

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BRUNO BARBOSA GUIMARÃES

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE UREIA REVESTIDA PARA SOQUEIRA DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

Uberlândia – MG

Dezembro – 2021

BRUNO BARBOSA GUIMARÃES

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE UREIA REVESTIDA PARA SOQUEIRA DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Curso de graduação em Agronomia, para obtenção do título de “Engenheiro Agrônomo”.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira

Uberlândia – MG

Dezembro – 2021

BRUNO BARBOSA GUIMARÃES

Eficiência agronômica de ureia revestida para soqueira de cana-de-açúcar

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Curso de graduação em Agronomia, para obtenção do título de “Engenheiro Agrônomo”.

Uberlândia – MG, -- de dezembro de 2021

Banca Avaliadora

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira
Orientador

Dr. Bruno Nicchio
Membro da Banca

Dr. Gustavo Alves Santos
Membro da Banca

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus e àqueles que me ajudaram a vencer essa etapa, única na forma de encarar desafios, decepções e superação. A minha família, peça chave, equilíbrio e exemplo, serei sempre GRATO. Ao meu Pai que é exemplo de pessoa, levarei sempre comigo seus ensinamentos, como espelho do homem a me tornar! Mãe, seu afeto, preocupação e carinho são características que levo para minha vida pessoal, modelo de equilíbrio e sabedoria. Com meu irmão e familiares, carrego a certeza de que nunca estarei só, foram fundamentais na minha formação. Queridos amigos, sei que posso contar com vocês, obrigado por ouvir, rir e chorar comigo. Ao Dr. Daniel F. Cardoso, obrigado!

Durante todo período de faculdade tive a chance de conhecer vários professores e alunos, de diferentes regiões e culturas, isso me fez aprender a lidar com as diferenças no jeito de agir, no jeito de pensar e executar as tarefas. Cada professor com seu jeito único foi essencial para que eu chegasse aqui hoje, sou muito grato pela oportunidade de ter sido aluno de grandes nomes da Agricultura, cada um com seu método de ensino e sua dedicação em nos ajudar, vocês são excepcionais no que fazem. Aqui em especial gostaria de agradecer todo o pessoal do GPSi - UFU (Grupo de Pesquisa Silício na Agricultura) e o Professor Dr. Hamilton que sempre esteve disposto nos auxiliando e ensinando da melhor forma possível no grupo e também fora, foram longos anos de dedicação e trabalho em equipe, enfrentamos desafios e juntos conseguimos vencer cada um deles, levando conosco uma bagagem de aprendizado e uma família que criamos.

Luís Felipe, Gustavo, Luiz Henrique, Bruno Nicchio, Antônio, Gabriel, Artur, Camila, Dayane, Barbara e demais colegas de trabalho, queria agradecer por todo aprendizado que me proporcionaram, cada viagem, cada conversa, conselhos e puxões de orelhas foram muito importantes para minha formação, vocês deixarem essa caminhada mais tranquila. Aos colegas de classe em especial a galera do “real matismo” que sempre me ajudaram, obrigado por tudo. Não poderia deixar de agradecer o pessoal da Usina Goiasa, em Goiatuba, e a Fertilizantes Heringer, que deram total apoio para realização do experimento, em cada número obtido tem a soma dos esforços de todas as equipes.

Enfim, obrigado a todos que compartilharam os prazeres e dificuldades desta jornada. Tenho me espelhado em muitos de vocês! Mais uma etapa vencida. Mudam-se as metas e as expectativas para novas conquistas.

RESUMO

O nitrogênio (N) é um nutriente de grande importância para a obtenção de maiores produtividades no cultivo da cana-de-açúcar, sendo necessária sua reposição via adubação nitrogenada. A ureia é uma das principais fontes de N, e devido à alta concentração do nutriente em sua composição e o menor custo por unidade de N. Este trabalho avaliou a eficiência agronômica da ureia revestida para a soqueira da cana de açúcar. Utilizou-se uma ureia revestida com inibidores que evitam perdas de nitrogênio por volatilização, contendo 44,6% N, 0,15% Cu e 0,4% B (100% solúveis) e para fins de comparação utilizou-se o nitrato de amônio (NH_4NO_3), fonte com 33% N e que não apresenta perdas de N por volatilização. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, no período chuvoso. Utilizou-se esquema fatorial $2 \times 5 + 1$, correspondendo às duas fontes de N, cinco doses de acordo com os valores recomendados para a cultura (33%, 50%, 100%, 133% e 150%) e um adicional controle sem aplicação de N. Com os resultados obtidos podemos verificar que a ureia revestida (UR) foi a que se mostrou mais eficiente em relação ao nitrato de amônio como fonte de N para a cana soca. A aplicação da ureia com revestimento (UR) nas doses de 80 e 90 kg/ha de N resultou em maior perfilhamento e em valores de toneladas de açúcar por hectare superiores ao tratamento convencional (Nitrato de amônio). A fonte com revestimento mostrou maiores teores de ATR e TCH, onde apresentou incrementos de 35.9 toneladas de colmos por hectare a mais que a fonte nitrato de amônio e 41.8 toneladas de colmos por hectare a mais comparada com a testemunha sem aplicação de N.

Palavras Chave: Nitrogênio; Nitrato de amônio; *Saccharum officinarum*; Liberação lenta; Adubação nitrogenada.

ABSTRACT

Nitrogen (N) is a nutrient of great importance for obtaining higher yields in sugarcane cultivation, and its replacement nitrogen fertilization is necessary. Urea is one of the main sources of N, and due to the high concentration of the nutrient in its composition and the lower cost per unit of N. This work evaluated the agronomic efficiency of coated urea for sugarcane ratoons. A urea coated with inhibitors that prevent N losses by volatilization, containing 44.6% N, 0.15% Cu and 0.4% B (100% soluble) was used. Ammonium nitrate (NH_4NO_3), a source with 33% N and that does not present N losses by volatilization, was used for comparison purposes. The experimental design was a randomized block design, with four repetitions, during the rainy season. A $2 \times 5 + 1$ factorial scheme was used, corresponding to the two sources of N, five doses according to the values recommended for the crop (33%, 50%, 100%, 133% and 150%) and an additional control without N application. The application of coated urea (UR) at doses of 80 and 90 kg/ha of N resulted in greater tillering and in higher values of tons of sugar per hectare than the conventional treatment (Ammonium Nitrate). The coated source showed higher ATR and TCH, where it increased 35.9 tons of stalks per hectare more than the ammonium nitrate source and 41.8 tons of stalks per hectare more compared to the control without N application.

Key words: Nitrogen; Ammonium nitrate; *Saccharum officinarum*; Slow release; Nitrogen fertilization.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Nitrogênio e sua dinâmica	3
2.2. Cana de açúcar no Brasil	4
2.3. Exigência de N na cultura	5
2.4. Fontes de nitrogênio	7
2.5. Ureia	8
2.6. Perdas de nitrogênio	8
2.7. Controle de perdas de nitrogênio	9
2.8. Fertilizantes de liberação lenta	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Instalação	16
3.2. Avaliações	17
3.2.1. Falhas de brotação	17
3.2.2. Análise de foliar (N foliar)	18
3.2.3. Número de perfilho por metro linear (perfilho m⁻¹)	19
3.2.4. Toneladas de colmos por hectare (TCH)	19
3.2.5. Análises tecnológicas	20
3.2.6. Análise estatística	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1. Número de perfilho por metro linear (perfilho m⁻¹)	21
4.2. Nitrogênio foliar (g kg⁻¹)	22
4.3. Toneladas de colmo por hectare (TCH) (t ha⁻¹)	23
4.4. Variáveis tecnológicas	25
5. Conclusão	27

6. REFERÊNCIAS	28
----------------------	----

1. INTRODUÇÃO

Entre os diversos nutrientes necessários ao bom desenvolvimento das culturas agrícolas, pode-se destacar o nitrogênio (N), elemento fundamental e indispensável nas adubações dos cultivos, atuando fortemente na manutenção e aumento da produtividade. Além disso, o N é um dos nutrientes mais limitantes, pois trata-se do elemento mais exigido e extraído pelas plantas cultivadas. Assim, são exigidas grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados para obtenção de maiores produtividades. De acordo com dados fornecidos pela Associação Nacional de Difusão de Adubos (ANDA). Para a cultura da cana-de-açúcar, a fonte de N mais utilizada é o nitrato de amônio, devido, principalmente, à dificuldade no uso da ureia no ciclo da soqueira, quando não se faz a incorporação do fertilizante (GUALBERTO et al., 2019).

Os fertilizantes nitrogenados apresentam custos elevados de produção e formulação, além de grande susceptibilidade às perdas por volatilização, lixiviação e/ou mobilização (KRISTENSEN, 2004). Os fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo passam por uma série de transformações químicas e microbianas, podendo resultar em perdas devido à mobilidade do elemento no sistema solo-planta. Nesse contexto, o N torna-se continuamente foco de estudos que buscam melhor entendimento sobre suas características, funções na planta, dinâmica no sistema solo-planta-atmosfera e, atualmente, nas maneiras de aumentar o seu aproveitamento como insumo agrícola, principalmente, na forma de fertilizante (VITTI et al., (2007).

A ureia é um dos fertilizantes nitrogenados mais utilizados na agricultura, com um custo menor, maior teor de nitrogênio e menor poder acidificante do solo (COSTA et al, 2012). Composto cerca de 50% do total do fertilizante aplicado, a ureia, devido principalmente, ao elevado teor de N contido na mesma, que reduz os custos operacionais, a ureia tem apresentado menor eficiência quando comparada aos demais fertilizantes nitrogenados. Isto ocorre uma vez que a ureia possui elevada propensão às perdas de N por meio do processo de volatilização da amônia, fazendo com que a eficiência seja prejudicada, sendo observadas perdas de até 80% do total do fertilizante aplicado no solo (LARA CABEZAS; KORNDORFER; MOTTA, 1997; MARTHA JR et al., 2004).

Diante deste contexto, têm sido estudadas e desenvolvidas novas tecnologias visando o aumento da eficiência do uso da ureia como fertilizante. A utilização de ureia revestida com polímeros ou gel, também conhecida como fertilizante de liberação lenta ou controlada (CATARELLA, 2007) tem se mostrado uma alternativa viável para maximizar os ganhos através da adubação nitrogenada. Dessa forma, estes fertilizantes são revestidos, recobertos e/ou

encapsulados com polímeros e inibidores, liberando, gradativamente, o N ao solo (VALDERRAMA et al., 2009; MAGALHÃES 2009).

A cana-de-açúcar é uma cultura cujas limitações para a obtenção de maiores produtividades, principalmente no ciclo da soqueira, estão relacionadas à disponibilidade de nutrientes no solo, especialmente o N (TRIVELIN, 2002). Neste sentido, o produto obtido através do revestimento da ureia, conhecido como fertilizante nitrogenado de liberação controlada, possui grande destaque no uso agrícola em áreas cultivadas com esta cultura. Assim, objetivou-se avaliar a eficiência da ureia revestida, aplicada em época de chuva, no desenvolvimento e na produtividade da cultura da cana-de-açúcar no ciclo da soqueira para verificar a eficiência da mesma quando comparada a fonte padrão nitrato de amônia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Nitrogênio e sua dinâmica

O N é o elemento formador da estrutura da planta, sendo constituinte da estrutura de aminoácidos, proteínas, vitaminas, clorofila, enzimas e coenzimas. É ativador enzimático, atua nos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, crescimento vegetativo (DECHEN, 2007).

O nitrogênio não faz parte dos minerais primários, porém está em todos os solos e pode ingressar no solo através de deposições atmosféricas, fixação biológica e adubações minerais ou orgânicas. Por outro lado, pode sair por extração pelas culturas e variados mecanismos de perda, como lixiviação e volatilização (CANTARELLA, 2007).

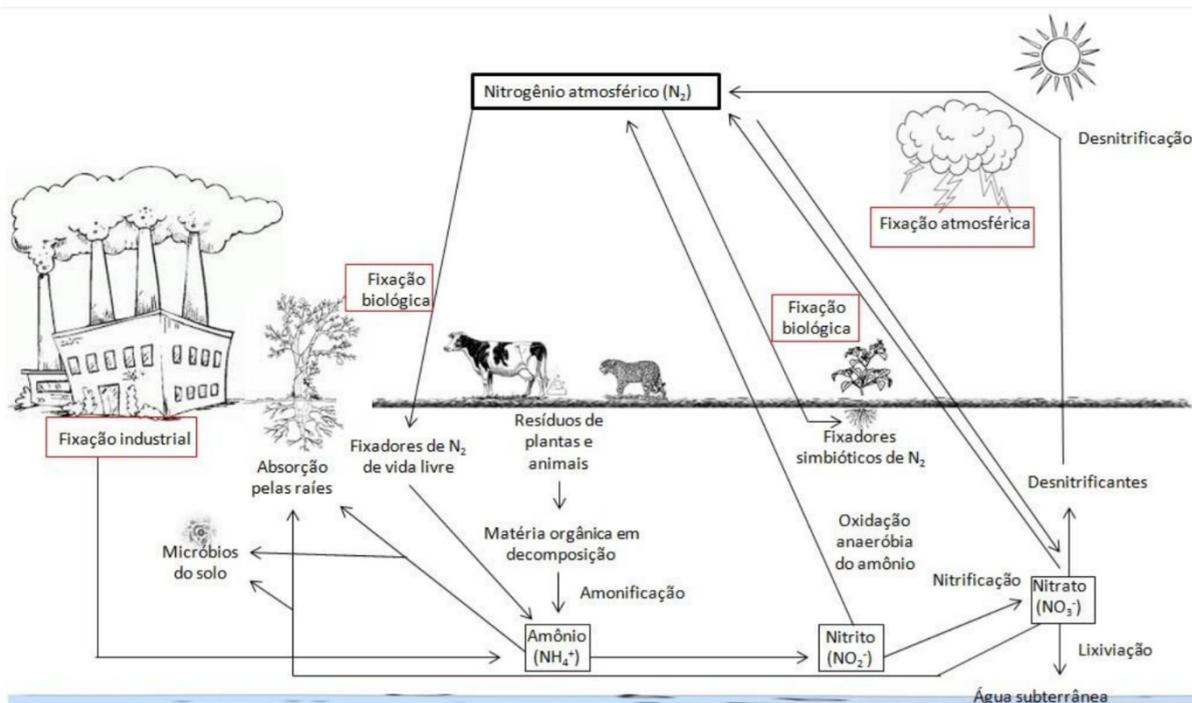


Figura 1 Ciclo do Nitrogênio terrestre Modificado: TAIZ E ZEIGER, 2013

Ciclo do nitrogênio terrestre: o nitrogênio atmosférico (N_2) é transformado em amônio (NH_4^+) através da fixação industrial, fixadores de N_2 de vida livre e fixadores simbióticos de N_2 . O N_2 também pode ser convertido em nitrato (NO_3^-) por meio da fixação atmosférica. Microrganismos do solo podem transformar NH_4^+ em NO_3^- através da nitrificação. Plantas e microrganismos absorvem o NH_4^+ e o NO_3^- . Herbívoros (na figura representada pelo bovino) comem as plantas, para obter os nutrientes e dentre estes o nitrogênio e, posteriormente, os

carnívoros (na figura representado pelo felino), comem os herbívoros. A matéria orgânica é constituída por excretas e resíduos (cadáveres) de todos os seres vivos (vegetal ou animal), que através da ação de microrganismos, são decompostos para produzir NH_4^+ , processo denominado amonificação. O NO_3^- possui alta mobilidade no solo e com isso, pode sofrer lixiviação para corpos d'águas e águas subterrâneas. Alguns microrganismos sob condições anaeróbicas, convertem parte do NO_3^- , que está livre na solução do solo, novamente em N_2 , processo chamado de desnitrificação, fechando o ciclo do nitrogênio. Modificado: TAIZ E ZEIGER, 2013; BOTÂNICA NO INVERNO, 2016.

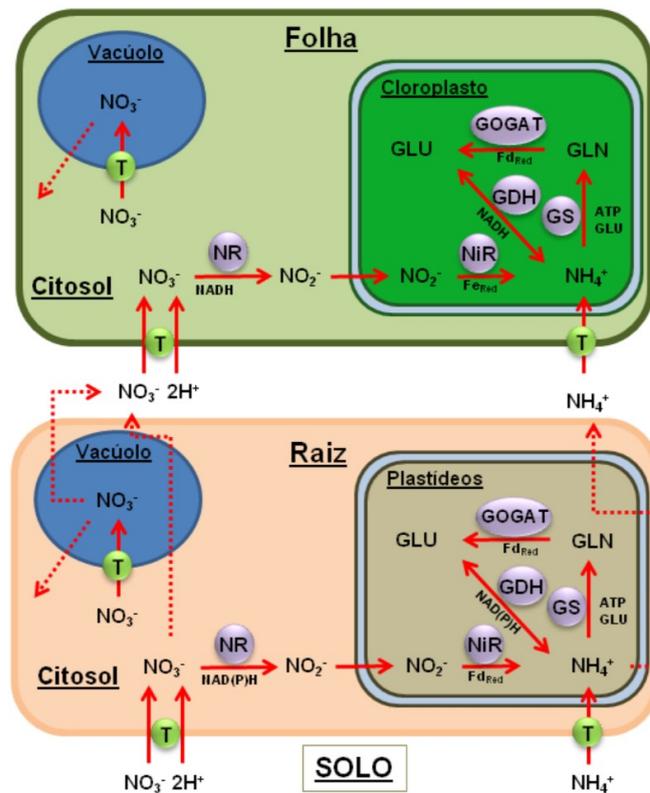


Figura 2 Esquema da absorção e assimilação do nitrogênio em aminoácidos nas células da raiz e folhadas plantas. Modificado: Bredemeier & Mundstock, 2000.

2.2. Cana de açúcar no Brasil

Um dos segmentos mais importantes do agronegócio nacional, o setor sucroalcooleiro observou significativa expansão da produção de cana-de-açúcar a partir da segunda metade da década de 2000. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019a, 2019b) e da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica, 2019), a área de cana-de-açúcar colhida em hectare, de 2006 a 2017, experimentou incremento de mais de 43%, enquanto a produção em toneladas cresceu 59%.

O Brasil durante décadas foi o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e derivados, perdendo essa posição no período de 2017 a 2019 para a Índia. FAO (2019). Em que pese à diminuição da produção e da área cultivada a partir de 2017 por motivos relacionados às crises hídricas e a diminuição da importação do açúcar pela China, principal comprador desta commodity, a produção sucroenergética tem alcançado ganhos de produtividade (ARAÚJO, D, F, C. ARAÚJO SOBRINHO, F. L, 2020)

A safra 2021/22, considera os efeitos climáticos adversos da estiagem durante o ciclo produtivo das lavouras e as baixas temperaturas registradas em junho e julho. A estimativa é que sejam colhidos 568,4 milhões de toneladas, representando um volume de matéria-prima 13,2% menor em relação à safra 2020/21. (CONAB, 2021).

Subprodutos: Etanol total de cana-de-açúcar: A estimativa de produção de etanol a partir da cana-de- açúcar é de 24,8 bilhões de litros, redução de 16,6% em comparação à safra 2020/21. Etanol anidro de cana-de-açúcar: A produção de etanol anidro proveniente da cana-de-açúcar, utilizado na mistura com a gasolina, deverá crescer em 4% em relação à última temporada, alcançando 9,69 bilhões de litros. Etanol hidratado de cana-de-açúcar: A estimativa de etanol hidratado a ser produzido é de 15,11 bilhões de litros, redução de 26% em relação à safra anterior. A estimativa de etanol hidratado a ser produzido é de 15,11 bilhões de litros, redução de 26% em relação à safra anterior. Açúcar: A estimativa de etanol hidratado a ser produzido é de 15,11 bilhões de litros, redução de 26% em relação à safra anterior (CONAB, 2021).

2.3. Exigência de N na cultura

O nitrogênio em geral é o elemento que as plantas necessitam em maior quantidade, porém é o elemento que expressa maiores dificuldades de manejo devido à grande multiplicidade de reações químicas e biológicas, a dependência às condições do ambiente e ao efeito do rendimento na cultura (ESPERANCINI, 2015). O nitrogênio representa apenas 1% da matéria seca total da cana-de-açúcar e está envolvido diretamente na síntese de aminoácidos essenciais, de clorofila e na produção de carboidratos (ORLANDO FILHO, 1983). Dos nutrientes essenciais, o nitrogênio é um dos mais absorvidos pela cana-de-açúcar, perdendo apenas para o potássio (COLETI et al., 2006). A cana-de-açúcar exporta aproximadamente 0,7 a 1,1 kg de nitrogênio por tonelada de colmo produzido (COLETI et al., 2006).

Kondorfer et al. (1992) estimaram a extração média de quatro variedades em 1,4 kg de N por tonelada de colmo, contabilizando o conteúdo de nutriente em toda a parte aérea, valores

próximos aos obtidos por Trivelin et al. (2002b), os quais calcularam que a exigência de N variou de 1,6 a 1,7 kg por tonelada de colmo. Porém, considerando-se toda a planta (parte aérea + subterrânea), esses valores variaram de 2,1 a 2,4 kg de N por tonelada de colmo produzido. Esses dados indicam que uma produção de 100 t ha⁻¹ de colmo de cana-de-açúcar extrai em torno de 200 a 300 kg ha⁻¹ de N, dos quais 90 a 100 kg ha⁻¹ são exportados com os colmos removidos do campo.

A necessidade do N pela cana-de-açúcar é crucial no período da formação da cultura, que vai do período imediatamente após a germinação até o fechamento do canavial, entre o terceiro e o quinto mês. É nessa época que ocorre a formação de perfilho, que influenciará no estande final de plantas e conseqüentemente na produtividade. A partir do fechamento do canavial as plantas entram num período de crescimento acelerado, desde que tenham boas condições de temperatura e umidade (DILLEWIJN, 1952).

A forma predominante absorvida pela planta, em condições naturais ou fontes de adubos orgânicos ou minerais adicionais, é a de nitrato, tendo em vista o processo de nitrificação do solo (Malavolta, 2006). O nitrato absorvido pode ser reduzido a amônio para ser incorporado aos esqueletos de carbono da planta. O NH₄⁺ absorvido pelas plantas é assimilado em compostos orgânicos pelo sistema radicular, formando glutamina e, conseqüentemente, os outros aminoácidos, que são transportados via xilema para a parte aérea. Os aminoácidos e as proteínas formam as reservas de nitrogênio nas partes perenes das plantas (MARSCHNER et al., 1995; FERNANDES et al., 2006; BUSH et al., 2000).

A produtividade está associada ao aumento na produção de colmos, melhor brotação, perfilhamento e aumento do diâmetro do colmo e à longevidade da soqueira (Casagrande, 1991). Portanto, um manejo inadequado dos fertilizantes nitrogenados pode diminuir a produtividade e a longevidade das soqueiras (RHEIN, 2013).

Os sintomas de deficiência de N surgem nas folhas mais velhas (folhas basais), produzindo um amarelecimento generalizado, que progride para toda a planta; há restrição na taxa de crescimento, que apresentam menor desenvolvimento (EMBRAPA, ADUBAÇÃO, 2016). Durante a deficiência, o teor de umidade da planta decresce e como conseqüência a qualidade do caldo piora, o teor de fibra aumenta, a concentração de sacarose no colmo diminui e ocorre acúmulo de sacarose nas folhas. O acúmulo de N varia com o número de cortes, cultivar, ciclo da cultura e, entre outros fatores, da disponibilidade do nutriente na solução do solo (ROBERTSON et al., 1996). Com excesso de N ocorre aumento no comprimento dos colmos, ocasionando a redução da espessura da parede celular e conseqüente diminuição da

porcentagem de fibras das plantas (ORLANDO FILHO, 1983). Também pode piorar a qualidade do caldo e atrasar a maturação (CARNAÚBA, 1989).

2.4. Fontes de nitrogênio

No Brasil, a ureia, o sulfato de amônio e o nitrato de amônio compreendem os adubos nitrogenados mais utilizados na cultura da cana-de-açúcar. Como características comuns apresentam alta solubilidade em água e são prontamente disponíveis para as plantas. O uso de mistura entre fontes, em determinadas condições, também é empregado para tornar o aproveitamento do nitrogênio pela cultura mais viável.

O nitrato de amônio contém ao mesmo tempo duas formas de nitrogênio, a nítrica (NO_3^-) e a amoniacal (NH_4^+), totalizando 32% de nitrogênio. Entretanto, este fertilizante tem regulamentações e restrições crescentes quanto à fabricação, estocagem e transporte devido à possibilidade de seu emprego como explosivo, que pode eventualmente afetar sua utilização na agricultura (RAIJ, 1991). Fertilizantes nitrogenados contendo N amoniacal (sulfato de amônio e nitrato de amônio) aplicados em solos ácidos (pH inferior a 7,0) não sofrem perdas por volatilização de nitrogênio na forma de amônia (N-NH_3), mesmo quando aplicados sobre restos de cultura, pois não possuem características de aumentar o pH no local onde são aplicados. Vale ressaltar que no Brasil a maioria dos solos apresenta reação ácida e também, por isso, as perdas com tais fertilizantes são pouco relevantes (TERMAN et al., 1979). Cantarella et al. (1999) mostraram que não houve perdas por volatilização na utilização do nitrato de amônio e Freney et al. (1992) constataram perdas de 1,8% do sulfato de amônio aplicado em cana-de-açúcar, em cobertura.

Degradação e dissolução dos grânulos aplicados ao solo ocorrem na presença de umidade (RAIJ, 1991). A ureia, que responde por 60% dos fertilizantes nitrogenados empregados na agricultura brasileira, apresenta limitações quanto à aplicação superficial, devido à possibilidade de perdas por volatilização de NH_3 . A reação inicial pode levar o pH do solo próximo de 9 nas imediações dos grânulos desse fertilizante, intensificando a volatilização de NH_3 (OVERREIN & MOE, 1967). A prática de incorporação de fontes nitrogenadas mais susceptíveis às perdas de amônia possibilita considerável redução na volatilização (CANTARELLA et al., 1999). CAMARGO (1989) não observou perdas de amônia provenientes da ureia e aquamônia quando aplicadas em sulcos, na profundidade de 25 cm. Assim, a aplicação da ureia em profundidade é fundamental para reduzir as perdas de N-NH_3 por volatilização.

2.5. Ureia

A ureia é caracterizada como um dos fertilizantes sólidos granulados de maior concentração de N (45%) na forma amídica. Como vantagem da utilização da ureia, pode-se citar o baixo custo de transporte, uma vez que apresenta alta concentração de N, alta solubilidade, baixa corrosividade e facilidade de mistura com outras fontes. Como desvantagem, possui elevada higroscopicidade e maior susceptibilidade à volatilização.

A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil devido às suas vantagens comparativas em termos de custo, facilidade de fabricação e custo final para o agricultor. Do ponto de vista agrônomico a ureia apresenta uma séria limitação quando aplicada na superfície do solo, devido às chances de perdas por volatilização de N-NH₃ (KOELLIKER & KISSEL, 1988).

Inúmeros experimentos feitos em condições de campo com a aplicação de ureia sobre palhada de cana têm mostrado perdas que podem atingir 20 a 40%, ou mais, do N aplicado (CANTARELLA et al., 1999).

2.6. Perdas de nitrogênio

Existe no solo uma intensa competição pelo nitrogênio, entre plantas e entre plantas e microrganismos. Graças a essa competição os valores de lixiviação não costumam ser muito altos, pois os microrganismos nitrificadores geralmente perdem a disputa pelo NH₄⁺ (GROFFMAN, 2000). Assim danos ambientais causados pela lixiviação do NO₃⁻, ocorrem se a dosagem de N aplicado for maior do que as necessidades das plantas e dos microrganismos do solo. Isso pode vir a acontecer também em solos revolvidos ou em períodos em que as plantas não absorvem grandes quantidades de nitrogênio.

Quando o fertilizante utilizado é a ureia ela passa por hidrólise enzimática liberando N amoniacal. A hidrólise consome H⁺ e causa um aumento no pH, graças a isso, mesmo em solos ácidos a ureia está sujeita a perdas de N por volatilização. O pH do solo ao redor das partículas do fertilizante passou de 6,3 para 8,8 em apenas 3 dias após a adubação (OVERREIN; MOE, 1967).

Com relação ao manejo da adubação, o maior problema é quanto ao uso do nitrogênio na adubação de soqueiras. A ureia é a fonte nitrogenada mais utilizada na cultura e, quando aplicada sobre a palha, apresenta elevadas taxas de perda de N-NH₃ por volatilização (PRAMMANEE et al., 1989; DENMEAD et al., 1990; CANTARELLA et al., 1999), por causa da ação da urease do solo e da palha.

O processo de volatilização envolve, inicialmente, a hidrólise da fonte nitrogenada por meio da urease. A urease é uma enzima extracelular produzida por bactérias, actinomicetos e fungos do solo ou, ainda, originada de restos vegetais. Como resultado da hidrólise, tem-se a formação de carbonato de amônio e, por causa das características da urease, fatores que influenciam a atividade dos microrganismos também influenciam a hidrólise da ureia, promovendo grande variação na taxa de hidrólise para diferentes solos (REYNOLDS et al., 1987).

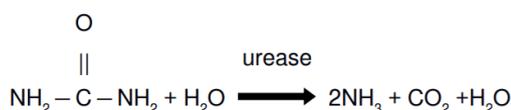


Figura 3 Reação da Uréase

Nas condições atuais de manejo da fertilização nitrogenada em “cana crua”, são raros os relatos em que a cana-de-açúcar, no final de um ciclo agrícola, utiliza mais de 40% do nitrogênio do fertilizante (FRANCO et al., 2008). Esse aproveitamento reduzido é atribuído, em parte, à intensa imobilização microbiológica em solo que contém material vegetal de elevada relação C:N (COURTAILLAC et al., 1998; GAVA et al., 2001), e a perdas do N no sistema solo-planta-atmosfera (TRIVELIN et al., 2002). O N imobilizado, que pode ficar no solo, torna-se uma fonte residual potencial para a cultura nos ciclos subsequentes da cana-de-açúcar (VITTI et al., 2007a).

2.7. Controle de perdas de nitrogênio

Alguns trabalhos realizados mostram que a melhor maneira de se reduzir ou eliminar as perdas por volatilização é a incorporação da ureia ao solo (ERNST; MASSEY, 1960; OVERREIN; MOE, 1967; ESPIRONELO et al., 1987; TRIVELIN et al., 2002a). Geralmente a incorporação de 5 a 10 cm de profundidade já é suficiente para controlar as perdas de NH₃ (ANJOS; TEDECO, 1976; NELSON, 1982; CANTARELLA et al., 1999). A incorporação da ureia ao solo também pode ser feita pela irrigação ou pela água da chuva. Em solos descobertos 10 a 20 mm de chuva ou irrigação são suficientes para incorporar a ureia ao solo (TERMAN, 1979; HARGROVE, 1988b). Na presença de palha, a exigência de lâmina de água sofre um aumento. Prammanee et al. (1989) mediram perdas de 21% do N-ureia aplicado sobre um solo coberto com palha de cana que recebeu 100 mm de chuvas intermitentes durante 3 dias.

No Brasil, inúmeros experimentos feitos em condições de campo com a aplicação de ureia sobre palhada de cana têm mostrado perdas que podem atingir 20 a 40%, ou mais, do N aplicado (CANTARELLA et al., 1999). Oliveira (1999) relatou recuperação de 40% pela cana-de-açúcar do ^{15}N -fertilizante quando a fonte nitrogenada foi enterrada no solo, valores próximos foram obtidos por Chapman et al. (1994) e Trivelin et al. (1995). Gava (1999) encontrou recuperação do ^{15}N -fertilizante na planta em torno de 10% quando a ureia + vinhaça foi aplicada sobre a palhada. Chapman et al. (1994) obtiveram, na Austrália, recuperação de 18 e 33% da ureia aplicada em superfície e em profundidade, respectivamente, na colheita.

A mistura de ureia com outros fertilizantes nitrogenados consiste em outra alternativa para reduzir as perdas de N-NH_3 por volatilização. A mistura de ureia com sulfato de amônio na proporção 50% e 50% reduziu as perdas de amônia devido à menor quantidade de ureia, bem como pelo efeito acidificante do sulfato de amônio, que pode diminuir o efeito local de elevação do pH provocado pela hidrólise da ureia (VITTI et al., 2002). Formulações líquidas, tais como o uran e soluções de ureia, quando aplicadas em faixas podem ter menores perdas de N-NH_3 , pois ocorre uma ligeira incorporação ao solo do fertilizante em uma área e, em alguns casos, a saturação da uréase na região de aplicação.

Soluções amoniacais, como a aquamônia e amônia anidra, quando incorporadas ao solo têm eficiência comparada às demais fontes de nitrogênio, e são alternativas com preços competitivos no mercado, entretanto pouca tem sido a oferta destes produtos no mercado (TRIVELIN et al., 1995). Trivelin et al. (1997, 1998) observaram que a acidez da vinhaça pode ser usada para neutralizar a alcalinidade de soluções amoniacais, permitindo que o produto seja aplicado em superfície. As perdas por volatilização de N-NH_3 da mistura de vinhaça e aquamônia aplicada sobre palha de cana (5 a 7% do N aplicado) foram inferiores às encontradas com a adição de solução de ureia sobre a palha (11%). Perdas de N-NH_3 relativamente baixas (6,4% do N aplicado) com o uso de aquamônia misturada à vinhaça também foram relatadas por Vitti et al. (2005), os quais também observaram que as produções de colmos obtidas com aquela fonte não diferiram das conseguidas com sulfato de amônio e nitrato de amônio. A incorporação da ureia, em áreas de cana colhida sem despalha a fogo, elimina ou reduz substancialmente as perdas de N-NH_3 por volatilização e aumenta a eficiência de uso do N quando comparado com a aplicação sobre a palha (TRIVELIN et al., 2002a; CANTARELLA et al., 1999; GAVA et al., 2000a).

Entretanto, a incorporação do fertilizante acrescenta custos adicionais de operações, aumenta o tempo de aplicação de adubo ao solo e exige tratores com maior potência. Uma

alternativa viável seria incorporar a ureia através da ação de chuvas ou por água de irrigação, mas, como a hidrólise da ureia é rápida, a precipitação pluvial em quantidade suficiente tem que ocorrer dentro de 1 a 3 dias para ser efetiva (FRENEY et al., 1994). A presença da palha faz aumentar o volume de chuva necessário para a efetiva incorporação do fertilizante. Em áreas de solo descoberto, 10 a 20 mm de chuva ou irrigação são considerados suficientes para incorporar a ureia ao solo e reduzir ou eliminar as perdas de N-NH₃ (TERMAN et al., 1979). Oliveira et al. (1999) relataram que com 38 mm de chuva ainda houve perdas significativas do N-ureia aplicado. A explicação oferecida por Freney et al. (1994), para a maior necessidade de água para incorporar a ureia ao solo em sistemas com muita palha, é que a água desce por canais preferenciais formados pela estruturação espacial dos materiais grosseiramente picados, e não consegue dissolver e arrastar eficazmente toda a ureia para o solo, pois parte desta fica protegida sob a palha. Entretanto, a adubação na cultura da cana-de-açúcar é feita de maio a dezembro, havendo períodos em que a quantidade de chuva é insuficiente para auxiliar a incorporação da ureia ao solo.

Com o objetivo de reduzir as perdas dos fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura, os fertilizantes estabilizados e de liberação lenta ou controlada possuem agentes químicos, biológicos ou físicos, que resulta em melhor aproveitamento efetivo do nutriente aplicado, garantindo uma melhor nutrição para as plantas e otimização do uso de fertilizantes (BARTELEGA, LUCAS, 2018).

2.8. Fertilizantes de liberação lenta

O uso de fertilizantes nitrogenados com recobrimento de polímeros pode agir tanto inibindo enzimas como a uréase ou alterando a difusão dos elementos essenciais pelos grânulos do adubo. Inibidores de uréase diminuem as perdas por volatilização de amônia. O Nitro mais® é um fertilizante nitrogenado que pode ser aplicado mesmo em condições não favoráveis em cobertura, devido à baixa volatilização de seu nitrogênio é alternativa em relação a outras fontes nitrogenadas como sulfato de amônia (HERINGER, 2017).

O grupo de fertilizantes estabilizados são os que reduzem a atividade da enzima urease. Esta enzima pertence a um grupo que ocorre em abundância na natureza, pode ser encontrada em animais, plantas, fungos, bactérias e algas. A função da urease é catalisar a reação de hidrólise da ureia. A enzima presente no solo é advinda de restos de vegetais e células microbianas (KRAJEWSKA, 2009). Sendo assim, adubação com ureia sobre restos de culturas, como folhas e galhos, que promovem maior teor de matéria orgânica, a atividade da enzima

urease é maior, potencializando a reação de hidrólise da ureia e conseqüentemente, suas perdas por volatilização da amônia (BARTELEGA, LUCAS, 2018).

Fertilizantes estabilizados ou de liberação lenta são os que possuem algum tipo de aditivo, fazendo com que o fertilizante permaneça por mais tempo na forma em que foi aplicado, impedindo a transformação do nitrogênio para alguma forma susceptível a perdas (TRENKEL, 2010, NAZ e SULAIMAN, 2016). O recobrimento desses fertilizantes pode ser realizado com polímeros inorgânicos, orgânicos e sintéticos. Essas substâncias são derivadas de poliamidas, enxofre elementar (FERREIRA, 2012), micronutrientes como cobre e boro, ácidos húmicos, carvão oxidado (GUIMARÃES, 2011; PAIVA et al., 2012) ou outros aditivos. Ainda, segundo Vitti e Heirinchs (2007) os polímeros podem ser à base de enxofre, polímeros, látex, ceras, fosfatos de magnésio e amônio, fosfatos de potássio e magnésio, gesso agrícola, fosfato de rocha e turfa.

Um dos meios de impedir a catalisação da urease é a adição de íons metálicos à ureia. Dentre eles se destacam o cobre (Cu), molibdênio (Mo), cobalto (Co), zinco (Zn), manganês (Mn), prata (Ag), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg); esses íons reagem com o grupo sulfidril, bloqueando o sítio ativo da enzima (ADOTEY et al., 2017; KRAJEWSKA, 2009). É mais viável a utilização de elementos capazes de inibir a atividade da urease e que também são nutrientes essenciais às plantas, assim, o próprio inibidor é absorvido pelas plantas e utilizado no seu metabolismo sem deixar resíduo no solo (SILVA, 2016).

Outro inibidor de urease bem conhecido é o ácido bórico (H_3BO_3), por possuir uma estrutura muito semelhante à da ureia, funciona como um substrato análogo. O ácido bórico substitui quase que perfeitamente as moléculas de água ligadas ao níquel do centro da reação (HERINGER et al., 2008; BENINI et al., 2004).

A menor velocidade de liberação dos fertilizantes de liberação controlada é devida à uma série de fatores voltados para as condições do meio e também para as características do revestimento do fertilizante (OERTLI, 1980) Segundo Chitolina (1994), a disponibilidade de água adequada no solo e a temperatura na faixa de 21°C aumentam a eficiência dos fertilizantes de liberação controlada devido à expansão dos m

ateriais encapsulados com polímero e o surgimento de fissuras no revestimento, o que facilita a liberação do nutriente. Simultaneamente, a água presente no solo penetra no grânulo e atua na dissolução e carreamento do nutriente para a solução do solo.

A adição de cobre e boro à ureia além de servir como nutrientes às plantas é eficiente na redução da atividade da urease (HERINGER et al., 2008), podendo chegar à redução de

perdas em até 54% (STAFANATO et al., 2013). A ureia + cobre + boro, apresentaram uma redução de 42% de perdas em comparação com a ureia convencional, totalizando cerca de 21% do aplicado perdido na forma de N-NH₃ (BARTELEGA, LUCAS, 2018).

Como vantagem da utilização desses fertilizantes pode-se citar a redução das perdas de nutrientes e o aumento da eficiência de uso destes pela planta. Uma diminuição mínima de 20% a 30% (ou mais) da taxa de aplicação recomendada de um fertilizante convencional é possível quando se utiliza fertilizantes de liberação lenta ou controlada, mantendo o mesmo aplicação desses fertilizantes pode reduzir o estresse salino, especialmente em mudas, que são afetadas pelas aplicações de fertilizantes solúveis altamente concentrados, proporcionando danos específicos em diferentes estágios do crescimento.

Em suma, fertilizantes de liberação lenta e controlada melhoram a absorção de nutrientes pelas plantas através da sincronização de liberação de elementos essenciais e reduzem significativamente as eventuais perdas, particularmente do nitrato por lixiviação e perdas por volatilização de amônia o que reduz substancialmente o risco de poluição ambiental (BORSARI, 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Durante a escolha da área de instalação foi preciso atentar-se à alguns critérios, sendo eles, não ter recebido adubação nitrogenada recente, baixo índice de falhas, boa distribuição de plantas e elevado potencial de produção. O experimento foi realizado em época chuvosa, Outubro 2016, utilizando-se a variedade CTC 4 de segundo corte, a qual apresenta ciclo médio/tardio, excelente brotação de soqueiras, alta produtividade e alto teor de sacarose (ASSOCICANA, 2012), no município de Goiatuba-GO, na Usina Goiasa em uma de suas aérea de produção da cultura da cana-de-açúcar, localizado no setor Modelo, unidade de produção 538, talhão 3476.

O experimento contou com um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 5 + 1, totalizando 44 parcelas experimentais. Dessa maneira, foram avaliadas duas fontes de N sendo que, além da Ureia Revestida (Nitromais): 44,6% N, 0,4% B, 0,15% Cu (100% solúveis) (UR), utilizou-se também a fonte convencional nitrato de amônio 33-03-00 (NA) para fins de comparação. As doses de N foram estabelecidas de acordo com a recomendação de adubação nitrogenada da área em que o experimento foi instalado (500 kg ha⁻¹ de 12-06-26), utilizando-se doses iguais a 33%, 50%,

100%, 133% e 150% da dose recomendada. Sendo também avaliado um adicional controle sem a aplicação de quaisquer fontes. Os tratamentos e as doses de nutrientes utilizadas estão mostrados na tabela 1 e os dados de precipitação nas áreas experimentais estão apresentados na figura 4.

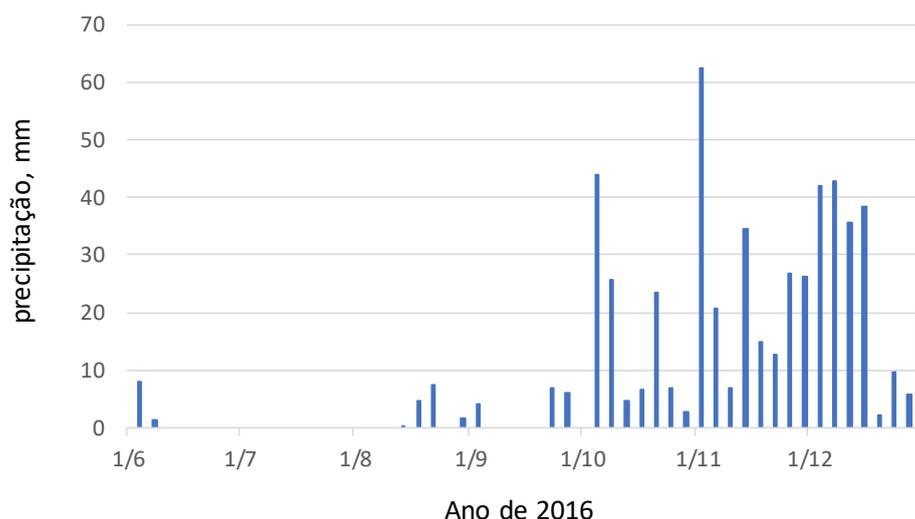


Figura 4 Precipitação na área dos experimentos no período de junho e dezembro de 2016

Tabela 1 Fontes e doses utilizadas em cada tratamento.

Produto	Dose de N	
	% da recomendação***	kg ha ⁻¹
Testemunha	0	0
UR*	33%	20
UR*	50%	30
UR*	100%	60
UR*	133%	80
UR*	150%	90
NA**	33%	20
NA**	50%	30
NA**	100%	60
NA**	133%	80
NA**	150%	90

*Ureia Revestida (Nitromais): 44,6% N, 0,4% B, 0,15% Cu.

** Nitrato de amônio: 33-03-00

***Recomendação fornecida pela usina: 500 kg ha⁻¹ de 12-06-26.

A constituição das parcelas contou com 5 linhas de cana-de-açúcar com 10 m de comprimento e espaçadas 1,5 m entre si (Figura 5). A área de cultivo de cada parcela foi de 75 m², sendo que, entre cada uma das parcelas, adotou-se ainda um espaçamento de 3 m nas

cabeceiras. Ressalta-se ainda que todas as parcelas receberam 106 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 217 kg ha^{-1} de K_2O através das fontes superfosfato triplo e KCl , respectivamente.



Figura 5 Parcela experimental constituída por 5 linhas de cana-de-açúcar com 10 m de comprimento e espaçadas 1,5 m entre si e 3 m nas cabeceiras de cada parcela

3.1. Instalação

Em outubro de 2016 foram feitas as aplicações dos tratamentos, utilizou-se a variedade CTC 4 de segundo corte, essa que apresenta ciclo médio/tardio, com excelente brotação de soqueiras, alta produtividade e alto teor de sacarose (ASSOCICANA, 2012). A aplicação dos tratamentos foi realizada de maneira manual, sobre a palhada e sobre a brotação da soqueira da cana-de-açúcar, abrangendo uma faixa de aproximadamente 50 cm (Figura 6).



Figura 6 Distribuição e aplicação dos tratamentos.

3.2. Avaliações

3.2.1. Falhas de brotação

Em janeiro de 2017, com 69 dias após a aplicação dos produtos (DAA), foi feita a mensuração manual das falhas de brotação, conforme descrito pela metodologia de Stolf (1986), que consiste na medição de falhas de plantio acima de 49 cm ao longo da linha (Figuras 7, 8 e 9), obtendo-se um índice em porcentagem para cada parcela.

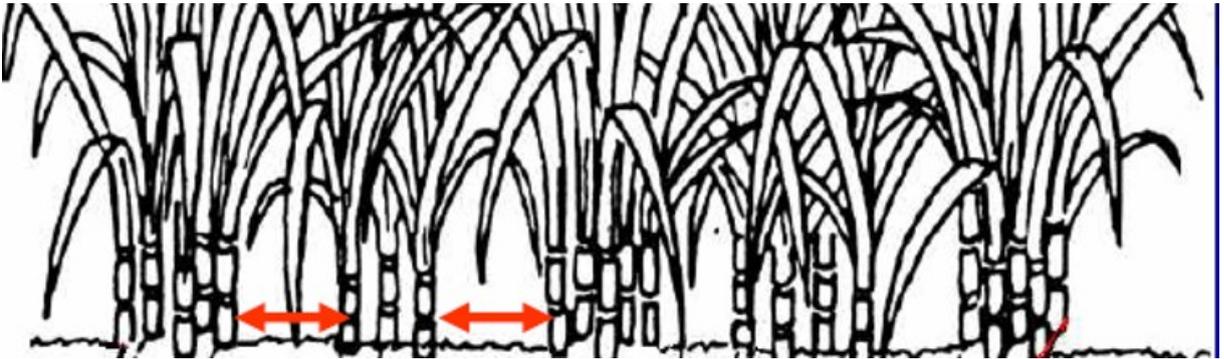


Figura 7 Menor que 49 cm não considera falha



Figura 8 Maior que 49cm já considera como falha



Figura 9 Exemplo de falha

3.2.2. Análise de foliar (N foliar)

Ao atingir aos 69 dias após a aplicação dos produtos (DAA), em janeiro de 2017, foi realizada a análise dos teores de N nas folhas da cana-de-açúcar. Para tal, coletaram-se 2 folhas (TVD - Top Visible Dewlap) (Figuras 10 e 11) de cada uma das 5 linhas da parcela, totalizando 10 folhas por parcela (Figura 12). A TVD é definida como a primeira folha com a lígula visível (Figura 10 e 11), das quais foram retirados o terço médio e a nervura central para a posterior análise laboratorial. Os teores de N foliar foram determinados pelo método semi-micro Kjeldahl proposto pela EMBRAPA (EMBRAPA, 1997).

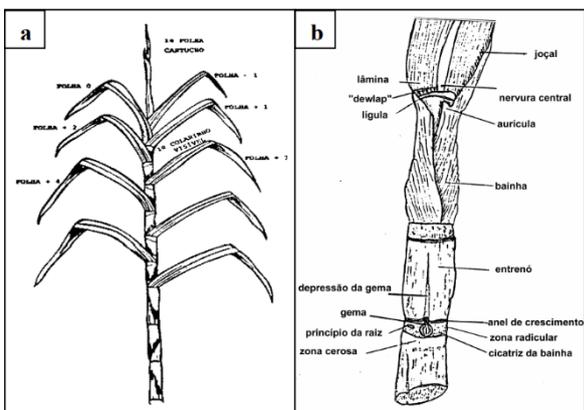


Figura 10 a) Sistema Kuijper de numeração de folhas (adaptado de Dillewijn, 1952); b) Colmo, bainha e lâmina foliar de cana-de-açúcar. Fonte: Artschwager (1925).



Figura 11 Folha coletada para a análise de N foliar (primeira folha com a lígula visível).



Figura 12 Coleta de 10 folhas (TVD - Top Visible Dewlap) por parcela e retirada das extremidades de cada folha

3.2.3. Número de perfilho por metro linear (perfilho m⁻¹)

Em março de 2017, momento em que a cana atingia 126 dias após a aplicação dos produtos (DAA), foi realizada a contagem do número de perfilho presentes nas 3 linhas centrais de cada parcela, para que assim, fosse possível avaliar o número de perfilhos por metro linear, através da relação entre o número total de perfilho obtidos na contagem pelo total de metros lineares avaliados (figura 13).



Figura 13 Contagem de perfilho

3.2.4. Toneladas de colmos por hectare (TCH)

Em novembro de 2017, ao passo que a cana atingiu seus 383 dias após a aplicação dos produtos (DAA), efetuou-se a colheita de forma manual da cana-de-açúcar, colhendo 2 metros lineares em cada uma das 3 linhas centrais de cada parcela. A cana cortada foi despontada e pesada com o auxílio de balança acoplada a um tripé de sustentação (Figura 14), determinando-se assim o peso da cana colhida nessa área da parcela. A produtividade foi determinada convertendo-se os pesos obtidos para t ha⁻¹, para a obtenção dos valores de tonelada de colmo por hectare (TCH).



Figura 14 Pesagem das canas colhidas utilizando-se balança acoplada à um tripé de sustentação

3.2.5. Análises tecnológicas

Para a realização das análises tecnológicas, foram amostrados de forma aleatória 10 colmos no montante feito para a pesagem, os quais foram despalhados, pesados e identificados para envio ao laboratório (Figura 15). Em seguida, os materiais obtidos foram submetidos à análise tecnológica no laboratório da usina onde o experimento foi instalado, seguindo metodologia proposta por CONSECANA (2006). Determinou-se o teor de açúcar total recuperável (ATR em kg tc^{-1}), usado também para o cálculo da produção de açúcar por hectare (TAH), multiplicando-o pelo TCH.



Figura 15 Despalha e amostras de colmos enviadas ao laboratório.

3.2.6. Análise estatística

As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016). Compararam-se as médias pelos Testes de Tukey (0,10 de significância) e Dunnet (0,10 de significância). Para a variável dose, realizou-se análise de regressão (0,10 de significância) com auxílio do programa estatístico SISVAR versão 5.3 (FERREIRA, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Número de perfilho por metro linear (perfilho m⁻¹)

Comparando as fontes nitrogenadas com o tratamento controle (0% de N), observamos maior número de perfilho com a presença da aplicação de N, independentemente da dose e fonte utilizada (Tabela 2). A aplicação da ureia com revestimento nas duas maiores doses (133 e 150% de N), promoveu número de perfilho por metro linear superior aos tratamentos onde a fonte convencional NA foi utilizada, variando de 14,7 a 23,1 para UR e 14,7 a 20,6 para NA.

A cultura da cana-de-açúcar é muito influenciada pelas condições edafoclimáticas (MANHÃES et al., 2015). Períodos de limitação hídrica durante a fase de perfilhamento resultam na diminuição da emissão de novos perfilho, podendo cessar a divisão celular e impedindo a diferenciação e o crescimento dos tecidos que darão origem às novas estruturas dos perfilho (BEZUIDENHOUT et al., 2003). A boa taxa de perfilhamento da cana-de-açúcar no experimento pode estar relacionada com a época de instalação, chuvosa, a qual contribuiu para reduzir as perdas de N e conseqüentemente gerou um melhor aproveitamento das fontes de N.

Tabela 2. Número de perfilho por metro linear (perfilho m⁻¹) em função da aplicação de diferentes doses de fertilizantes nitrogenados, março de 2017, 126 dias após a aplicação dos produtos (DAA).

Dose de N		Perfilho (perfilho m ⁻¹)	
% da recomendação	kg ha ⁻¹	Ureia Revestida	Nitrato de Amônio
0	0	14,7	
33	20	18,5 A*	19,0 A*
50	30	18,7 A*	18,8 A*
100	60	21,1 A*	20,6 A*
133	80	23,2 A*	19,6 B*
150	90	20,2 A*	18,9 B*

DMSTukey: 1,0; DMSDunnet: 1,4; CV(%): 3,6.

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,10 de significância.

* Diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet a 0,10 de significância.

Na figura 16 podemos observar que, com o aumento das doses de ambas as fontes nitrogenadas obteve-se ajuste de regressão polinomial quadrático quanto ao número de perfilho. Sendo assim, seriam observados maiores números de perfilho por metro linear com a aplicação

das fontes UR e do NA nas doses de 120% (72 kg ha⁻¹ de N) e 100% (60 kg ha⁻¹ de N) da dose recomendada de N, respectivamente.

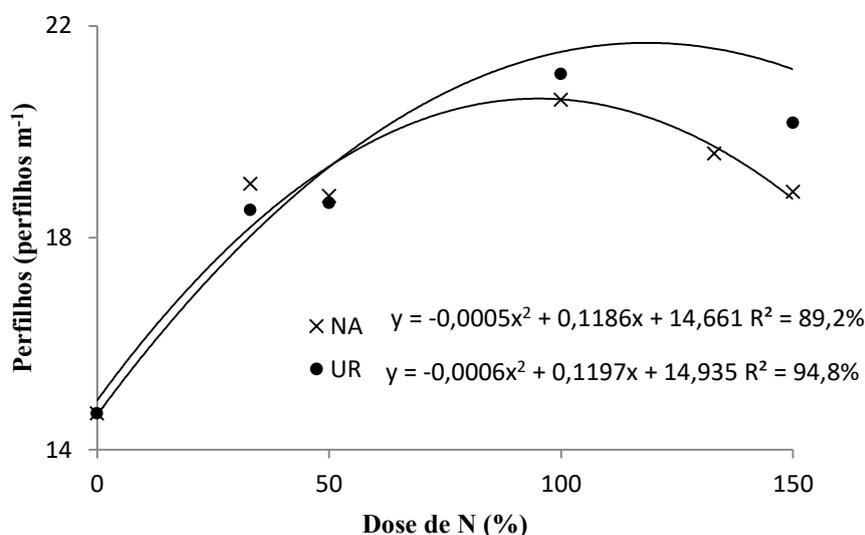


Figura 16 Número de perfilho por metro linear (perfilho m⁻¹) em função da aplicação de doses crescentes de fertilizantes nitrogenados.

4.2. Nitrogênio foliar (g kg⁻¹)

Em relação aos teores de N foliar, de forma geral nos tratamentos em que as fontes nitrogenadas foram aplicadas, observaram-se teores superiores àqueles em que não houve a aplicação de N (tratamento controle) (Tabela 6). Fatores como clima, ciclo da cultura e tipo de solo influenciam na composição mineral da planta (FRANCO et al., 2007). Sendo assim, as temperaturas elevadas e a boa disponibilidade hídrica durante o período chuvoso elevaram as atividades metabólicas das plantas, aumentando a concentração de N nas folhas. Para a cultura da cana-de-açúcar, é possível observar, muitas vezes, diferenças na produção de colmos e nos atributos tecnológicos com o manejo da adubação, sem haver detecção das diferenças na análise foliar (FARONI et al., 2009; FRANCO et al., 2010). Neste sentido explica-se a não diferença entre as fontes quanto aos teores de N em folhas de cana-de-açúcar, não sendo obtido o ajuste de modelo de regressão significativo que expresse o aumento das doses de N nos teores de N foliar (Figura 17).

Tabela 6. N foliar (g kg^{-1}) de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de diferentes doses de fertilizantes nitrogenados, em janeiro de 2017, 69 dias após a aplicação dos produtos (DAA).

Dose de N		N foliar (g kg^{-1})	
% da recomendação	kg ha^{-1}	Ureia Revestida	Nitrato de Amônio
0	0	20,7	
33	20	23,1 A*	22,8 A*
50	30	22,0 A	21,7 A
100	60	23,0 A*	22,8 A*
133	80	23,6 A*	23,5 A*
150	90	22,7 A*	23,6 A*

DMSDunnet: 2,1; CV(%): 4,5.

* Diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet a 0,10 de significância.

4.3. Toneladas de colmo por hectare (TCH) (t ha^{-1})

Observa-se que em todas as doses utilizadas no período chuvoso, o fertilizante com revestimento (UR) promoveu uma produtividade média de colmos superior ao tratamento controle (Tabela 3).

Tabela 3. Toneladas de colmos por hectare (t ha^{-1}) em função da aplicação de diferentes doses de fertilizantes nitrogenados, colheita em novembro de 2017, aos 383 dias após a aplicação dos produtos (DAA).

Dose de N		TCH (t ha^{-1})	
% da recomendação	kg ha^{-1}	Ureia Revestida	Nitrato de Amônio
0	0	91,5	
33	20	103,9 A*	106,1 A*
50	30	102,1 A*	78,5 B*
100	60	123,0 A*	107,8 B*
133	80	127,9 A*	96,7 B
150	90	133,3 A*	97,4 B

DMSTukey: 6,3; DMSDunnet: 8,9; CV(%): 4,1.

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,10 de significância.

* Diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet a 0,10 de significância.

Vitti et al. (2007) afirmam que o manejo inadequado de um canavial, especialmente da adubação nitrogenada, pode resultar tanto em redução da produtividade da cultura quanto na sua longevidade, reduzindo, por conseguinte, o número de colheitas ou cortes entre as reformas da cana-de-açúcar. Dessa forma, em regiões com solos intemperizados e com baixos teores de matéria orgânica, a exemplo dos solos brasileiros, recomenda-se a aplicação de aproximadamente $30 \text{ kg de N ha}^{-1}$ no sulco de plantio, bem como de $40 \text{ kg a } 60 \text{ kg de N ha}^{-1}$

aos 120 dias após o plantio e, na cana-soca, aproximadamente 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ (KORNDÖRFER, 2018).

Segundo Lara et al. (1997), são necessários 28 mm de água para incorporar a ureia em área de cana quando a palha esta presente. A aplicação da ureia revestida resultou em valores de TCH superiores ao tratamento convencional (NA) que pode ser explicado devido o grande volume de chuvas após sua implantação, favorecendo a UR a ter um melhor aproveitamento em comparação ao NA, exceto quando utilizado na dose de 33% de N. Assim, quando aplicadas na dose de 150% de N (90 kg ha⁻¹ de N), a fonte com revestimento resultou em 35,9 toneladas de colmos por hectare a mais que a fonte nitrato de amônio e 41,8 toneladas de colmos por hectare a mais quando comparada a fonte testemunha sem N. Resultado que pode ter sido influenciado devido ao grande volume de chuvas após a implantação do experimento, conforme visto na figura 3, isso pode ter favorecido a UR a ter um melhor aproveitamento em comparação ao NA. Ainda pode-se observar acréscimos lineares nos valores de TCH, obtidos com o aumento das doses da fonte ureia revestida (Figura 17). Onde a cada 1% de N adicionado através desta fonte, aumentos de 0,3 tonelada de colmos por hectare são observados. De modo geral, as significativas reduções nas perdas de N por volatilização podem ser explicadas pela ação inibitória tanto do Cu quanto do B sobre a atividade da uréase (STAFANATO et al., 2013) aumentando sua eficiência em campo.

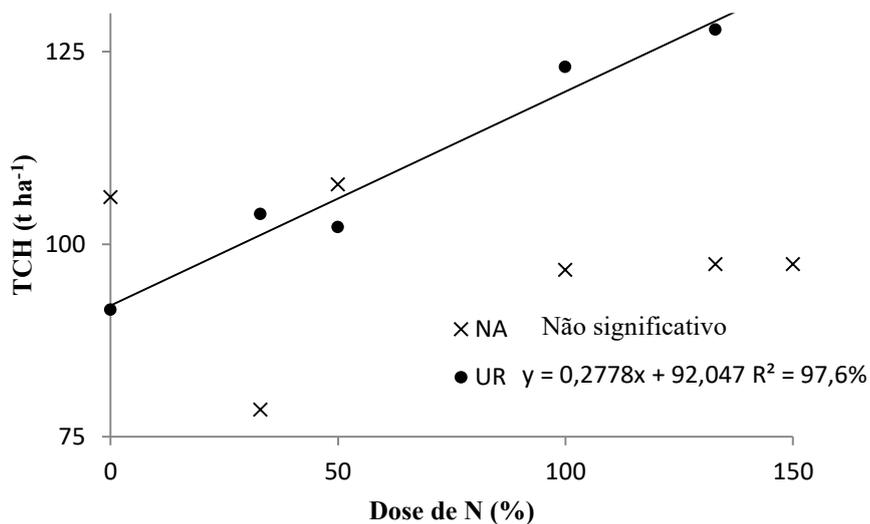


Figura 17 Toneladas de colmos por hectare (TCH) em função da aplicação de doses crescentes de fertilizantes nitrogenados.

4.4. Variáveis tecnológicas

Em relação aos valores de açúcar total recuperável, podemos observar que nas doses de 50, 100 e 133%, maiores teores de ATR foram obtidos com a aplicação da fonte com revestimento (UR) e ambas fontes nitrogenadas responderam de forma semelhante quando aplicadas nas doses de 33 e 150% N (Tabela 4). Ademais, a aplicação de 33, 50, 100, 133 e 150% de N através da fonte com revestimento promoveu teores de ATR superiores ao tratamento controle e NA.

Com o aumento das doses de ureia revestida o ajuste de modelo de regressão polinomial quadrático foi obtido. Assim, maiores teores de ATR seriam observados na dose de 85% de N (51 kg ha⁻¹ de N) (Figura 18). O efeito depressivo do aumento das doses de N na qualidade da matéria-prima da cana-de-açúcar pode estar associado ao prolongamento do período vegetativo ocasionado pela elevada absorção de N (CASAGRANDE, 1991). Dessa forma, altos níveis de N podem resultar, muitas vezes, na redução de açúcares redutores (HART, 1970).

Tabela 4. ATR (kg tc⁻¹) da cana-de-açúcar em função da aplicação de diferentes doses de fertilizantes nitrogenados, novembro de 2017, aos 383 dias após a aplicação dos produtos (DAA).

Dose de N		ATR (kg tc ⁻¹)	
% da recomendação	kg ha ⁻¹	Ureia Revestida	Nitrato de Amônio
0	0	148,1	
33	20	156,0 A*	157,3 A*
50	30	162,9 A*	145,5 B
100	60	158,2 A*	149,0 B
133	80	161,2 A*	144,8 B
150	90	153,6 A	149,2 A

DMSTukey: 5,1; DMSDunnet: 12,9; CV(%): 2,3.

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,10 de significância.

* Diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet a 0,10 de significância.

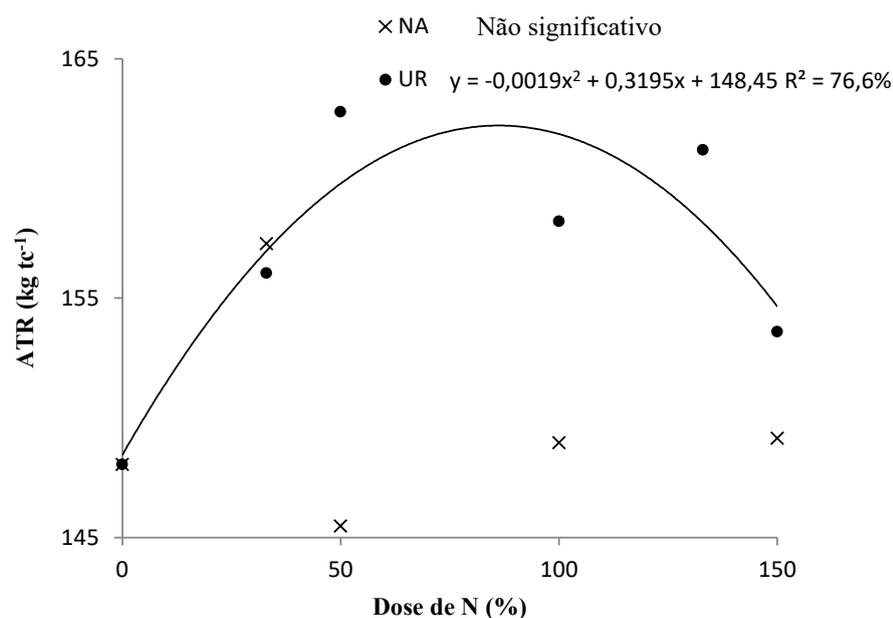


Figura 18 Açúcares totais recuperáveis (ATR) em função da aplicação de doses crescentes de fertilizantes nitrogenados.

Em relação a valores de TAH observou-se que a aplicação da fonte nitrogenada UR, nas duas maiores doses utilizadas, resultou em valores superiores à fonte convencional NA (Tabela 5). Sendo que quando aplicada na dose de 133%, esta fonte proporcionou valores de toneladas de açúcar por hectare superior ao tratamento controle.

Tabela 5. TAH (t ha⁻¹) da cana-de-açúcar em função da aplicação de diferentes doses de fertilizantes nitrogenados, novembro de 2017, aos 383 dias após a aplicação dos produtos (DAA).

Dose de N		TAH (t ha ⁻¹)	
% da recomendação	kg ha ⁻¹	Ureia Revestida	Nitrato de Amônio
0	0	15,6	
33	20	14,3 A	15,5 A
50	30	14,6 A	13,3 A
100	60	18,0 A	15,8 A
133	80	19,8 A*	13,0 B
150	90	18,5 A	15,5 B

DMSTukey: 2,7 DMSDunnet: 3,9; CV(%): 11,9.

* Diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet a 0,10 de significância.

Através da figura 19, podemos observar que com o aumento das doses de ureia revestida obteve-se aumentos lineares nos valores de TAH. Dessa forma, a cada 1% de N adicionado através desta fonte, acréscimos de 0,03 toneladas de açúcar por hectare são obtidos.

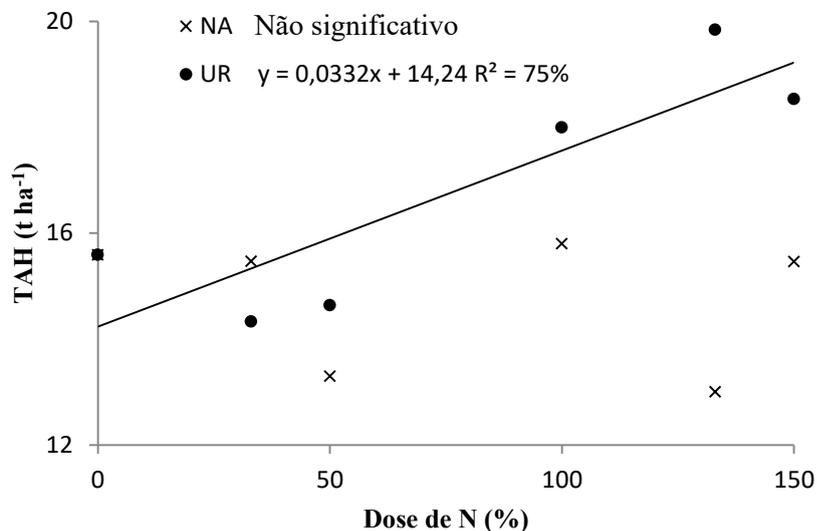


Figura 19. Toneladas de açúcar por hectare (TAH) em função da aplicação de doses crescentes de N (médias das duas fontes).

5. Conclusão

Com os dados obtidos verificamos que a ureia revestida se mostrou mais eficiente em relação ao nitrato de amônio como fonte de N para a cana soca, exceto na dose de 20 kg ha⁻¹ de N. A aplicação da ureia com revestimento nas doses de 80 e 90 kg ha⁻¹ de N resultaram em maior perfilhamento e em valores de toneladas de açúcar por hectare superiores ao tratamento convencional (Nitrato de amônio). Nas doses de 30, 60 e 80 kg ha⁻¹ de N com a aplicação da fonte com revestimento observou-se maiores teores de ATR. Por fim, na dose de 90 kg ha⁻¹ de N, a fonte com revestimento resultou em 35,9 e 41,8 toneladas de colmos por hectare a mais que a fonte nitrato de amônio e testemunha sem aplicação de N, respectivamente. Assim a ureia revestida se mostrou uma ótima opção para aplicação na cana soca em época chuvosa.

6. REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F., et al. (eds.). **Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de ciência do solo.** 2007. p. 645 – 736.
- ADOTEY, N. et al. **Ammonia volatilization of zinc sulfate-coated and NBPT-Treated urea fertilizers.** *Agronomy Journal*, Madison, v. 109, N. 6, p. 2918-2926, Sept. 2017.
- AMADO, L. O. **Massa seca de milho em função de micronutrientes e calagem.** 2005. 25 f. Relatório (Estágio Supervisionado em Agronomia). Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá. 2005.
- AMARAL, A. S. do. **Legislação de fertilizantes no Brasil. I Workshop de Fertilizantes.** Viçosa. 2013.
- ANDRADE, L. A. de B.; BOCARDO, M. R.; CORREA, J. B. D.; CARVALHO, G. J de. **Efeitos do nitrogênio, aplicado nas formas líquida ou sólida, em soqueira de cana-de-açúcar.** *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 24, n. 2, p. 516 – 520, abr-jun. 2000.
- BAJAY, S.V. et al. **Caracterização energética dos setores industriais: relatório técnico do projeto versando sobre “análise e desenvolvimento de metodologia visando a implementação de projetos de eficiência energética na indústria”.** [Campinas]: CNI; Universidade Estadual de Campinas, 2008, 125 p.
- BALAY, H.L. **Quality control of liquids and suspensions.** In: INDIANA PLANT FOOD AND AGRICULTURAL CHEMICALS CONFERENCE. Purdue University. West Lafayette, Indiana. Dec 11-12, 1984.
- BEGUN, M.; NARAYANASAMY, G.; BISWAS, D.R. **Phosphorus supplying capacity of phosphate rocks as influenced by compaction uit water-soluble p fertilizers: nutrient cycling in agroecosystems.** [s.l.], 2004.
- BENINI, S. et al. **Molecular details of urease inhibition by boric acid: insights into the catalytic mechanism.** *Journal of the American Chemical Society*, Easton, v. 126, n. 12, p. 3714-3715, Mar. 2004.
- BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. **Fracionamento quantitativo de substâncias húmicas: um procedimento simplificado e de baixo custo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 14p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 16).
- BENITES, V. N.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. **Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil.** *Anais... FertBio*, Guarapari-ES. 4p, 2010.
- BERTANI, R. M. A. **Eficiência agrônômica de fosfatos na cultura da batata (*Solanum tuberosum ssp tuberosum*).** 1998. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- BEZUIDENHOUT, C. N.; O’LEARY, G. J.; SINGELS, A.; BAJIC, V. B. **A Process-based model to simulate changes in tiller density and light interception of sugarcane crops.** *Agricultural Systems*, Amsterdam, v. 76, n. 2, p. 589-599, 2003.
- BICHARA, J.M. **Fertilizantes fluidos.** In: **Curso de Introdução à Tecnologia de Fertilizantes**, CEFER/IPT, São Paulo, 1986. p.9.

- BLAYLOCK, A. **O futuro dos fertilizantes nitrogenados de liberação controlada.** Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 120, p. 8-10, 2007.
- BONO, J.A.M.; RODRIGUES, A.P.D.A.C.; MAUAD, M.; ALBUQUERQUE, J.C.; YAMAMOTO, C.R.; CHERMOUTH, K.S.; FREITAS, M.E. **Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho.** Agrarian, 1: 91-102, 2008.
- BORSARI, F. **Fertilizantes inteligentes.** Revista AgroDBO. Junho 2013. p. 54-57. 2013
- Bredemeier, C.; Mundstock C. M. (2000). **Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas.** Ciência Rural, 30:365-372
- CACERES, N.T.; KORNDORFER, G.H. **Situação da adubação fluida das Usinas Cooperadas.** BOLETIM TECNICO. COPERSUCAR. São Paulo. (42):p31-37, 1988.
- CAMPOS, Marcelo F. et al. **Desenvolvimento de plantas de soja em resposta aos reguladores vegetais.** Nota Científica. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, p. 9-11, 2007.
- CARDOSO., et al. **Produtividade de batata, cv Ágata, submetida a diferentes doses de fertilizante organomineral.** In: CBCS 2013. Ciência do Solo: Para que e para quem? Programa & Resumos. Florianópolis, 2013. Anais... Epagri e SBCS, ISBN: 978-85-85014-71-1, Florianópolis, 2013.
- CARDOSO., et al. **Produtividade de batata, cv atlantic, submetida a diferentes doses de fertilizante organomineral.** In: CBCS 2013. Ciência do Solo: Para que e para quem? Programa & Resumos. Florianópolis, 2013. Anais... Epagri e SBCS, ISBN: 978-85-85014-71-1, Florianópolis, 2013a.
- CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar.** Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157 p.
- Castro de Araújo, Daniel Féo, e Araújo Sobrinho, Fernando Luiz, e "A cultura agrícola da cana-de-açúcar no Brasil: contribuição ao estudo dos territórios rurais e suas contradições e conflitos." GEOPAUTA, vol. 4, não. 1, 2020, pp.162-183. Redalyc, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=574363075009>
- CASTRO, P. R. E.; VIEIRA, E L. **Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro. V. Feijão irrigado: tecnologia e produtividade.** Piracicaba: ESALQ, 2003. p. 28.
- CASTRO, P. R. C.; MELLOTO, E. **Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar.** In: BOARETO, A. E.; ROSOLEM, C. A. Adubação foliar. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 1, cap. 8, p. 191-235.
- CASTRO, P. R. C.; PITELLI, A. M. C. M.; PERES, L. E. P.; ARAMAKI, P. H. **Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes.** UEPG Exact Earth Sci. – Agr. Sci. Eng., Ponta Grossa, v.13 (3). p.25-29, 2007.
- CATO, S. C.; CASTRO, Paulo R. C. **Redução da estatura de plantas de soja causada pelo ácido 2,3,5 - triiodobenzóico.** Ciência Rural, v.36, n.3, mai-jun, 2006.
- CHITOLINA, J.C. **Fertilizantes de lenta liberação de N: conceitos. Ureia coberta com enxofre.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1994. 16 p.
- CIVARDI, E.A. **Adubação nitrogenada em cobertura do milho em Neossolo Quartzarênico em Jataí-Goiás.** 2009. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) UFG-Campus Jataí, Jataí, GO, 2009.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTCIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, Brasília, DF, v. 8, n. 3, novembro 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE INDÚSTRIA (CNI); ELETROBRÁS. **novas tecnologias para processos industriais: eficiência energética na indústria**. 2005. Disponível em:

<http://www.cni.org.br/portal/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=FF8080812C8533A0012C988AC19D61F0>.

DAVIES, P. J. **Plant Hormones. Biosynthesis, Signal Transduction, Action**. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands, 2004. p. 750.

DECRETO Nº 4.954. 2004. Disponível em: <
http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao/Sanidade_Vegetal/Fertilizantes/Dec_4954_alt_Dec_8059.pdf>.

DUARTE., et al. **Produtividade da soja cultivada com fertilizante organomineral**. In: CBCS 2013. Ciência do Solo: Para que e para quem? Programa & Resumos. Florianópolis, 2013. Anais... Epagri e SBCS, ISBN: 978-85-85014-71-1, Florianópolis, 2013.

ELLIS, B. G.; DAVIS, J. F.; JUDY, W. H. **Effect of method of incorporation of zinc in fertilizer on zinc uptake and yield of pea beans**. Soil Science Society of America Proceediings, Madison, v.29, p. 635-636. 1965.

ESPERANCINI, Maura Seiko Tsutsui et al. **Dose ótima econômica de nitrogênio em cana-deaçúcar aplicada via fertirrigação por gotejamento**. Irriga, v. 1, n. 1, p. 28, 2015.

FAGUNDES, V. **adubação líquida na implantação da lavoura cafeeira (Coffea arabica L.)**. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (Águas de Lindóia, SP). Anais. Brasília, DF. Embrapa Café, 2007.

FAO FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Food Outlook: biannual report on global food markets. Rome/ Italy, FAO, 2019.

FARAG, A.F. **Classification and general characteristics of fluid fertilizers**. In: Fertilizer Physical Properties. Seminar, São Paulo. São Paulo, IPT/CEFER. 23p, 1982.

FARONI, C. E.; TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J.; VITTI, A. C.; OTTO, R. & CANTARELLA, H. **Estado nutricional da cultura de cana-de-açúcar (cana-planta) em experimentos com 15N**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v 33, p. 1919-1927, 2009.

FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. **Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.1, p.45-50, 2002.

Fertilizantes nitrogenados convencionais, estabilizados, de liberação lenta, controlada e blends para o cafeeiro / Lucas Bartelega. - 2018. 68 p.

FERREIRA, D. A. **Eficiência agronômica da ureia revestida com polímero na adubação do milho**. 2012. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

FERRINI, F; NICESE, F. **Reponse of English oak (Quercus robur L.) trees to biostimulants application in the urban environment**. Journal of Arboriculture, Illinois, v.28, n.2, p. 70-75, 2002.

- FRANCO, H.C.J.; TRIVELIN, P.C.O.; FARONI, C.E.F.; VITTI, A.C.; OTTO, R. **Aproveitamento pela cana-de-açúcar da adubação nitrogenada de plantio**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.2763-2770, 2008.
- FRANCO, H. C. J. et al. **Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio**. Bragantia, v. 66, n. 04, p. 669-674, 2007.
- FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; OTTO, R. **Stalk yield and technological attributes of planted cane as related to nitrogen fertilization**. Scientia Agricola, v. 67, n. 5, p. 579–590, 2010.
- FRANCO, H.C.J.; VITTI, A.C.; FARONI, C.E.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. **Estoque de nutrientes em resíduos culturais incorporados ao solo na reforma de áreas com cana-de-açúcar**. STAB, v.25, p.32-36, 2007.
- GARCIA, J. C. ; et al . **Use of organomineral fertilisers on sugarcane productivity in a typicHaplustox soil**. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 2010, Vera Cruz. Proceedings International Society Sugarcane Technology. Vera Cruz : ISSCT, 2010. v. 27. p. 1-5.
- GOZZO, R. A. G. **Fertilizantes fluidos**. Quimbrasil, São Paulo, 1985.
- GUIMARÃES, G.G.F. **Substâncias húmicas como aditivos para o controle da volatilização de amônia proveniente da ureia**. 2011. 26 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) UFV, Viçosa, MG, 2011.
- GUPTA, U. C. **Boron and its role in crop production**. Charlottetown, Prince Edward Island: Agriculture Canada Research Station. 1993. p.46.
- HAMZA, B.; SUGGARS, A. **Biostimulants: myths and realities**. Turfgrass Trends,Newton, v.10, p.6-10, 2001.
- HARGROVE, W. I. **Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions**, In: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E. (Ed.) Ammonia volatilization from urea fertilizers. Alabama: NFDC, TVA, 1988. cap. 2 p.17-36.
- HERINGER, D. D. **Produto fertilizante a base de uréia e processo para fabricação do produto**. [S.l.: s.n.], 2008. 13 p. PI 0700921-6 A.
- HORSCHUTZ, A. C. O et all. **Uso de fertilizantes nitrogenados no desempenho agrônômico da cana-de-açúcar em latossolo vermelho de cerrado**. Tese de Doutorado – Rio Verde, 2017. 72p.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Agropecuário 2006 – Segunda apuração.
- INKOTTE, J.; CUNHA, G. O. M.; BARBOZA, B. B.; FRIEDERICHS, A.; SANTOS, H. J.; CAMPOS, D. V. B. **Capacidade de troca de cátions (CTC) e carbono orgânico de fertilizantes organominerais**. Anais... IX REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. 3p, 2012.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. Piracicaba: E. J. Kiehl. 160p. 2008.
- KORNDÖRFER, G. H. **Improving nutrient management in sugarcane cultivation**. In: ROTT, P. (Ed.). Achieving sustainable cultivation of sugarcane. Cambridge, UK: Burleigh Dodds Science Publishing, 2018. p.131-160.

- KORNDÖRFER, G. H., et al. **Formas de adição de zinco a um formulado NPK e seu efeito sobre a produção de milho.** Scientia Agricola, Piracicaba, v.52, p. 555-560. 1995.
- KORNDÖRFER, G. H.; EIMORI, I. E.; TELLECHEA, M. C. R. **Efeito da técnica de adição de zinco a fertilizantes granulados na produção de matéria seca de milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 11, p. 329-332. 1987.
- KORNDÖRFER, G.H.; D.L. ANDERSON; V.C. MUNDIM; & M.S. SIMÕES. 1995. **Produção de adubos fluidos para cana-de-açúcar.** Revista STAB, Piracicaba/SP. v. 14, n. 2, p.25-29.
- KRAJEWSKA, B. **Ureases I. functional, catalytic and kinetic properties: a review.** Journal of Molecular Catalysis, Lausanne, v. 59, n. 1/3, p. 9-21, July 2009.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. **Volatilização de amônia na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial de ureia por sulfato de amônio.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 21, n. 3, p. 481-487, 1997.
- LEÃO, A.F. **Volatilização de amônia resultante da aplicação de ureia na cultura de milho.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Goiás Campus Jataí, 2008.
- LEVRERO, C. R. **Fertilizante organomineral: a serviço do mundo.** In: FÓRUM ABISOLO, 2009.
- LHER, J. **Chemical reaction of micronutrients in fertilizers.** In: MORTVEDT, J. J; COX, F. R; SHUMAN, L. M; WELCH, R. M. (ed.) Micronutrients in Agriculture. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1991. p. 523-548.
- LONG, E. **The importance of biostimulants in turfgrass management.** Disponível em://www.golfenviro.com/article%archive/biostimulants-roots.html. acesso em 10 jul 2014.
- LOPES, A. S. **Micronutrientes: Filosofia de Aplicação e Eficiência Agronômica.** São Paulo: Associação Nacional para a Difusão de Adubos, 1999. 58 p. (Boletim Técnico nº 8).
- LOPES, A.S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agronômica e preparo de fertilizantes.** In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal. Anais... Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 351-390.
- LUDWIG, M. P.; LUCCA FILHO, O. A.; BAUDET, L. M.; DUTRA, L. M. C.; AVELAR, S. A. G.; OLIVEIRA, S.; CRIZEL, R. L.; RIGO, G. **Armazenamento de sementes de soja recobertas com aminoácido, fungicida, inseticida e polímero e a incidência de fungos de armazenamento.** In: XVII Congresso de iniciação científica e X Encontro de pós-graduação. Pelotas. RS. 2008. Anais... Pelotas, 2008.
- LYNCH, J. **Root architecture and plant productivity.** Plant Physiology, v.109, p.7-13, 1995.
- MAGALHÃES, P.C.R. **Gestão de fertilizantes de liberação gradual de nutrientes em relevados municipais.** 2009. 35 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, SP, 2009.
- MANHÃES, C. M. C.; GARCIA, R. F.; FRANCELINO, F. M. A, E; FRANCELINO, H. O.; COELHO, F. C. **Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar.** Vértices, Campos dos Goytacazes/RJ, v.17, n.1, p. 163-181, jan./abr. 2015.
- MARQUES, H. M. C.; ROMAGNOLI, T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; PAIVA, R.; MAURI, R. **Desenvolvimento inicial do cafeeiro (coffea arabica l.), com doses de co-polímero hidroabsorvente em adubação convencional e de liberação controlada.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 2994-3002. 2013.

- MORESCHI., et al. **Avaliação de doses e fontes de adubação de semeadura na cultura do feijoeiro**. In: CBCS 2013. Ciência do Solo: Para que e para quem? Programa & Resumos. Florianópolis, 2013. Anais... Epagri e SBCS, ISBN: 978-85-85014-71-1, Florianópolis, 2013.
- MORTVEDT, J. J. **Micronutrient fertilizer technology**. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (eds.) *Micronutrients in Agriculture*. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 523-548.
- MORTVEDT, J. J.; GILKES, R. J. Zinc Fertilizers. In: ROBSON, A. D. (ed.) **Zinc in Soils and Plants**. Perth: The University of Western Australia, v. 55, 1993. p. 33-44.
- MORTVEDT, J.J. **Availability of boron in various boronated fertilizers**. Soil Science Society of America. Proc., 32:433-437, 1968.
- NAZ, Y. M.; SULAIMAN, S. A. **Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review**. Journal of Controlled Release, Amsterdam, v. 225, p. 109-120, Mar. 2016.
- NASCIMENTO, C.A.C. **Ureia recoberta com S^o, Cu e B em soca de cana-de-açúcar colhida sem queima**. 2012. 71 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2012.
- NIKITN, A. A. **Production and use of trace salts in fertilizers**. In: SAUCHELLI, V. (ed.). *Chemistry and technology of fertilizers*. 4.ed. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1967. p. 435-445.
- OERTLI, J.J. **Controlled release fertilizers**. Fert. Res., 1: 103-123, 1980.
- PAIVA, D.M.; CANTARUTTI, R.B.; GUIMARÃES, G.G.F.; SILVA, I.R. **Urea coated with oxidized charcoal reduces ammonia volatilization**. R. Bras. Ci. Solo, 36:1221-1229, 2012.
- PEREIRA, H.S.; LEÃO, A.F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M.A.C. **Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn**. Rev. Bras. Ci. Solo, 33: 1685-1694, 2009.
- POLIDORO, J. C. **Fertilizantes Organominerais: Aspectos tecnológicos, mercadológicos e legislação**. In: FÓRUM ABISOLO, Ribeirão Preto – SP, 2013.
- RAVEN, Peter H. **Biologia Vegetal In: Regulando o Crescimento e o Desenvolvimento: Os Hormônios Vegetais. Sexta edição**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., pg. 649 a 675, 2001.
- REIS, A. P. **Resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada com ureia convencional e revestida com polímero**. 2013. 37 p. Monografia (Graduação em Agronomia) Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.
- Rhein, A.F. de L. **Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar sob doses de nitrogênio via fertirrigação subsuperficial por gotejamento**. 2013. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.
- RIGHI, S.; LUCIALLI, P.; BRUZZI, Herth **and environmental impacts of a fertilizer plant – part i: assessment of radioactive pollution**. Journal of Environmental Radioactivity, p. 167-182. 2005.
- ROCHA, M.C.; SILVA, A.L.B.; ALMEIDA, A.; COLLARD, F.H. **Efeito do Uso de biofertilizante Agrobio sobre as características físico-químicas na pós-colheita do maracujá amarelo (Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.) no município de Taubaté**. Revista Biociências, Taubaté, v. 7, n.2, p. 1-7, 2001.

- ROCHETTE, P.; ANGERS, D.A.; CHANTIGNY, M.H.; MACDONALD, J.D.; BISSONNETTE, N.; BERTRAND, N. **Ammonia volatilization following surface application of urea to tilled and no-till soils: a laboratory comparison**. Soil and Tillage Research, v.103, p.310-315, 2009
- RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. **requisitos de qualidade física e química de fertilizantes minerais**. 2003. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Qualidade%20Fertilizantes%20-%20Rodella%2003.pdf>>. Acesso em: Ago, 2014.
- RODRIGUES, M. A. de C.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M. **Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.18, n.2, p.127–133. 2014.
- ROSSETO, R. **Manejo para aumentar a brotação, enraizamento, perfilhamento e a longevidade do canavial: Uso de bioestimulantes**. Piracicaba: APTA Regional – Programa cana-de-açúcar – IAC, 2008.
- RUNE INGELS, Yara. **Technology transfer and mitigation of climate change: the fertilizer industry perspective**. In: IEA Workshop on Energy Efficiency and CO2 Reduction, Paris, 2007.
- RUSSO, R.O.; BERLYN, G.P. **The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture**. Agronomy for Sustainable Development, Versailles, v.1, n.2, p.19-42, 1992.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia vegetal**. México: Iberoamérica, 1994. 759p
- SCIVITARO, W. B.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T. **Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados fluidos e sólidos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 21, p. 505-511. 1997.
- SERCILOTO, C. M. **Mais produção: Os bioativadores são capazes de aumentar a qualidade dos frutos**. Cultivar HF, Pelotas, v.2, n.13, p20-21, 2002.
- SILVA, A. L. **Eficiência agrônômica da ureia estabilizada com inibidores de urease e nitrificação na cultura do milho**. 2016. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- SILVA, L. C. F.; MANIERO, M. A.; CASAGRANDE, J. C.; STOLF, R.; PIEDADE, S. M. S. **Agricultura bioestimulada**. Cultivar Grandes Culturas, v. XIV, p. 34-35, 2012.
- SOUSA, R. T. X. **Fertilizante organomineral para a produção de cana-de-açúcar**. (Tese – Doutorado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2014. 87p.
- SOUSA, R. T. X.; HENRIQUE, H. M.; KORNDÖRFER, G. H. **Teste de performance em híbridos de Milho com uso de Geofert em Santana de Vargem - MG**. Empresa Geociclo, Minas Gerais. 10p, 2012. Disponível em: <http://www.geociclo.com.br/wp-content/uploads/2012/07/Lamina-Geofert_MILHO.pdf> Acesso em: 02/07/2014.
- STAFANATO, J. B.; GOULART, R. S.; ZONTA, E.; LIMA, E.; MAZUR, N.; PEREIRA, C. G.; SOUZA, H. N. **Volatilização de amônia oriunda de ureia pastilhada com micronutrientes em ambiente controlado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 37:726-732, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- Taiz, L; Zeiger, E. (2013). **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Artmed.

TANAKA, M. T.; SENGIK, E.; SANTOS, H. S.; JÚNIOR, C.H.; SCAPIM, C. A. SILVÉRIO, L. KVITSCHAL, M. V.; ARQUEZ, I. C. **Efeito da aplicação foliar de biofertilizantes, bioestimulantes e micronutrientes na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. Acta Sci. Agr. Maringá, v. 25, n.2. p. 315-321, 2003.

TANNER, P. D.; GRANT, P. M. **Effectiveness of zincated fertilizers for young maize as influenced by fertilizer pH and method of applying zinc**. Rhodesian Journal of Agricultural Research, [S. l], v.11, p.69-75. 1973.

TEDESCO, M. J.; In: SANTOS, G. A. **Fundamentos do material orgânico do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. Ed. Porto Alegre: Metropole, 2008.

TEJADA, M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. **Effects of Application of Two Organomineral Fertilizers on Nutrient Leaching Losses and Wheat Crop**. Agronomy Journal, Madison, v.97, p.960-967, 2005.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. **Resposta do milho safrinha a adubação organomineral no município de Maracaju-ms**. Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, Presidente Prudente. Colloquium Agrariae, v. 8, n. Especial, p. 24-31, 2012.

TRENKEL, M. **Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture**. 2. ed. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 163 p.

TRENKEL, M.E. **Improving fertilizer use efficiency. Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture**. International Fertilizer Industry Association, Paris, 1997.

TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C. **Manejo do nitrogênio e enxofre na nutrição e adubação da cana-de-açúcar**. Disponível em: [http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/2c7b019d46c9bda485256a6d006d777d/4d10570e5a72a8cc032570d800413979/\\$FILE/Anais%20Paulo%20Trivelin%20e%20Andre%20Vitti.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/2c7b019d46c9bda485256a6d006d777d/4d10570e5a72a8cc032570d800413979/$FILE/Anais%20Paulo%20Trivelin%20e%20Andre%20Vitti.pdf)> Acesso em: Set., 2014.

UNICA. **União da Indústria de Cana-de-Açúcar**. Estatísticas. Disponível em: . Acesso em: 9 fev. 2019.

URQUIAGA, S.; VICTORIA, R. L.; BUITRÓN, F. ; NEYRA, J. C. **Perdas por volatilização do N-ureia e N-sulfato de amônio num solo calcário da parte central 77 da região costeira do Peru**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Vol. 24, Nº. 5, p. 607-613. Brasília- DF. Maio, 1989.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E. **Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema de plantio direto**. Pesq. Agrop. Trop., 39: 191-196, 2009.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M. **Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n. 2, p. 659-670, mar./abr. 2014.

VI Botânica no Inverno 2016 / Org. Miguel Peña H. [et al.]. – São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, 2016. 223p. : il.

VIEIRA, E. L., CASTRO, P. R. C. **Ação de Stimulante no desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. Piracicaba: USP. 2002. 3p.

VIEIRA, E.L. **Ação de bioestimulantes na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro**

(Phaseolus vulgaris L.) e arroz (Oryza sativa L.). ESALQ, 2001. 122p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2001.

VIEIRA, Elvis L.; CASTRO, Paulo R. C. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes e no vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja.** Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v.23, n.02, p.222-228, 2001.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C. **Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, p. 249-256, 2007.

VITTI, G. C.; HEIRINCHS, R. **Formas tradicionais e alternativas de obtenção e utilização do nitrogênio e do enxofre: Uma visão holística.** In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira.** Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. cap. 4, p. 109-160.

WESTERN, P. W.; BICUDO, J. R. **Management considerations for organic waste use in agriculture.** Bioresource Technology, Essex, London, v. 96, n. 2, p. 215-221, 2005.

ZAVASHI, E. **Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de ureia revestida com polímeros.** 2010. 71 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 2010.

ZHANG, X.; ERVIN, E.H. **Physiological effects of liquid applications of a seaweed extract and a humic acid on creeping bentgrass.** Journal of the American Society of Horticultural Science, Alexandria, v.128, n.4, p. 492-496, 2003.