitrogênio extraído pela cultura do milho para a produção de grãos ou de silagem podem ser visualizadas na Tabela 2. Pode-se perceber que é o nutriente mais demandado pela cultura, pois exerce diversas funções nas plantas, como ser o constituinte de aminoácidos livres e proteicos, está presente nas bases nitrogenadas (pirimidinas e purinas), ácidos nucleicos (DNA e RNA). Nas folhas está presente nos cloroplastos e sendo um dos constituintes da molécula de clorofila, onde cada átomo de magnésio (Mg) está ligado a quatro átomos de nitrogênio (N) dando a coloração verde característica das plantas além de participar também da síntese de vitaminas, hormônios, coenzimas, alcalóides, hexosaminas entre outros compostos (MELLO PRADO, 2004).

De forma geral, o N é um nutriente que está relacionado ao mais importantes processos fisiológicos que ocorrem na planta durante o seu desenvolvimento, tais como a fotossíntese, respiração, desenvolvimento e atividade de raízes, absorção iônica de outros nutrientes crescimento, diferenciação celular e genética.

Tabela 2: Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem, em diferentes níveis de produtividades

Fonte: COELHO, 2009

Tipo de exploração	Produtividade	Nutrientes extraídos ¹				
		N	P	K	Ca	Mg
	t/ha	kg/ha				
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	7	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

2.2.3 DEFICIÊNCIA DO NITROGÊNIO NAS PLANTAS

Plantas saudáveis, bem nutridas com N apresentam suas folhas com coloração verde escura característica em função dos altos teores de clorofila presente assim como um bom crescimento e desenvolvimento, entretanto níveis baixos de N causam uma diminuição nos teores de clorofila e conseqüentemente clorose nas folhas (SIQUEIRA DOS SANTOS, 2020) (Figura 4-A).

Os principais sintomas são visualizados primeiramente nas folhas mais velhas podendo se estender às folhas jovens dependendo da severidade da deficiência. Outros sintomas como menor perfilhamento em gramíneas, baixa quantidade de folhas, maior suscetibilidade a estresses decorrentes de ataque de pragas e insetos e diminuição da estatura da planta são comuns de serem notados em plantas deficientes em nitrogênio. (SIQUEIRA DOS SANTOS., 2020)

A falta de N no período crítico da cultura (estádio reprodutivo) irá resultar em espigas pequenas, grãos com baixos teores de proteínas e grãos mal formados na extremidade da espiga. (Figura 4-B) (MIETH, 2020).



Figura 4: A- Clorose na folha de milho pela falta de N; B- Deficiência no enchimento de grãos e formação da espiga em decorrência da falta de N;
 Fonte: MIETH, 2020

Como o nitrogênio é um nutriente muito importante no desenvolvimento da cultura do milho e a fixação biológica de nitrogênio não é capaz de suprir, a adubação nitrogenada mineral é fundamental pois dela depende a produtividade da cultura. Logo, o manejo da adubação nitrogenada deve ser para que essa seja a mais eficiente possível, visto que diversas são as perdas que o nutriente pode sofrer no sistema solo-atmosfera.

2.2.4 FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO PARA AS PLANTAS

A dose de aplicação de N é muito importante no manejo dos fertilizantes tanto no ponto de vista econômico quanto ambiental, pois existem diversos fatores a ser considerados durante o planejamento como é exemplo da necessidade de cobertura no solo, o sistema de rotação de culturas que visam entre outros benefícios buscar a sustentabilidade desse sistema, tipo de solo, clima, época de semeadura, fonte de N entre outros fatores (COELHO et al, 2009). Algumas informações são necessárias para um planejamento mais otimizado de adubação como o potencial de mineralização do N no solo, a quantidade de N imobilizada ou mineralizada pela cultura antecessora que normalmente são de cobertura e a quantidade de N exigido pela cultura para atingir a produtividade projetada.

A matéria orgânica do solo (MOS) é a principal fonte de nitrogênio orgânico para as plantas. Além disso, a matéria orgânica correlaciona-se com a biomassa microbiana, reguladora do ciclo biogeoquímico do nitrogênio.

Para a recomendação de adubação nitrogenada às culturas, o Manual de Calagem e Adubação para os solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016) considera

o teor de matéria orgânica do solo, a cultura antecessora e a expectativa de rendimento de grãos, em t/ha. Na Tabela 3 consta os dados especificadamente da cultura do milho.

Tabela 3: Recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho

Fonte: MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM (2016)

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica do solo	Nitrogênio (Semeadura + Cobertura)		
	Cultura antecedente ⁽¹⁾		
	Leguminosa	Consortiação ou pousio	Gramínea
%kg de N/ha		
≤ 2,5	70	80	90
2,6 - 5,0	50	60	70
> 5,0	≤ 40	≤ 40	≤ 50

⁽¹⁾ As quantidades indicadas são para a produção média de massa seca da cultura antecedente. Se a massa seca da leguminosa for alta (> 3 t/ha), pode-se diminuir a quantidade de N em até 20 kg/ha. Se a massa seca do nabo ou do consórcio gramínea-leguminosa for baixa (≤ 4 t/ha), pode-se aumentar a quantidade de N em até 20 kg/ha. Se a massa seca da gramínea for alta (> 4 t/ha), pode-se aumentar a quantidade de N em 20 a 40 kg/ha, conforme a produção de biomassa da cultura antecedente. Para expectativa de rendimento de milho maior que 6 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

As recomendações constantes no Manual (CQFS-RS/SC, 2016) incluem os manejos a serem adotados em distintos sistemas de cultivo. No sistema de cultivo convencional, sugere-se aplicar entre 10 e 30 kg/ha na semeadura, dependendo da expectativa de rendimento, e o restante em cobertura a lanço ou no sulco, quando as plantas estão no estágio fenológico V4 a V6 (em geral, com 40 a 60 cm de altura). Em condições de chuvas intensas ou se a dose de N for elevada, pode-se fracionar a aplicação em cobertura em duas partes, com intervalos de 15 a 30 dias (CQFS-RS/SC et al, 2016, p. 126). No sistema plantio direto, sugere-se aplicar entre 20 e 40 kg de N/ha na semeadura, quando o cultivo for em área com resíduos de gramíneas; e entre 10 e 20 kg de N/ha quando o cultivo for em área com resíduo de leguminosas. Bons resultados têm sido obtidos com a antecipação da adubação nitrogenada em cobertura (estádios fenológicos V3 a V5) em lavouras de milho no sistema plantio direto, especialmente nos primeiros anos de implantação do sistema em solos com baixa disponibilidade de N. O fracionamento da aplicação de N em cobertura é preconizado quando a dose é elevada. Pode-se aplicar 50% da dose quando as plantas estão no estágio fenológico V4 a V6 e os 50% restantes no estágio V8 a V9. A incorporação de N em cobertura em relação a aplicação a lanço, aumenta o rendimento em aproximadamente 5%. (CQFS-RS/SC et al, 2016, p. 127)

A partir dessas informações da dose N em Kg/ha e da forma de aplicação do mesmo (no sulco e a lanço) posteriormente deve-se fazer a escolha do fertilizante que será utilizado, podendo esse ser mineral ou orgânico.

2.2.5 FERTILIZANTES MINERAIS NITROGENADOS

Atualmente com o conflito entre Rússia e Ucrânia, os preços dos fertilizantes sofreram elevações. Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) a média da ureia ficou em US\$ 642 por tonelada no Porto de Paranaguá (PR), quase US\$ 50 a mais, a alta foi de quase 6%. O Brasil importa 85% dos fertilizantes que usa, sendo do território russo a procedência de 20% dos nitrogenados. (AGROLINK, 2022). A partir dessas informações fica evidente que a tendência do custo do N para a produção brasileira aumentará cada vez mais e com isso faz se necessário a adoção de práticas de manejo mais eficientes afim de tirar o melhor proveito do nutriente para atingir altas produtividades com menor desperdício possível.

Em geral, os fertilizantes minerais são sais inorgânicos solúveis e a sua eficiência agrônômica depende da sua solubilidade e das reações químicas com o solo.

As principais fontes de N são a ureia, o nitrato de amônio e o sulfato de Amônio (Tabela 4). A ureia, quando aplicada em superfície, pode apresentar perdas importantes por volatilização de N, reduzindo sua eficiência. Uma forma de reduzir essas perdas é recobrir ou incorporar à ureia aditivos, como por exemplo, inibidores de urease e de nitrificação ou recobrimento dos grânulos em coberturas físicas proporcionando menor solubilidade. Esses processos conferem uma estabilidade temporária ao produto. É importante ter a informação da garantia do fornecedor do tempo em que a fonte de N com aditivo pode ser armazenada, pois há perda de eficiência da proteção à volatilização conforme o período de fabricação e o uso no campo. O nitrato de amônio e o sulfato de amônio não tem perdas significativas de N por volatilização em solos ácidos, que é uma condições normal do RS e SC, no entanto, são as fontes nitrogenadas menos comuns (CQFS-RS/SC et al, 2016, p. 303).

Tabela 4: Teores mínimos dos principais fertilizantes nitrogenados
Fonte: MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM (2016)

Fertilizantes	Garantia mínima	Observações
Nitrogenados		
Uréia	45% de N	
Sulfato de amônio	20% de N	22 a 24% de S
Nitrato de amônio	32% de N	
Nitrato de cálcio	14% de N	16 a 19% de Ca

2.2.6 FERTILIZANTES ORGÂNICOS NITROGENADOS

Em se tratando de fertilizantes orgânicos podem ser utilizados diversos materiais como os esterco e dejetos de animais, resíduos culturais, adubos verdes, assim como os lodos de

esgoto, lixo urbanos e de agroindústrias podem ser utilizados desde que atenda as normas de segurança sanitária, ambiental e legislação específica prezando pela qualidade do solo.

A concentração de nutrientes dos adubos orgânicos é geralmente baixa, o que implica em utilizar doses maiores do que aqueles dos fertilizantes minerais para suprir a mesma quantidade de nutrientes. Além disso, parte dos nutrientes está contida na forma de compostos orgânicos, os quais necessitam ser mineralizados no solo para se tornarem disponíveis às plantas. Assim, a taxa de mineralização desta fração orgânica irá determinar a eficiência agrônômica em comparação aos fertilizantes minerais. (CQFS-RS/SC et al, 2016, p. 317)

Os teores de matéria seca, carbono e de macro e micronutrientes dos adubos orgânicos podem apresentar grande variabilidade, dependendo da origem do material. Para os adubos orgânicos de origem animal, denominados de esterco quando na forma sólida ou pastosa, ou de dejetos quando na forma líquida, a sua composição depende da espécie animal e alimentação utilizada, proporção entre fezes e urinas nos dejetos, material utilizado para cama, sistemas empregados para manejo e/ou tratamento dos dejetos, além do desperdício de água nas granjas ou entrada de água nas estruturas de armazenamento dos dejetos. (CQFS-RS/SC et al, 2016, p. 318)

Na Tabela 5 encontram-se os valores de Nitrogênio total e outros macronutrientes assim como a matéria seca dos principais adubos orgânicos encontrados de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Tabela 5: Teores de Nitrogênio, nutrientes e matéria seca de alguns adubos orgânicos
Fonte: MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM (2016)

Adubo Orgânico	C-Org.	Ntotal ⁽²⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Mat. Seca
.....%(m/m).....							
Cama de frango (3 e 4 lotes) ⁽³⁾	30	3,2	3,5	2,5	4,0	0,8	75
Cama de frango (5 e 6 lotes)	28	3,5	3,8	3,0	4,2	0,9	75
Cama de frango (7 e 8 lotes)	25	3,8	4,0	3,5	4,5	1,0	75
Cama de peru (2 lotes)	23	5,0	4,0	4,0	3,7	0,8	75
Cama de poedeira	30	1,6	4,9	1,9	14,4	0,9	72
Cama sobreposta de suínos	18	1,5	2,6	1,8	3,6	0,8	40
Composto de dejetos de suínos	42	1,6	2,5	2,3	2,1	0,6	40
Esterco sólido de suínos	20	2,1	2,8	2,9	2,8	0,8	25
Esterco sólido de bovinos	30	1,5	1,4	1,5	0,8	0,5	20
Vermicomposto	17	1,5	1,3	1,7	1,4	0,5	50
Lodo de esgoto	30	3,2	3,7	0,5	3,2	1,2	5
Composto de lixo urbano	12	1,2	0,6	0,4	2,1	0,2	70
Cinza de casca de arroz	10	0,3	0,5	0,7	0,3	0,1	70
.....kg/m ³ %							
Dejeto líquido de suínos	9	2,8	2,4	1,5	2,0	0,8	3
Dejeto líquido de bovinos	13	1,4	0,8	1,4	1,2	0,4	4

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dessa pesquisa, que caracteriza-se como uma revisão bibliográfica, foi utilizada a plataforma Google Acadêmico que reúne diversas plataformas de publicação de artigos científicos, com acesso gratuito. A busca foi composta pelas palavras-chaves “nitrogênio+milho+rendimento de grãos+doses” onde o critério de seleção dos manuscritos foi que seu desenvolvimento tenha ocorrido no Brasil, com limite de ano de publicação a partir de 2010, com preferência de escolha para artigos publicados mais recentemente. Do total de materiais encontrados, 20 deles foram esmiuçados, sendo lidos, fichados e seus dados reorganizados.

Assim, foram confeccionadas tabelas e gráficos que reúnem e resumizam os principais resultados, como: a) doses de nitrogênio b) forma de aplicação c) tipo de fertilizante utilizado d) região do país que foi feito o experimento e) Tipo de Solo f) Clima da região. Também foi confeccionada uma tabela com o título do trabalho pesquisado, autor, data de publicação, onde foi publicado o artigo e qual a Instituição de Pesquisa do referente trabalho. Foram compilados ainda, os principais apontamentos do ponto de vista positivo e negativo sobre a dose de nitrogênio utilizada e a sua forma de aplicação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos diversos artigos encontrados na busca através da plataforma Google Acadêmico, foram selecionados 20 publicações para a leitura e análise, onde todos deveriam ser realizados no Brasil e apresentassem dados significativos sobre a utilização de algum fertilizante nitrogenado na cultura do Milho, sendo ele distribuído tanto no sulco no momento da semeadura ou a lanço em pós emergência, a dose utilizada e os seus efeitos no quesito produtividade da cultura ao final do experimento.

Os artigos selecionados, juntamente com descrições de autor, local de publicação, ano de publicação e Instituição de Pesquisa, estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 6: Título dos artigos, autores, local de publicação, ano de publicação e Instituição de Pesquisa onde foram realizados os experimentos.

Fonte: SANTOS (2022)

Título	Autores	Local de publicação	Ano de publicação	Instituição de Pesquisa
---------------	----------------	----------------------------	--------------------------	--------------------------------

Doses de nitrogênio para cultivares de milho irrigado	Antonio Pizolato Neto et al.	Revistas Eletrônicas da Fundação Educacional Ituverava	2016	IFTM
Produtividade de milho e retorno econômico em sistema integrado de produção com doses de nitrogênio	Marcos Renan Besen et. al	Revista de Ciências Agroveterinárias	2020	UDESC
Crescimento e produtividade de milho sob influência de parcelamento e doses de nitrogênio	Josely Dantas Fernandes et al.	Revista ESPACIOS	2017	CCAA/UEP B
Doses de nitrogênio em cobertura no milho	Geovana Borges de Lima et al.	Revista Cultivando o Saber	2019	FAG
Doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no milho segunda safra cultivado em Latossolo Vermelho	Vinicios Nathaniel Mauri et al.	Revista Cultivando o Saber	2020	PUCPR
Eficiência Agronômica da Cultura do Milho Sob Diferentes Fontes de Nitrogênio em Cobertura	Fabio Junior Rodrigues et al.	Uniciências	2018	UNOESC
Métodos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em solo de cerrado	Evandro Marcos Biesdorf, et al.	Revista de Agricultura Neotropical	2015	UFV
Doses de nitrogênio em cobertura no milho de segunda safra em Nova Mutum –MT	Hugo Raasch et al.	Revista Cultivando o Saber	2016	Fazenda Ipiranga
Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados	Rogério Farinelli et al.	Pesq. Agropec. Trop	2012	UNESP
Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio Na adubação da cultura do milho (zea mays L.)	André Martins de Queiroz et al.	Revista Brasileira de Milho e Sorgo	2011	Fazenda Mata dos Fernandes
Doses e fontes alternativas de nitrogênio no Milho sob plantio direto em solo arenoso	Rogério Peres Soratto et al.	Ciênc. agrotec	2011	UEMS
Manejo do nitrogênio em cobertura na Cultura do milho em sistema plantio direto	Claudinei Kappes et al.	Revista Brasileira de Milho e Sorgo	2014	UNESP

Estratégias de aplicação e doses de nitrogênio para o milho cultivado em solo argiloso	João Victor Silva Bernardes, et al.	Revista de Ciências Agrárias	2020	IFTM
Características agronômicas e avaliação econômica do milho sob doses de nitrogênio na forma de ureia comum e peletizada	Jônatas Barros dos Santo et al.	Revista Agri-Environmental Sciences,	2020	UNEB
Produtividade e eficiência agronômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo	Rogério farinelli et al.	Revista Brasileira de Milho e Sorgo	2010	UNESP
Características agronômicas do milho submetido a fontes e parcelamento de nitrogênio em cobertura	M.G.T.Portela et al.	BIOENG	2016	UFPI
Sistema de cultivo e doses de nitrogênio na sanidade e no rendimento do milho	João Américo Wordell Filho et al.	Ciência Rural	2013	-
Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto	Francisco de Brito Melo et al.	Revista Ciência Agronômica	2011	UFC
Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja	Rogério Peres Soratto et al.	Revista Ciência Agronômica	2010	UFC
Produtividade de milho safrinha sob doses crescentes de Nitrogênio aplicado na semeadura	Rogério Nunes Gonçalves et al.	Associação Brasileira de Milho e Sorgo	2013	Embrapa / UFGD

A partir da leitura dos artigos mencionado na tabela acima, foram colhidos alguns dados importantes que serão apresentados na forma de gráficos e tabelas a seguir.

Ao agrupar os manuscritos por região, percebe-se que a região Centro-Oeste do Brasil é a que mais apresentam material referente a esta temática, com 30%. Dado que pode ser explicado pelo fato dessa região possuir clima tropical e subtropical, o que favorece o desenvolvimento da cultura do milho, que além do nitrogênio é muito exigente em regularidades hídricas e de temperaturas.

Goiás (GO), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS) e o Distrito Federal (DF) são os estados que compreendem a região Centro-Oeste do Brasil, onde atualmente é a principal região produtora de milho, com aproximadamente 49,8% da área plantada, o que representa 55,3% da produção do cereal no país, sendo o seu cultivo realizado majoritariamente durante o

período da safrinha pós-colheita de soja, (KARAM, 2021), onde a região atingiu a marca de 51 milhões de toneladas, sendo que o Mato Grosso é o maior estado produtor no ranking brasileiro com 30,3 milhões de toneladas, seguido pelo Paraná e Mato Grosso do Sul. (CONAB, 2019)

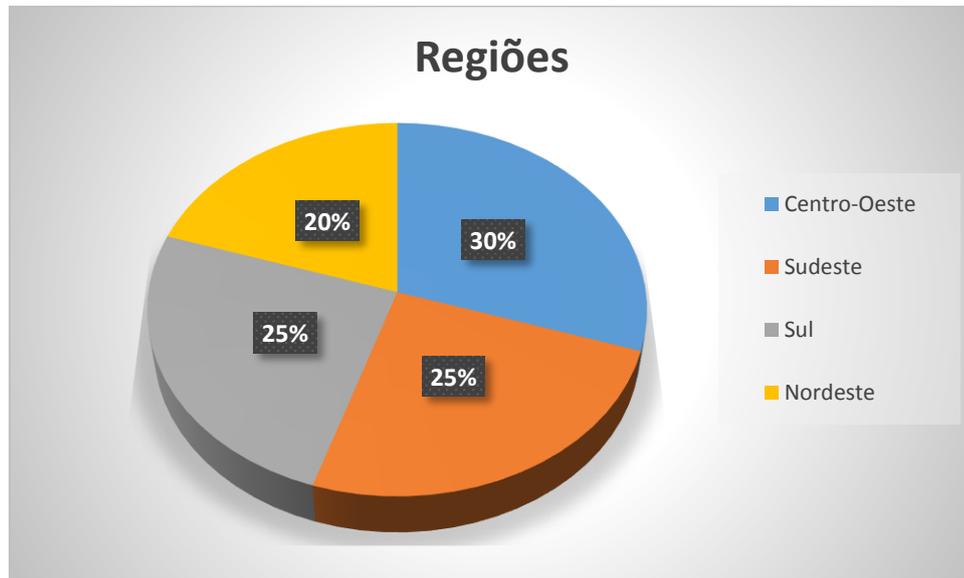


Gráfico 1: Regiões do Brasil onde os trabalhos foram realizados
Fonte: SANTOS (2022)

Além dos dados das regiões brasileiras, pode-se analisar os tipos de solo em que os experimentos foram realizados conforme Gráfico 2.

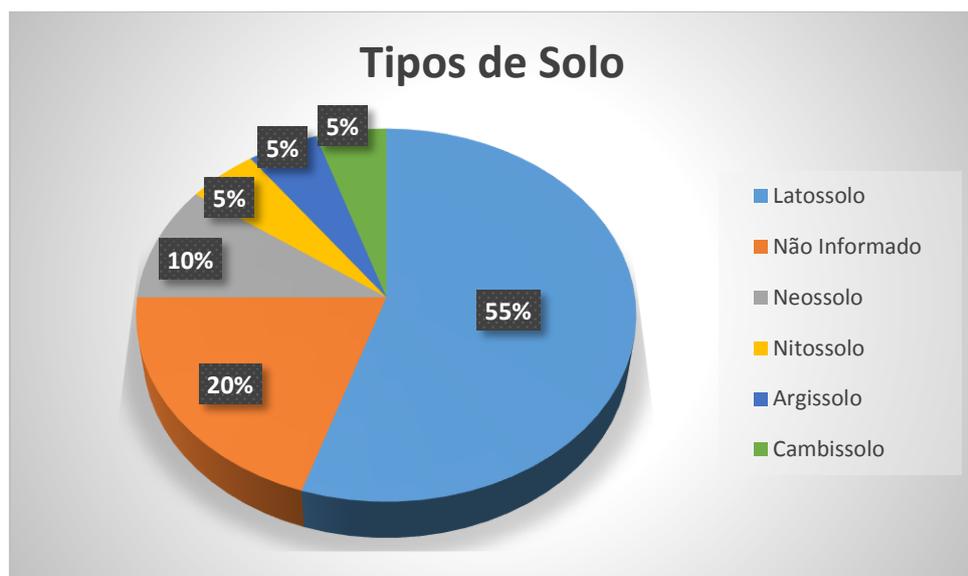


Gráfico 2: Tipos de solo em que foram realizados os experimentos
Fonte: SANTOS (2022)

A partir da visualização do gráfico, percebe-se que a vultuosa maioria dos trabalhos foram realizados sobre solos da ordem dos Latossolos. Este é um dos solos mais abundantes no Brasil, ocupando cerca de 39% da sua área total e distribuído por praticamente todo o território nacional, como poder ser confirmado pela Figura 5. Os Latossolos são solos minerais reconhecido facilmente pela sua cor quase homogênea e muito profundos, bem drenados. De acordo com a EMBRAPA (2014), os latossolos são muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados normalmente por sua baixa a média capacidade de troca de cátions. Mais de 95% dos latossolos são distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5 e teores de fósforo disponível extremamente baixos, quase sempre inferiores a 1 mg/dm³. Em geral, são solos com grandes problemas naturais de fertilidade. No entanto, esses solos apresentam boas características físicas e foram incorporados ao sistema produtivo graças à correção da acidez e da fertilização.

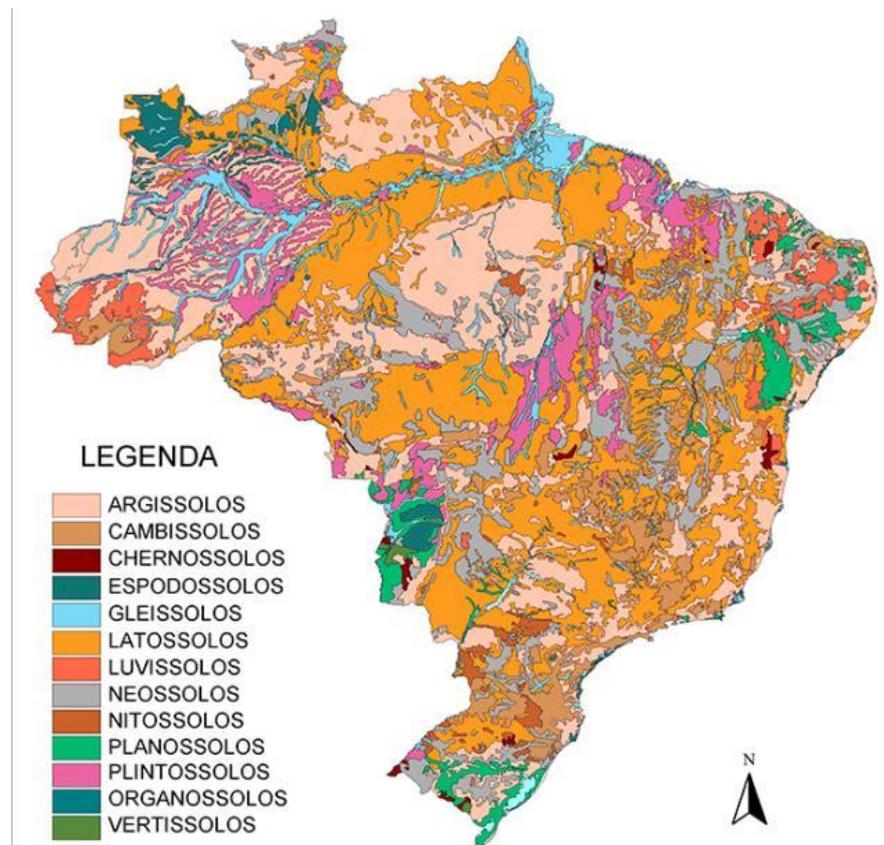


Figura 5: Mapeamento digital dos tipos de solo encontrados no Brasil
Fonte: EMBRAPA (2014)

A escolha de fertilizantes adequados constitui aspecto muito importante na administração de uma propriedade agrícola. A opção por produtos menos eficientes pode

umentar o custo de produção ou determinar o insucesso da lavoura (SILVA et al, 2016, p. 303).

Ao separar os dados dos manuscritos tendo como critério o de tipo de fertilizante utilizado nos tratamentos dos experimentos, pode-se observar no gráfico 3, que a fonte de nitrogênio baseada em ureia (45%N) foi a mais utilizada, presente em cerca de 55% dos tratamentos.

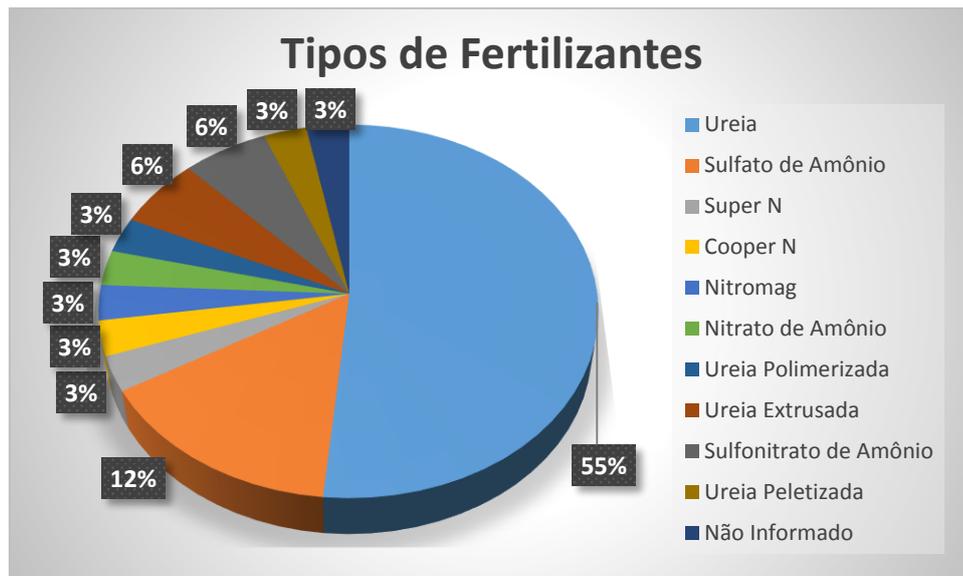


Gráfico 3: Tipos de fertilizantes nitrogenados utilizados nos artigos pesquisados

Fonte: SANTOS (2022)

A ureia é produzida comercialmente a partir de amônia e dióxido de carbono. A reação ocorre em fase líquida a altas pressões e temperaturas. Os processos de produção de ureia são todos semelhantes, diferenciando-se pelas condições nas quais a formação de ureia ocorre e na forma como os reagentes não convertidos são processados posteriormente. A amônia e o dióxido de carbono, utilizados como matéria-prima na produção de ureia, são obtidos em uma mesma unidade de produção, a partir de hidrocarbonetos leves, hidrocarbonetos pesados ou a partir da gaseificação de carvão. A matéria-prima mais comumente utilizada para a produção é o gás natural (FRANCO et al, 2007, p. 145).

O fato desse fertilizante ser utilizado com maior frequência pode estar associado ao seu alto teor de N, proporcionando baixo custo de transporte e estocagem por unidade de N contido. O produto pode ser utilizado na forma de pérolas, grânulos ou como fertilizantes líquidos, sendo comercializado como elemento simples ou em misturas (FRANCO et al, 2007, p. 145).

Já o Sulfato de Amônio encontrado em 12% dos tratamentos, possui cerca de 20% de N além de 22 a 24% de S. Sua produção é originária do processo de produção de caprolactama,

de metacrilato de metila ou mesmo de processos metalúrgicos ou outros de recuperação de gases sulfurosos, sendo este utilizado com maior frequência em solos carentes de S, porém é um produto muito vulnerável a perdas por volatilização e seu uso em excesso pode acarretar em problemas de acidificação do solo resultando em necessidade de correção posterior (FRANCO et al, 2007, p. 135).

Na tabela abaixo (Tabela 7) estão compilados os títulos dos artigos escolhidos, tipo de solo e clima da região, qual foi o fertilizante, a dose e a forma de aplicação do mesmo para a elaboração desse trabalho.

Tabela 7: Título dos artigos, clima, tipo de fertilizante, forma de aplicação
Fonte: SANTOS (2022)

Título	Solo	Clima	Tipo de Fertilizante	Dose de N (Kg/ha)	Forma de Aplicação
Doses de nitrogênio para cultivares de milho irrigado	Não Informado	Tropical	Ureia	35; 70, 105 e 140	Lanço, 4-6 folhas e 8-10 folhas
Produtividade de milho e retorno econômico em sistema integrado de produção com doses de nitrogênio	Cambissolo	Temperado	Ureia	0; 40; 80 e 120	Lanço, 1/3 em VE e o restante V4.
Crescimento e produtividade de milho sob influência de parcelamento e doses de nitrogênio	Neossolo	Não Informado	Ureia	47,8; 95,6; 143,4; 191,2 e 239,1	Sulco e lanço. 1- Total sulco, 2- ½ sulco e ½ 15 DAE, 3- 1/3 sulco, 1/3 15 DAE e 1/3 30 DAE
Doses de nitrogênio em cobertura no milho	Latossolo	Subtropical	Ureia	0; 100; 200 e 300	Lanço, aplicada em toda a área no estágio V5
Doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no milho segunda safra cultivado em Latossolo Vermelho	Latossolo	Subtropical	Sulfato de Amônio	0; 40; 80, 120 e 160	Lanço, aplicado quando a cultura estava no estágio vegetativo V4
Eficiência Agronômica da Cultura do Milho Sob Diferentes Fontes de Nitrogênio em Cobertura	Latossolo	Subtropical	Ureia, Super N, Cooper N, Nitromag,	124	Lanço, aplicação em V4, e a segunda em V8
Métodos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em solo de cerrado	Latossolo	Tropical	Ureia	140	Lanço em área total, localizada na linha de plantio e incorporada ao solo
Doses de nitrogênio em cobertura no milho de segunda safra em Nova Mutum –MT	Latossolo	Não Informado	Ureia	0; 30; 60; 90 e 120	Lanço, entre os estágios fenológicos de V4 –V5

Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados	Nitossolo	Subtropical	Ureia	0; 40; 80 e 160	Lanço, no estágio V6
Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio Na adubação da cultura do milho (zea mays l.)	Não Informado	Não Informado	Ureia, nitrato de amônio e ureia polimerizada	0; 40; 80; 120 e 160	Lanço
Doses e fontes alternativas de nitrogênio no Milho sob plantio direto em solo arenoso	Neossolo	Não Informado	Ureia, ureia extrusada, sulfonitrato de amônio	0; 45; 90 e 180	Lanço, aplicado quando as plantas apresentavam quatro e seis folhas expandidas.
Manejo do nitrogênio em cobertura na Cultura do milho em sistema plantio direto	Latossolo	Tropical	Ureia e Sulfato de Amônio	0; 50; 100 e 150	Lanço
Estratégias de aplicação e doses de nitrogênio para o milho cultivado em solo argiloso	Latossolo	Tropical	Ureia	0; 50; 100; 150 e 200	Pré-semeadura e lanço, 15 dias antes da semeadura e quando as plantas apresentavam 4 - 5 folhas completamente expandidas
Características agrônomicas e avaliação econômica do milho sob doses de nitrogênio na forma de ureia comum e peletizada	Latossolo	Tropical	Ureia Comum, Ureia Peletizada	75; 100 e 125	Lanço, primeira aplicada no estágio V6, e a segunda, aplicada em V8 a V10
Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo	Não Informado	Subtropical	Ureia	0; 40; 80; 120 e 160	Lanço, estágio vegetativo V6
Características agrônomicas do milho submetido a fontes e parcelamento de nitrogênio em cobertura	Argissolo	Tropical	Sulfato de amônio e ureia	0; 15 e 40; 15 - 30 e 45; 10 - 20 - 30 e 40; 10 - 20 - 30 - 40 e 50	Lanço
Sistema de cultivo e doses de nitrogênio na sanidade e no rendimento do milho	Não Informado	Não Informado	Ureia	0; 75; 140; 215 e 290	Lanço
Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto	Latossolo	Tropical	Ureia	0; 50; 100; 150 e 200	Metade da dose na linha e metade a lanço
Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja	Latossolo	Não Informado	Ureia, sulfato de amônio, ureia extrusada, sulfonitrato de amônio	0; 30; 60 e 120	Lanço
Produtividade de milho safrinha sob doses crescentes de Nitrogênio aplicado na semeadura	Latossolo	Tropical	Não Informado	0; 22,5; 67,5; 90; 112 e 135	Sulco

A partir da visualização da tabela acima, é evidente que na maioria das publicações o nitrogênio foi aplicado a lanço. A adubação a lanço consiste na aplicação total ou parcial dos fertilizantes de maneira antecipada à semeadura, podendo em alguns casos ser feita após o plantio, possibilita a preparação do solo com antecedência para receber as sementes, além de permitir a aplicação de cobertura para fornecer os nutrientes necessários para as plantas em cada momento do seu desenvolvimento. A aplicação na linha de plantio tem como principal benefício fornecer os nutrientes mais próximos ao sistema radicular facilitando assim a absorção pelas raízes porém, vale ressaltar aqui alguns problemas com salinização da linha e interferência no crescimento do sistema radicular quando este fertilizante é colocado em altas concentrações no sulco de plantio. (TMF, 2020)

As publicações trazem que quando o nitrogênio foi aplicado a lanço, proporciona aumentos em componentes da produtividade como diâmetro de colmo, número de fileira de grãos, número de grãos por fileira, produtividade e biomassa da planta, entretanto quando aplicado no sulco trouxe benefícios para os parâmetros de crescimento e desenvolvimento da planta (SORATTO et al., 2011). De acordo com GOES et al. (2012) apud BESEN et al. (2019) as características como comprimento de espiga são mais afetadas pelo genótipo do que pelas práticas culturais, enquanto o número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga são afetados pela aplicação de N.

No trabalho escrito por Fernandes et al. (2016) em se tratando de diâmetro do colmo, houve um incremento de 21,6 e 52,5%, correspondente aos diâmetros 1,52 cm e 1,91 cm, respectivamente, com a aplicação da dose de e 239,1 kg de N/ha, esse resultado vai de encontro ao trabalho escrito por Beisen et. al (2019) onde o mesmo verificou que a altura de plantas e diâmetro de colmo ajustaram-se de maneira quadrática às doses aplicadas, com ponto de máximo estimado nas doses 105 e 84,4 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Penariol et al., (2003) apud Fernandes et al. (2016) afirma que o colmo não somente atua como suporte de folhas e inflorescências, mas principalmente para a obtenção de alto rendimento de grãos, pois quanto maior o seu diâmetro, maior será a capacidade que a planta terá em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos.

A partir da monografia escrita por Mauri et al, (2020), para a massa de mil grãos (MMG), observou-se efeito significativo ($p < 0,05$), a qual, aumentou de forma positiva conforme incremento nas doses de N, cada 1 kg ha de N corresponde ao acréscimo de 0,28 g para MMG. No gráfico apresentado pelo trabalho de Lima et. al (2019), observa se que a houve um incremento linear de na massa de mil grãos em função da dose de nitrogênio aplicado em

cobertura, onde 300 Kg/ha de N, atingiram a marca de 360g. Assim como no artigo de Fernandes et. al (2016) onde a dose de 143,4 Kg/ha proporcionou 300g de massa de mil grãos. Rockenbach et al. (2017) apud Mauri et al. (2020) verificaram que a aplicação de N em cobertura aumentou o peso do hectolitro para grãos de milho devido ao nutriente manter a planta por mais tempo fisiologicamente ativa, prolongando a duração do período de armazenamento de carboidratos, favorecendo o enchimento de grãos, conseqüentemente a produção de grãos com maior massa. Mota et al. (2015) apud Mauri et al. (2020), relacionaram a aplicação de N ao aumento do teor de clorofila das folhas, permitindo maiores reservas no órgão vegetativo, posteriormente favorecendo o enchimento de grãos.

A monografia apresentada por Pizolato Neto et. al (2016) afirma que a dose de 140 kg ha-1 de N, que proporcionou uma produtividade de 6.065,89 kg ha, enquanto os trabalhos de Mauri et. al (2020) e Biesdorf et. al (2015) demonstraram que 160 kg ha-1 de N, que atingiu uma produtividade de 7.250 kg ha e 140 kg ha-1 chegou uma produtividade de 8.947 kg há respectivamente, afirmando assim a importância da utilização do nitrogênio no incremento de produtividade da cultura do milho

Segundo Ernani et al.(2005) apud Soratto et al., 2011, o suprimento insuficiente de N, durante o estágio de diferenciação floral, pode reduzir a diferenciação do número de óvulos nos primórdios da espiga, e com isso afetar negativamente a produtividade de grãos. Kappes et al., (2014) explicam que, até determinadas doses de nitrogênio, a planta continua a crescer. Depois que tais doses são atingidas, o autossombreamento das plantas, assim como o sombreamento mútuo entre plantas, deve contribuir para a redução do crescimento.

Sobre as diferentes fontes de nitrogênio utilizadas para a adubação, a partir do estudo sobre as monografias, ficou evidente que a ureia é o fertilizante mais utilizado pela sua maior concentração de N, entretanto a fonte não interfere na produtividade final de grãos e sim na quantidade que o mesmo deverá ser utilizado para subir a mesma demanda devido as diferentes concentrações. Rodrigues et al., (2018) relata que o nitrogênio tem influência no crescimento inicial da cultura do milho e, por seqüência, na produção de massa verde, massa seca, bem como no diâmetro de colmo e altura de planta. O que fica claro é que independente do produto, a aplicação de nitrogênio responde de forma positiva nos atributos agrônômicos de massa verde e massa seca.

Nesse sentido, pensar em uma adubação consorciando as duas formas de aplicação pode ser uma alternativa viável e muito rentável, pois trará benefícios tanto para o desenvolvimento

da planta como para o melhor aproveitamento do nutriente que estará sempre disponível em todos os estádios. A aplicação de forma parcelada, como prevê o Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016), ainda possibilita a diminuição de perda por lixiviação, erosão, desnitrificação, volatilização da amônia entre outros, pois o mesmo não será aplicado em sua totalidade em um único estádio.

Ao compilar os resultados apresentados nos artigos, especialmente quanto à produtividade máxima obtida nos estudos e a dose de N, pode-se visualizar de acordo com o Gráfico 4, que a cada 1 kg/ha de nitrogênio aplicado há incremento de 22,41 kg/ha em produtividade de grãos. Esse valor vai de encontro com os resultados encontrados por Queiroz et al. (2011) e Santos et al. (2020) os quais chegaram aos valores de 11,083 kg e de 6,50 kg/ha de milho respectivamente por cada kg de N aplicado. De acordo com Fernandes et al. (2016) tal incremento, provavelmente, é devido ao aumento da síntese de fotoassimilados, o que provoca a divisão e expansão celular e, conseqüentemente, o efeito na altura das plantas.

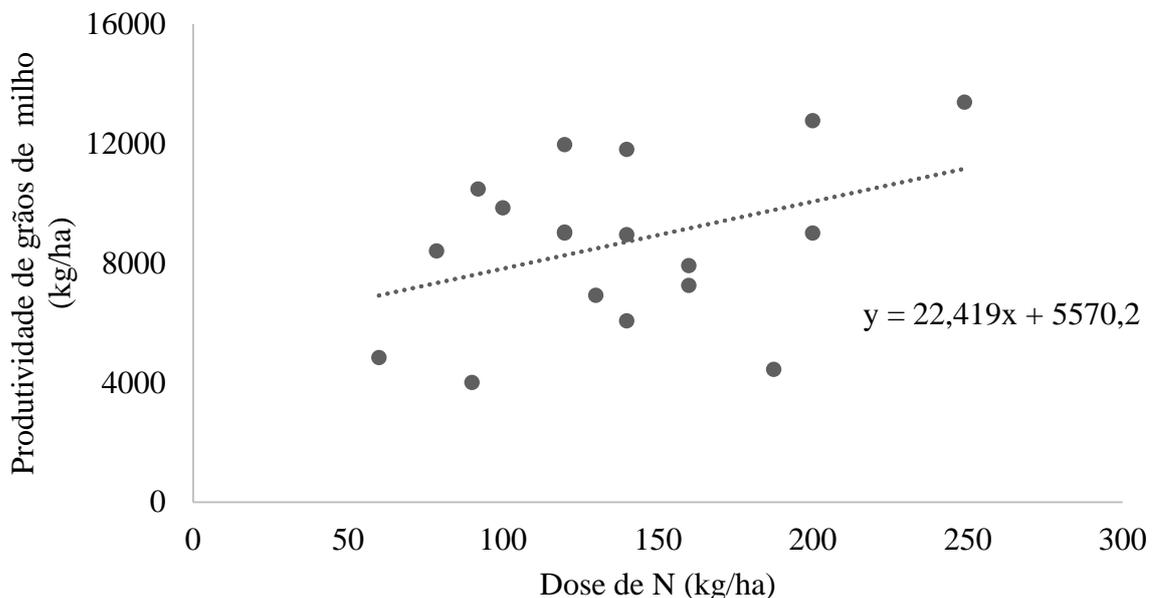


Gráfico 4: Incremento de produtividade por Kg de N aplicado

Fonte: SANTOS (2022)

Em se tratando de doses de aplicação, pode-se verificar que essas variaram e, conseqüentemente, foram variáveis as resposta de componentes morfológicos da planta como altura de planta, fitomassa da parte aérea, inserção da espiga, massa de mil grãos. Nos trabalhos de Pizolato et al., (2016), Mauri et al., (2020), e Melo et al., (2011), a produtividade foi

crecente a partir do aumento das doses, sendo que as mesmas apresentaram melhores resultados entre 140 e 180 Kg/ha na média dos trabalhos.

Segundo Besen et al., (2019) a recomendação de adubação nitrogenada em cobertura no milho varia entre 60 a 100 kg ha⁻¹, mas na tomada de decisão sobre a adubação é necessário levar em consideração vários fatores, entre eles as condições edafoclimáticas, sistema de cultivo, época de semeadura, época e modo de aplicação e fonte de N utilizada, por isso a recomendação da adubação nitrogenada não deve ser generalizada.

5 CONCLUSÕES

A partir da análise dos dados dos manuscritos, observou-se que a ureia é o fertilizante nitrogenado mais comum para a cultura do milho.

Referente à dose, a partir da análise dos manuscritos, observou-se em média que há incremento de produtividade de milho em 22,41 kg/ha a cada kg/ha de N adicionado ao solo.

Ainda, quando o N foi aplicado na linha de semeadura observou-se resposta nos componentes de crescimento e desenvolvimento da cultura e quando o N foi aplicado a lanço, as respostas positivas referiam-se aos componentes de produtividade.

6 REFERÊNCIAS

- AGROLINK. **Guerra no Leste Europeu pode reduzir produção agropecuária.** [S. l.], 28 fev. 2022. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/guerra-no-leste-europeu-pode-reduzir-producao-agropecuaria_462795.html#:~:text=Indique%20a%20um%20amigo!&text=Desde%20que%20o%20conflito%20entre,quase%20US%24%2050%20a%20mais. Acesso em: 2 mar. 2022.
- BATISTA JANDREY, Douglas. O manejo de nitrogênio para altas produtividades. **Pioneer Sementes - Negócio em Foco**, [S. l.], p. 1-10, 5 fev. 2019. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/blog/84/o-manejo-de-nitrogenio-para-altas-produtividades>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- BERNARDES, João Victor Silva *et al.* Estratégias de aplicação e doses de nitrogênio para milho cultivado em solo argiloso. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], p. 1-8, 1 nov. 2020. Disponível em: <http://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/3304/1610>. Acesso em: 21 out. 2021.
- BESEN, Marcos Renan *et al.* Produtividade de milho e retorno econômico em sistema integrado de produção com doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, [S. l.], p. 1-10, 10 dez. 2019. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/14311/pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.
- BIESDORF, Evandro Marcos. Métodos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em solo de cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, [S. l.], p. 44-50, 2 abr. 2015. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/805/940>. Acesso em: 18 out. 2021.
- BUENO, Sinara. **Exportação de Milho.** [S. l.], 13 jan. 2021. Disponível em: <https://www.fazcomex.com.br/blog/exportacao-de-milho-entenda-melhor/>. Acesso em: 1 jun. 2021.
- CANAL AGRO. Milho: conheça a história do grão no Brasil. In: Milho: conheça a história do grão no Brasil. [S. l.], 24 maio 2021. Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/dia-nacional-do-milho-conheca-a-historia-do-grao-no-brasil/>. Acesso em: 5 jan. 2022.
- COELHO, Antonio Marcos *et al.* **Adubação Mineral.** Brasília, DF - Brasil, 20 jul. 2009. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_47_168200511159.html. Acesso em: 22 jun. 2021.
- COTAÇÕES do Milho. [S. l.], 19 jul. 2021. Disponível em: <https://www.cotrijal.com.br/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

DA SILVA NUNES, José Luis. **Características do milho**. [S. l.], 11 ago. 2020. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/caracteristicas_361401.html. Acesso em: 15 jun. 2021.

DA SILVA NUNES, José Luis. **Importância econômica do milho**. [S. l.], 11 ago. 2020. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/importancia_361402.html. Acesso em: 1 jun. 2021.

DANTAS COELHO, JACKSON. MILHO: PRODUÇÃO E MERCADOS. Caderno Setorial ETENE, [S. l.], p. 1-8, 1 nov. 2020. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/8079157/2020_CDS_140.pdf/e69c2b0a-a4a4-9c45-0644-2b707b001dc5. Acesso em: 5 jan. 2022.

DE OLIVEIRA DUARTE, Jason; JOAQUIM MATTOSO, Marcos; JOÃO CARLOS GARCIA, João. **ÁRVORE DO CONHECIMENTO Milho**: Importância Socioeconômica. Brasília - DF - Brasil, 20 maio 2009. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html. Acesso em: 1 jun. 2021.

EMBRAPA. **Latossolos**. [S. l.], 3 ago. 2014. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html. Acesso em: 21 dez. 2021.

EMBRAPA. **Solo brasileiro agora tem mapeamento digital**. [S. l.], 17 set. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2062813/solo-brasileiro-agora-tem-mapeamento-digital>. Acesso em: 20 dez. 2021.

FARIA VIEIRA, Rosana. **Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas**. Brasília, DF: [s. n.], 2017. 165 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175460/1/2017LV04.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

FARINELLI, Rogério. Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S. l.], p. 135-146, 5 out. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104381/1/Produtividade-eficiencia.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021.

FARINELLI, Rogério *et al.* Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesq. Agropec. Trop**, [S. l.], p. 63-70, 1 fev. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/mqNL3dMR5Sqjzbz9JCzg9fVr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 out. 2021.

FECHAMENTO da safra 2018/19 aponta produção recorde de grãos de 242,1 milhões de t. [S. l.], 10 set. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3042-fechamento-da-safra-2018-2019-aponta-producao-recorde-de-graos-estimada-em-242-1-milhoes-de>

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ_76.pdf. Acesso em: 17 jun. 2021.

MAHANNA, B *et al.* **Fenologia do Milho**. [S. l.], 14 maio 2018. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/blog/41/fenologia-do-milho>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MAURI, Vinícios Nathaniel *et al.* Doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no milho segunda safra cultivado em Latossolo Vermelho. **Revista Cultivando o Saber**, [S. l.], p. 21-35, 20 ago. 2020. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1006/931>. Acesso em: 17 out. 2021.

MEDINA, Juliana. **Origem do Milho**. [S. l.], 31 mar. 2020. Disponível em: <https://agropos.com.br/origem-do-milho/>. Acesso em: 1 jun. 2021.

MELLO PRADO, Renato. Algodão. *Nutrição de Plantas*, [S. l.], p. 1-3, 25 jun. 2004. Disponível em: <http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/culturas/algodao/funcoes.php>. Acesso em: 21 jun. 2021.

MELO, Francisco de Brito. Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, [S. l.], p. 27-31, 7 fev. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/SXwbh4gXh3t7YcWbSvy8rdK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 out. 2021.

MENEGALDO, Jane. **A importância do milho na vida das pessoas**. [S. l.], 10 nov. 2015. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/a-importancia-do-milho-na-vida-das-pessoas>. Acesso em: 18 nov. 2021.

MIETH, Fernanda Maria. **Deficiências nutricionais no milho**. [S. l.], 5 maio 2020. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2020/05/05/deficiencias-nutricionais-no-milho/>. Acesso em: 21 jun. 2021.

NUNES GIRACCA, Ecila Maria; DA SILVA NUNES, José Luis. **Nitrogênio**. [S. l.], 12 set. 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nitrogenio_361444.html. Acesso em: 18 jun. 2021.

OXFAM BRASIL. **A fome pelo mundo e suas principais causas**. [S. l.], 20 jul. 2021. Disponível em: <https://www.oxfam.org.br/blog/a-fome-pelo-mundo-e-suas-principais-causas/>. Acesso em: 16 nov. 2021.

PENNA NETO, Saulo. **A Adubação Nitrogenada na Agricultura**. [S. l.], 31 jul. 2019. Disponível em: <https://www.austertecnologia.com/single-post/nitrogenio-na-agricultura>. Acesso em: 19 jun. 2021.

PIZOLATO NETO, Antonio *et al.* DOSES DE NITROGÊNIO PARA CULTIVARES DE MILHO IRRIGADO. **Revistas Eletrônicas da Fundação Educacional Ituverava**, [S. l.], p. 87-96, 4 maio 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/268034285.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

PORTELA, M.G.T. *et al.* Características agronômicas do milho submetido a fontes e parcelamento de nitrogênio em cobertura. **BIOENG**, [S. l.], p. 248-258, 3 ago. 2016. Disponível

em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/423/294>. Acesso em: 22 out. 2021.

PORTO EDITORA. milho na Infopédia [em linha]. Porto: Porto Editora. Disponível em [https://www.infopedia.pt/\\$milho](https://www.infopedia.pt/$milho). Acesso em: 17 jun. 2021.

QUEIROZ , André Martins de *et al.* Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio Na adubação da cultura do milho (zea mays l.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S. l.], p. 257-266, 21 jul. 2011. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/355>. Acesso em: 19 out. 2021.

R.C. CASTRO , Paulo; A. KLUGE, Ricardo. **Ecofisiologia de cultivos anuais: Milho**. [S. l.]: Nobel, 1999. 126 p. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/Ecofisiologia_de_cultivos_anuais/8FZ_te7DkeIC?hl=pt-BR&gbpv=0. Acesso em: 23 jun. 2021.

RAASCH, Hugo *et al.* Doses de nitrogênio em cobertura no milho de segunda safra em Nova Mutum – MT. **Revista Cultivando o Saber**, [S. l.], p. 104-116, 18 jan. 2021. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/743/663>. Acesso em: 18 out. 2021.

RODRIGUES, Fabio Junior *et al.* Eficiência Agronômica da Cultura do Milho Sob Diferentes Fontes de Nitrogênio em Cobertura. **Uniciências** , [S. l.], p. 66-70, 30 dez. 2018. Disponível em: <https://www.revista.pgsskroton.com/index.php/uniciencias/article/view/6284>. Acesso em: 17 out. 2021.

SANTOS, Jônatas Barros *et al.* Características agronômicas e avaliação econômica do milho sob doses de nitrogênio na forma de ureia comum e peletizada. **Revista Agri-Environmental Sciences**, [S. l.], p. 1-9, 9 maio 2020. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmental-sciences/article/view/3561/1976>. Acesso em: 21 out. 2021.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **Ciclo do Nitrogênio**. [S. l.], 18 ago. 2019; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/ciclo-nitrogenio.htm>. Acesso em 19 de jun. 2021.

SINDMILHO & SOJA. Milho e suas riquezas – História. *In: Milho e suas riquezas – História*. [S. l.], 3 out. 2005. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/sindimilho/sobre-o-sindmilho/curiosidades/milho-e-suas-riquezas-historia/>. Acesso em: 1 jun. 2021.

SIQUEIRA DOS SANTOS, Maurício. **Nitrogênio: importância, manejo e sintomas de deficiência**. [S. l.], 28 fev. 2020. Disponível em: <https://maissoja.com.br/nitrogenio-importancia-manejo-e-sintomas-de-deficiencia/>. Acesso em: 19 jun. 2021.

SORATTO , Rogério Peres *et al.* Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, [S. l.], p. 511-518, 17 nov. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/v7DkYFhkgwmZFqrT6XjWSgR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 out. 2021.

SORATTO, Rogério Peres *et al.* Doses e fontes alternativas de nitrogênio no Milho sob plantio direto em solo arenoso. **Ciênc. agrotec**, [S. l.], p. 62-70, 20 jan. 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cagro/a/gMjKcHrq4Q8zWVBj8S835NH/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

SOUZA DA SILVA, Le *et al.* **Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. atual. [S. l.: s. n.], 2016. 376 p.

TMF. **Fertilizantes: é melhor aplicar na linha ou a lanço?**. [S. l.], 13 maio 2020. Disponível em: <https://www.tmfertilizantes.com.br/fertilizantes-e-melhor-aplicar-na-linha-ou-a-lanco/#:~:text=Isso%20porque%20o%20m%C3%A9todo%20de,e%20aplicada%20em%20%C3%A9rea%20total>. Acesso em: 15 fev. 2022

WEBER, Mirla Andrade; MIELNICZUK, João. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], p. 429-438, 26 jun. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/8bYRztWGnw7wzQpPmPhc8th/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.