



Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais  
Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola  
Doutorado em Irrigação e Drenagem



**DOSES DE NITROGENIO E MOLIBDENIO E SEUS EFEITOS NA FISIOLOGIA  
E PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA**

Orientador: Dr. RONALDO NASCIMENTO

Doutorando: ARLINGTON RICARDO RIBEIRO DE OLIVEIRA

Campina Grande – PB  
Agosto – 2014

## **Dedico**

A DEUS por mais essa graça na minha vida. Aos meus pais (Pereira e Margarida), minha noiva e futura esposa, Maiene Queiroga pela compreensão, carinho, paciência e orações para que este trabalho se realizasse.

Ao meu irmão Tarcísio.

As minhas irmãs, Sydnéia e Socorro.

Sobrinhos: Bruno Henrique, Carolina, Isadora e a mais nova integrante, Bárbara.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, Grande Arquiteto do Universo, pela força interior que sempre senti dentro de mim, sem cessar, sem parar, sem vacilar.

Aos meus pais, Pereira e Margarida, pela forma carinhosa e atenciosa com que sempre me dedicou com os estudos findando-se com este trabalho. Obrigado! Painho e mainha.

A minha noiva amada enviada por JESUS na minha vida, Maiene de Fátima, por me aturar e suportar todos os meios defeitos, e ainda conseguindo me amar assim como JESUS amou a igreja.

Aos meus irmãos, Tarcísio, Sydnéia e Socorro pela ajuda nas diversas etapas da minha vida acadêmica.

Aos meus sobrinhos, Bruno, Carol e Isa e, rebentozinho Barbara.

Ao professor Ronaldo Nascimento por acreditar em nosso trabalho e pelo apoio durante todo o período deste trabalho, também pela compreensão e zelo .

Ao Eng. Agrônomo João Valões, pela forma amistosa, compreensiva, amigo e gentil com que sempre nos tratou durante toda a pesquisa de campo.

Ao gerente executivo da Usina Monte Alegre, dr. Eduardo, que nos cedeu o espaço para a realização deste trabalho e, principalmente, pela sua forma sempre educada que trata a todos.

Aos técnicos agrícola da Usina Monte Alegre. Ricardo e Chalton, pelo apoio na implantação e condução do experimento.

Aos rurícolas que contribuíram fundamentalmente na coleta de dados. Vavá, Da lua e Marcelo.

Ao Administrador de Empresas, Dr Severino, pelo apoio moral e atenção dispensada pela nossa pesquisa durante os 2 anos e até hoje pelo companheirismo.

Ao professor José Dantas pela co-orientação e prof. Cláudio Uyeda, pois sem ele nosso trabalho estaria fadando ao insucesso tendo em vista a complexidade da estatística e montagem de toda a tese. Obrigado, amigo!

A todos os colegas, professores e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Em especial, minha amiga Susane Ribeiro e aos funcionários Francisco (vulgo, doutor), Gilson e d. Cida (coordenação).

A CAPES pela disponibilidade da bolsa durante o nosso curso.

## DOSES DE NITROGENIO E MOLIBDENIO E SEUS EFEITOS NA FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA

**RESUMO** – A cana-de-açúcar é a cultura de maior expansão econômica e responsável por grande parte da geração de emprego e renda no Estado da Paraíba. A produção de cana-de-açúcar, na safra 20013/2014, na Paraíba foi de 5.283,1 milhões de toneladas. De acordo com Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), houve uma queda na produção de 1,30% em relação à safra passada que fechou em 5.354,9 milhões de toneladas. Já a produção de etanol fechou a safra em 288.665,20 m<sup>3</sup>, montante 5,55% menor que na safra anterior e no caso do açúcar a produção foi de 211,2 milhões de toneladas na safra 2013/2014 e na safra atual foi de 1.254,9 milhões de toneladas do produto gerando um aumento de 3,6% da produção total. Toda produção acontece numa área de 122.350 mil hectares de plantação de cana-de-açúcar e envolve 26 municípios paraibanos. Dentro deste contexto, a Usina Monte Alegre na safra 2013/2014, moeu 777.439,060 toneladas cujo rendimento agrícola foi de 64,3 t ha, totalizando 78.693,18 toneladas de açúcar e 18.014 m<sup>3</sup> álcool. Na cana-de-açúcar, os micronutrientes mais importantes são: boro, cobre e zinco, sendo que a ausência ou a deficiência desses elementos no ambiente pode causar grandes prejuízos para a produção de cana. Acrescenta ainda que o Molibdênio (MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) é um micronutriente aniônico e como todo o ânion sofre os efeitos de uma maior lixiviação, uma vez que não são facilmente adsorvidos aos coloides do solo. O presente estudo foi conduzido em campo, na área experimental da Usina Monte Alegre S/A, Fazenda Monte Alegre II, talhão 81-064, no município de Rio Tinto – Paraíba – Brasil, que tem em suas coordenadas geográficas de latitude 6°54'49,37520" S e longitude 35°05'35,91896" O. Tendo em vista o exposto acima, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência das doses de nitrogênio e molibdênio na variedade RB 93-509 nos aspectos de produtividade agrícola - altura da planta, diâmetro de colmo, área foliar, índice de área foliar, peso da fitomassa fresca, peso da fitomassa seca, produtividade, e índice SPAD para os dois ciclos da cultura. O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados, onde foram avaliadas 5 doses de Nitrogênio (0; 36; 48; 60 e 72 kg ha<sup>-1</sup>) da formulação comercial 12-18-24 e 5 doses de Molibdênio (0; 98; 96; 294 e 392 g ha<sup>-1</sup>) mais a testemunha absoluta totalizando 78 parcelas experimentais. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008) e ASSISTAT (

**Palavras chaves:** Irrigação por aspersão, energia renovável, *Saccharum* spp, nutrientes, fotossíntese.

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar, cultivada em diversas regiões do mundo, é capaz de formar associações com bactérias endofíticas, que são encontradas no interior das folhas, colmos e raízes e que são capazes de fixar N do ar atmosférico e produzir hormônios vegetais como ácido indolacético e giberelinas. Todas as práticas que aumentarem a eficiência dessas associações estarão contribuindo para a sustentabilidade do solo e da atividade canavieira.

Não se sabe ao certo qual é o potencial de N que pode ser fixado através dessas associações. Existem diferenças varietais e estudos indicam que o manejo cultural como a adubação nitrogenada e a irrigação pode afetar de forma expressiva o processo. Nesse sentido, Polidoro et al. (2001) verificaram que as variedades RB72454 e SP80-1842 apresentaram elevado potencial para a fixação biológica de nitrogênio nas lavouras amostradas, mas, o manejo da fertilidade do solo e a nutrição das plantas apresentaram tendência de influenciar na magnitude da contribuição sendo necessário o monitoramento do estado nutricional das plantas.

Há controvérsias quanto à presença de nitrogênio mineral e sua possível influência no processo de fixação de N. Altas aplicações de fertilizantes nitrogenados foram sugeridas como responsáveis pela diminuição do número populacional da bactéria *Gluconacetobacter diazotrophicus* em variedades de cana-de-açúcar cultivadas no México (FUENTES-RAMÍREZ et al., 1999), Índia (MUTHUKUMARASAMY et al., 1999), e Brasil (REIS JUNIOR et al., 2000). Dentre os micronutrientes a limitação na nutrição molíbdica pode ser a mais importante pelo seu papel nos processos envolvidos na nutrição nitrogenada das plantas de cana-de-açúcar, por ser esse elemento componente das enzimas nitrogenase e nitrato redutase, ambas envolvidas com o metabolismo de aquisição de N (POLIDORO et al., 2001).

A contribuição da fixação biológica em plantas de cana (18 meses) inoculadas em laboratório com uma mistura de estirpes de *Gluconacetobacter diazotrophicus* foi de 20 a 30% do total de nitrogênio acumulado na planta (OLIVEIRA et al., 2003). Em outro trabalho diferentes estirpes foram inoculadas na cana aumentando significativamente a brotação e o peso da planta em relação ao controle. A população ficou mais concentrada nas raízes e foi maior na aplicação de 75 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio comparado com 0 e 150 kg ha<sup>-1</sup>, indicando que uma dose inicial é necessária (MORAES & TORNISIELO, 1997).

Bastian et al. (1998) mostraram que ambas bactérias, *Herbaspirillum seropedicae* e *Gluconacetobacter diazotrophicus*, produzem giberelinas e ácido indolacético (AIA). Este resultado pode explicar, em parte, os efeitos benéficos destas bactérias dentro da planta.

Segundo Carnaúba (1990), a fixação biológica do nitrogênio em cana-de-açúcar pode ser influenciada por fatores genéticos e climáticos. Experimentos com diferentes variedades de cana-de-açúcar têm mostrado que sempre há algumas mais aptas que outras em desempenhar este processo. Porém, há um consenso entre uma grande parte dos pesquisadores de que a quantidade de N extraído pela cultura é em função da variedade, do solo e do estágio de desenvolvimento da cultura (ORLANDO FILHO e RODELLA, 1996).

Diversos trabalhos na literatura mostram a importância do N na cultura da cana-de-açúcar. Mesmo estando em apenas 1% da massa seca total da cana-de-açúcar, havendo deficiência de N a planta apresenta redução na síntese de clorofila, de aminoácidos essenciais e da energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos (MALAVOLTA & HAAG, 1964; SILVEIRA, 1980).

De acordo com Marinho e Albuquerque (1983), os micronutrientes são utilizados na agricultura na ordem de gramas ou alguns quilos por hectare, porém em doses muito pequenas para suprir a necessidade da planta, e geralmente, são misturados junto com outros adubos minerais ou aplicados na forma de adubos foliares. Sem molibdênio suficiente a produção do nitrogênio orgânico ( $\text{NH}_2$ ) a planta fica quantitativamente comprometida, influenciando direta e imediatamente a produção de proteínas, independente da disponibilidade no solo. Essa limitação é irrecuperável no ciclo da cultura e a produtividade fica comprometida, por isso nenhuma planta em desenvolvimento pode “correr o risco” da falta de N (MALAVOLTA, 1994).

Deste modo, são necessários mais estudos sobre a recomendação de aplicação do adubo nitrogenado e molibdênio em áreas de cultivo de cana-de-açúcar sobre o solo e seus efeitos sobre a produtividade da cultura. Face ao exposto, a justificativa do trabalho se enquadra de forma que a cultura responde a adubação nitrogenada bem como o seu potencial é otimizado com a adição do molibdênio o qual sua função está relacionada à ativação enzimática, principalmente com as enzimas nitrogenases e redução do nitrato.

Considerando a exigência da cultura pelo nutriente, a dinâmica do N no solo e, ainda, os processos bioquímicos que envolvem a assimilação de, os aspectos relacionados à

utilização da adubação nitrogenada principalmente em cana planta, ainda precisam ser mais bem esclarecidos. Muitas pesquisas já realizadas principalmente nas décadas de 80 e 90 destacam a falta de resposta da cana planta à adubação nitrogenada e várias hipóteses foram levantadas para justificar tal fato. Entre as possíveis causas, podem ser consideradas a mineralização da matéria orgânica, reservas de N no reboleto de plantio, melhoria das condições gerais do solo pelo uso de corretivos e condicionadores e a fixação biológica de N (FBN).

De acordo com a RIDESA (2010), a variedade RB 93-509 tem como características: rápido desenvolvimento; colmo de aspecto estriado e pouca cera, cor roxa ao sol, entrenós de comprimento e diâmetro médios; despalha média; gema com média saliência; folhas com largura média e pontas curvas e tem entre suas principais características: tem hábito de crescimento semidecumbente, produtividade agrícola alta e a colheita sendo realizada entre dezembro e fevereiro, o perfilhamento tanto da cana planta quanto da cana soca é alto, a brotação da soca é boa tanto para queimada quanto crua, tem um bom fechamento entre linhas, a Velocidade de Crescimento Rápido e Porte Alto. Com relação aos índices tecnológicos, tem maturação tardia PUI (Período de Utilização Industrial) médio, teor de sacarose alto e médio teor de fibras. E com relação à fitossanidade a variedade é resistente a Ferrugem marrom e a escaldadura.

## **2 – OBJETIVOS**

### **2.1 – Geral**

O presente projeto tem como objetivo avaliar o efeito das doses de nitrogênio e molibdênio sobre os parâmetros quantitativos (crescimento, desenvolvimento e da produtividade) e qualitativos na parte fisiológica da cultura cana-de-açúcar, bem como, na determinação da(s) dose(s) mais viáveis economicamente.

### **2.2 – Específicos**

Estudar o crescimento, desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar submetida a diferentes doses de nitrogênio (N) e Molibdênio (Mo) bem como observar seus efeitos quando utilizando a irrigação de salvação via pivô-central.

Estabelecer curva de resposta da cana-de-açúcar à aplicação de doses crescentes de nitrogênio e molibdênio ao solo e identificar a(s) dose(s) econômica viável (is) em relação a variedade RB 93-509 para tabuleiros costeiros do Estado da Paraíba e a influência destas doses na produtividade, tendo como parâmetro também a fitomassa fresca e fitomassa seca.

Avaliar a partir de coletas periódica quantitativa da cana-de-açúcar a área foliar, diâmetro e número de colmos, número de perfilhos por metro linear, altura de planta, índice SPAD e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA).

Determinar os efeitos dos tratamentos sobre o Teor de Sólidos Solúveis ( $^{\circ}$ Brix em %), Teor de Sacarose (Pol do caldo em %), Fibra industrial (%), Pureza do caldo (Pza%), Percentagem de Açúcar Bruto (PCC), teor de Açúcares Redutores (AR) Acidez do caldo, análises estas determinadas no em laboratório de sacarose.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

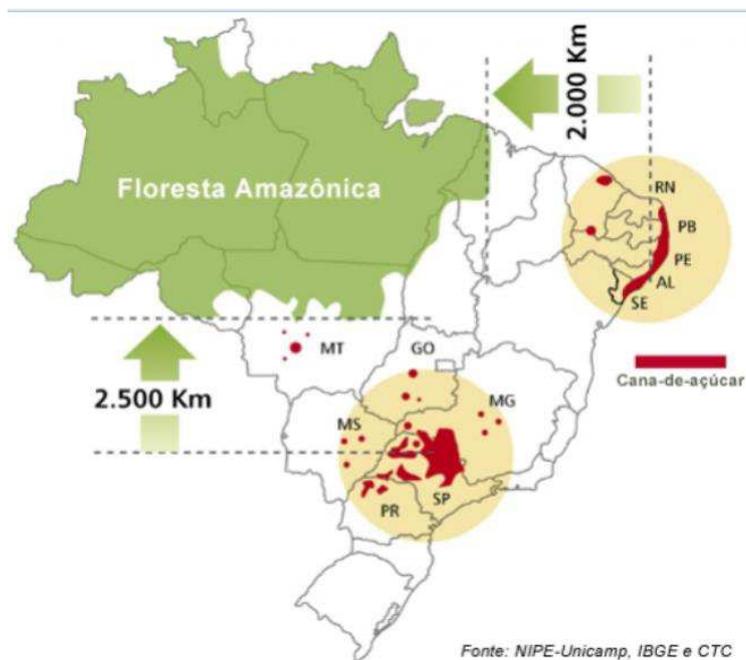
#### **3.1 Panorama geral da cana-de-açúcar**

A área cultivada com cana-de-açúcar que foi colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2013/14 é de 8.811,43 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores. São Paulo permanece como o maior produtor com 51,7% (4.552,0 mil hectares) da área plantada, seguido por Goiás com 9,3% (818,4 mil hectares), Minas Gerais com 8,9% (779,8 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7,4% (654,5 mil hectares), Paraná com 6,7% (586,4 mil hectares), Alagoas com 4,7% (417,5 mil hectares) e Pernambuco com 3,2% (284,6 mil hectares). Estes sete estados são responsáveis por 91,9% da produção nacional. Os demais estados produtores possuem áreas menores, com representações abaixo de 3,0%. (CONAB, 2014). Ainda de acordo com o órgão, o Brasil teve um acréscimo na área de cerca de 326,43 mil hectares na temporada 2013/14, equivalendo a 3,8% em relação à safra 2012/13. O acréscimo é reflexo do aumento de 5,1% (375,1 mil hectares) na área da Região Centro-Sul, o que compensou o decréscimo de 4,3% (48,6 mil hectares) na área da Região Norte/Nordeste. São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais foram os estados com maior acréscimo de áreas, com 132,6 mil hectares, 111,8 mil hectares, 92,5 mil hectares e 58,0 mil hectares, respectivamente. Este

crescimento ocorreu, principalmente, devido à expansão de novas áreas de plantio das novas usinas em funcionamento.

O Brasil é também o 1º Produtor Mundial de Açúcar, responsável por 25% da produção mundial e 50% das exportações mundiais e o 2º Produtor Mundial de Etanol, sendo responsável por 20% da produção mundial e 20% das exportações mundiais.

A produção de cana-de-açúcar se concentra nas regiões Centro-Sul e Nordeste do Brasil. O Centro-Sul representa 90,53% da produção de cana do país e a Região Norte-Nordeste com 9,47% de representação no cenário nacional (UNICA, 2013) onde na Safra 2012/2013 onde os cinco maiores produtores foram: São Paulo, com participação de 56%, Paraná (7%), Minas Gerais (6%), Mato Grosso do Sul (6%) e Goiás (8%). A **figura???** mostra em vermelho as áreas onde se concentram as plantações e usinas produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade, segundo dados oficiais do IBGE, UNICAMP e do CTC.



**Figura 1** – Mapeamento setorial das unidades produtoras de cana-de-açúcar.

O principal fator limitante da produtividade agrônômica da cana-de-açúcar na zona canavieira paraibana e nordestina é a precipitação pluvial, não pelo total pluviométrico anual, mas por conta da irregularidade ou má distribuição das chuvas. Pois, alguns pesquisadores afirmam que uma precipitação pluvial anual a partir de 1.000 mm, bem distribuída, é suficiente para a cana-de-açúcar atingir o crescimento e a produtividade potencial. A precipitação pluvial anual na microrregião litoral centro da Paraíba (Zona canavieira) é de 1800 mm. Souza et al. (2004) observaram que outro aspecto relevante é a

baixa fertilidade do solo dos tabuleiros costeiros, os quais estão concentrados a maior parte da produção de cana de açúcar, onde se faz necessário a utilização da vinhaça como forma de fertirrigação haja vista que se trata de uma considerável adição de potássio e matéria orgânica, bem como tem relevante apelo ambiental, pois todo esse material pode estar contaminando os mananciais e vale salientar que a irrigação em sua maioria é de salvação.

A solução agrônômica para eliminar ou reduzir os efeitos negativos da má distribuição de chuva e aumentar a produtividade agrícola e longevidade dos canaviais, conforme Teodoro et al. (2007), é a irrigação, o autor enfatiza ainda, que os custos para a implantação, manutenção e manejo de sistemas de irrigação aliados à falta de água disponível nos reservatórios (rios, represas etc.) durante a estação seca, impossibilitam a irrigação plena em toda área cultivada com cana-de-açúcar nos Tabuleiros costeiros de Alagoas.

Corroborando com o autor, Varela (2002), relata que na Paraíba os tabuleiros costeiros têm apresentado grande potencial para a agricultura irrigada, haja vista o déficit pluviométrico, o que induz a investimentos em técnicas de agricultura irrigada, sobretudo com o uso da aspersão, notadamente na cultura da cana-de-açúcar, utilizando o pivô central.

Na cultura da cana-de-açúcar a adubação é um dos fatores que determinam a produtividade. Muitas vezes, quando se pensa em adubação, a maior preocupação ocorre em relação às dosagens e aos custos dos fertilizantes. Entretanto, as práticas agrícolas estão todas interligadas. Uma adubação perfeita pode ir por água abaixo se o agricultor não observar a presença de pragas ou a concorrência de ervas daninhas ou a compactação do solo ou a época de plantio, enfim, todas as variáveis. Também o modo de aplicação do fertilizante, a regulagem dos implementos e a época de aplicação podem ser determinantes do sucesso das adubações no aumento da produtividade, ou seja, aumentos significativos de produtividade são obtidos com a melhoria de todas as práticas agrícolas, conjuntamente (SANTIAGO & ROSSETTO, 2005).

Coelho & Verlengia (1973) indicam que, até o quinto mês de idade a absorção de nutrientes pela cana-de-açúcar é pequena, aumentando intensamente daí em diante, chegando ao nono mês contendo 50% de potássio, cálcio e magnésio e um pouco mais de 30% de nitrogênio, fósforo e enxofre do total que absorve durante o ciclo vegetativo; do nono ao décimo segundo mês, a absorção de nitrogênio é ainda mais intensa, acumulando 90% do total extraído pela planta; o fósforo é absorvido durante todo o ciclo da planta; e

100 toneladas de colmos frescos extraem 132 kg de nitrogênio, 17,4 kg de fósforo, 133,4 kg de potássio, 19,0 kg de cálcio, 31,3 kg de magnésio, 12,2 kg de enxofre, 0,003 kg de ferro, 0,002 kg de manganês, 0,002 kg de molibdênio e 0,486 kg de zinco.

Segundo Haag et al. (1987) as carências nutricionais podem decorrer de: nível baixo do nutriente na solução do solo ou no substrato; existência de nutrientes no solo, de forma indisponível; concentração excessiva de um nutriente ou elemento no solo, podendo induzir carência de um outro nutriente na planta; e concentração de um elemento tóxico às plantas, induzindo a carência de um nutriente na planta.

### **Aspectos da Cultura**

Por se tratar de uma cultura de clima tropical, exigindo de 1500 a 2500 mm de água durante o período de crescimento. O crescimento ótimo é alcançado com uma média diária de temperatura entre 22 e 30°C, sendo que a temperatura mínima para um efetivo crescimento é de 20°C (DOORENBOS e KASSAM, 1979). A deficiência hídrica e nutricional além de temperaturas extremas e baixa radiação solar são algumas das principais limitações ao seu desenvolvimento (BRAY, 1980).

A variedade estudada foi da espécie *Saccharum officinarum* que é constituída pelas “canas nobres”, apresentam alto teor de açúcar e baixa porcentagem de fibra. Seus colmos são grossos (3,5 cm ou mais de diâmetro) e enquadram-se na categoria de canas tropicais. São exigentes quanto ao clima e solo. Possuem um sistema radicular reduzido e superficial (CESNICK, 2004).

A cultura da cana-de-açúcar é grande extratora de nutrientes do solo. Para formação de 1 t de colmo, a literatura tem indicado variações de 0,9 a 1,32kg de nitrogênio; 0,20 a 0,69 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1,2 a 1,8 kg de K<sub>2</sub>O; 0,70 a 0,95 a CaO; 0,56 a 0,86 de MgO e 0,30 a 0,36 de S .(Lima Jr, 2000)

Morfologia das folhas As folhas da cana-de-açúcar são alternas e opostas, consistindo de uma lâmina e uma bainha que envolve o colmo (Blackburn, 1984). Humbert (1968) afirma que a folha é a “fábrica” na qual a água, o dióxido de carbono e os nutrientes são convertidos em carboidratos na presença da luz solar. O autor atribui, ainda, três funções principais às folhas: produção de carboidratos, via fotossíntese; síntese de outros compostos a partir de carboidratos e transpiração. Há uma constante renovação das folhas, que são substituídas por folhas mais novas e mais eficientes do ponto de vista

fotossintético (Van Dillewijn, 1950 e Machado, 1987). Portanto, a área foliar da planta depende do balanço entre as taxas de emissão e de senescência foliar. O número de folhas verdes é pequeno em plantas jovens e aumenta à medida que o colmo cresce. Verifica-se um número máximo de 10 a 15 folhas por colmo, dependendo da variedade e das condições de crescimento. A partir daí, à medida que novas folhas emergem, as mais velhas e inferiores secam, morrem e caem (HUMBERT, 1968). Para Larcher (1995), o curto tempo de vida de uma folha ocorre em função do ecossistema; o desenvolvimento de uma nova folha pode ser calculado em termos de glicose equivalente de demanda de energia.

Esclarece ainda o autor que, do total da matéria seca acumulada em uma folha, 59% compõe-se de polissacarídeo, 25% de proteínas, 6% de lipídeos e 10% de matéria mineral, sendo necessários para produzir tais índices 1,50; 2,50; 2,94 e 0,10 gramas de glicose, respectivamente.

### **Importância dos nutrientes na cana-de-açúcar**

É fundamental ressaltar que tanto o açúcar (sacarose) quanto o álcool etílico são produzidos no campo, sendo as usinas e destilarias apenas unidades extratoras e transformadoras. Apesar dos produtos finais – sacarose e álcool etílico – conterem apenas carbono, hidrogênio e oxigênio (provenientes do ar e da água), uma série de outros elementos químicos, considerados nutrientes para as plantas, são essenciais não só para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, mas também para a participação em inúmeras reações intermediárias, dentro das diferentes rotas metabólicas da planta, até a produção do produto final (açúcar) de interesse econômico. A falta de qualquer macro ou micronutriente no solo ou no adubo faz com que haja uma redução na produtividade da cana e, conseqüentemente, na de açúcar (ANDERSON & BOWEN, 1992).

### **Nitrogênio**

O nitrogênio é responsável por 5% da matéria orgânica do solo. Cerca de 98% está em forma orgânica e somente 2% em forma mineral, também não se deve esquecer a presença de formas gasosas ( $N_2$  do ar do solo e óxidos de nitrogênio) (MALAVOLTA,

2006). Em consonância, Vitti e Mazza (2002), relata que o nitrogênio é um dos nutrientes que as culturas agrícolas necessitam em quantidades relativamente grandes, sendo, portanto considerado um macronutriente. Cerca de 78% do ar atmosférico é constituído por esse elemento, mas sob forma não diretamente assimilável pelas plantas.

O N faz parte de todos os aminoácidos, ácidos nucleicos e proteínas, além de vários outros compostos das plantas, atua diretamente no perfilhamento e crescimento da cana-de-açúcar, é um dos nutrientes minerais mais extraído perdendo apenas para o K A adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas culturais mais estudadas. A busca pelo suprimento de N a ser aplicado, está embasado no histórico da área e na expectativa de produtividade, sendo que é importante a identificação da exigência nutricional nos diferentes estádios fenológicos de crescimento, o que possibilita realizar adubações na época mais próxima da necessidade da cultura, coincidindo com o crescimento. A demanda de nutrientes durante o crescimento da cana é estimada pela quantificação dos nutrientes acumulados em relação à produção de fitomassa (COALE et al., 1993; OLIVEIRA, 2011). O crescimento e a produção de fitomassa da cana-de-açúcar seguem o modelo padrão não linear sigmóide de crescimento vegetal, apresentando três fases distintas (COALE et al., 1993; GAVA et al, 2001; OLIVEIRA, 2011).

Segundo Dias e Rosseto (2006), a cultura da cana-de-açúcar, com relação ao nitrogênio, tem suas peculiaridades. Em geral não responde, ou responde muito pouco, à adubação nitrogenada, na cana-planta.

À luz dos aspectos econômicos, a adubação representa cerca de 20% dos custos de produção da cana-de-açúcar e entre os nutrientes utilizados, o potássio constitui o elemento mais exigido pela cultura, juntamente com o nitrogênio A resposta da cana-de-açúcar ao nitrogênio, em geral, é mais frequente nos ciclos de soqueira que no de cana-planta, isto é devido ao cultivo das socas serem realizado em períodos climáticos seco e frio ou seco e quente, pouco favoráveis à mineralização do N orgânico, e a pouca mobilização do solo por ocasião do cultivo e aplicação dos corretivos. Dentre todos nutrientes exigidos pela cana-de-açúcar o que mais pode contribuir para promover uma melhor brotação e perfilhamento é o nitrogênio, aplicado em cobertura na cana-de-açúcar (CASAGRANDE, 1991).

A necessidade da cana-de-açúcar por nitrogênio é em parte suprida pelo fornecimento do nutriente por meio de fertilizantes (PENATTI e FORTI, 1994), sendo que o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), recomenda a dose média de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>

em soqueiras de cana-de-açúcar, independente de qualquer fator (ZAMBELO JUNIOR e ORLANDO FILHO, 1981). Desse modo pode-se presumir que, em diversas condições, essa recomendação de adubação nitrogenada ora é subestimada ou superestimada. Embora a cultura da cana-de-açúcar retire do solo elevadas quantidades de nitrogênio (IAA/PLANALSUCAR, 1983), a cana-planta normalmente não responde à adubação nitrogenada, enquanto a cana-soca apresenta maiores possibilidades de respostas positivas à essa adubação (ZAMBELO JUNIOR e ORLANDO FILHO, 1981).

Em análise química do solo, tanto de N total como de matéria orgânica, Orlando Filho et al (1994), observaram que a cana-planta apresenta normalmente baixas respostas à adubação nitrogenada e que as maiores probabilidades de resposta ao N ocorrem quando: a) há eutrofismo do solo; b) se cultiva a cana-de-açúcar pela primeira vez, e c) sob cultivo mínimo. Os autores acrescentam ainda que, as soqueiras reagem ao N com maior frequência, principalmente em solos de elevada fertilidade. As diferentes fontes minerais de N, desde que convenientemente utilizadas, produzem resultados semelhantes na adubação da cana-de-açúcar. Quando se emprega a ureia, é importante que o fertilizante sofra uma leve incorporação no solo (5 cm), visando minimizar as perdas de N por volatilização.

O principal efeito bioquímico da falta de nitrogênio é aquele que interfere com a síntese proteica. A inibição da síntese clorofila resulta em uma clorose generalizada, ocorrendo assim diminuição na síntese de aminoácidos essenciais, além de afetar os processos de síntese de carboidratos e esqueletos carbônicos envolvidos nas sínteses orgânicas subsequentes (CASAGRANDE, 1983).

Segundo Orlando Filho (1993), dentre os macronutrientes, o nitrogênio e o potássio, são absorvidos e removidos em maiores quantidades pela cultura e enfatiza três condições onde a cana-planta pode apresentar respostas à adubação nitrogenada: solos de alta fertilidade, solos onde se cultiva a cana pela primeira vez e solos sob cultivo mínimo.

### **Molibdênio**

Na cana-de-açúcar, os micronutrientes mais importantes são: boro, cobre e zinco, sendo que a ausência ou a deficiência desses elementos no ambiente pode causar grandes prejuízos para a produção de cana. Acrescenta ainda que o Molibdênio ( $\text{MoO}_4^-$ ) é um

micronutriente aniônico e como todo o ânion sofre os efeitos de uma maior lixiviação, uma vez que não são facilmente adsorvidos aos colóides do solo. Os outros micronutrientes também são importantes, porém sua utilização ainda é pouco difundida entre os canavieiros, devido a resultados pouco expressivos no aumento da produção. Geralmente, faz-se o uso de micronutrientes quando nota-se a deficiência dos mesmos (ROSSETTO et al., 2008). Tem sua importância ligada diretamente na fisiologia da planta, tendo relevante papel no caso das molibdoenzimas no processamento endógeno (dentro das plantas) do nitrogênio, em todas as plantas superiores simbiotes, como a soja, feijão e cana de açúcar. No entanto, apesar desse fato tão importante, as recomendações agrônomicas mais recentes ignoram quase tudo a esse respeito (RAIJ, 1996).

A cana-de-açúcar, bem como as demais plantas superiores, necessita para o seu desenvolvimento de macro (N, P, K, Ca, Mg, S) e de micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, Si).

Os micronutrientes desempenham funções vitais no metabolismo das plantas, segundo Orlando Filho (1993), quer como parte de compostos responsáveis por processos metabólicos e/ou fenológicos, quer como ativadores enzimáticos. O autor destaca ainda que sua importância para a cultura da cana-de-açúcar é evidenciada quando se observam as quantidades extraídas dos mesmos. São quantidades relativamente baixas quando comparadas à extração de macronutrientes, porém de fundamental importância ao desenvolvimento da cultura. Reduções na produtividade e até morte de plantas são consequências naturais advindas de desarranjos nos processos metabólicos, ocasionados pela carência de micronutrientes.

Na cana-de-açúcar o molibdênio aumenta a eficiência da nutrição nitrogenada e a produção de sacarose. É essencial para o metabolismo do nitrogênio em plantas que utilizam como fonte deste nutriente o nitrato do solo e/ou o nitrogênio atmosférico proveniente do processo de fixação biológica por bactérias diazotróficas associadas à planta. A cana-de-açúcar pode receber N proveniente destas duas fontes e, portanto, formula-se a hipótese de que o Mo é fator de produção desta cultura, pois o seu fornecimento adequado é necessário para que a elevada demanda de N pelas plantas seja atendida, principalmente pela otimização da contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) na nutrição nitrogenada. Nos sistemas biológicos o molibdênio é constituinte de pelo menos cinco enzimas catalisadoras de reações. Três destas enzimas

(redutase do nitrato, nitrogenase e oxidase do sulfito) são encontradas em plantas (GUPTA & LIPSETT, 1981 citados por DECHEN et al, 1991).

### **Torta de Filtro**

O fósforo é considerado elemento essencial para as plantas e encontrado em baixa quantidade nos solos brasileiros. A torta de filtro, resíduo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, apresenta altos teores de matéria orgânica, fósforo e cálcio. O fósforo existente na torta de filtro é orgânico, sendo que a liberação do mesmo e do nitrogênio se dão gradativamente, por mineralização e por ataque de micro-organismos no solo.

Uma alternativa para se aumentar a disponibilidade de P, em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, é a aplicação de fertilizantes fosfatados, em mistura com resíduos orgânicos. Para aumentar a eficiência da adubação fosfatada, em lavouras de cana-de-açúcar, com a conseqüente redução das doses empregadas, principalmente em áreas que vêm sendo cultivadas com a gramínea por um longo período, Bittencourt et al. (2006) recomendam utilizar um carregador orgânico, como a torta de filtro, para aumentar a massa e proteger o fósforo da fixação. A torta de filtro é um resíduo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, sendo proveniente do processo de clarificação do açúcar.

Para cada tonelada de cana moída, são produzidos de 30 kg a 40 kg de torta. É um composto orgânico rico em cálcio, nitrogênio e potássio, com composição variável, dependendo da variedade da cana e da sua maturação. Nunes Júnior (2008) relata que a torta de filtro é um excelente produto orgânico para a recuperação de solos exauridos ou de baixa fertilidade, que sai da filtragem com 75-80% de umidade, e que sua composição química média apresenta altos teores de matéria orgânica e fósforo, sendo, também, rica em nitrogênio e cálcio, além de teores consideráveis de potássio, magnésio e micronutrientes.

O fósforo existente na torta de filtro é orgânico, sendo que a liberação do mesmo e do nitrogênio se dão gradativamente, por mineralização e por ataque de micro-organismos no solo. O cálcio, que aparece em grande quantidade, é resultado da chamada caleação do caldo, durante o processo de tratamento do mesmo, para a fabricação de

açúcar. Já o fósforo é adicionado juntamente com os produtos auxiliares utilizados para floculação das impurezas do caldo.

Ferreira et al. (1986) apresentam a composição média da torta de filtro expressa em % da matéria seca, sendo 77 a 85 de matéria orgânica; 1,1 a 1,4 de N; 1,04 a 2,55 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,3 a 0,96 de K<sub>2</sub>O; 4,07 a 5,46 de CaO; 0,15 a 0,56 de MgO; e 2,70 a 2,96 de SO<sub>3</sub>. Nunes Júnior (2008) completa esta composição média apresentada, mostrando que a torta de filtro também é rica em micronutrientes: 0,8-1,2% de ferro, 500-800 mg kg<sup>-1</sup> de manganês, 40-80 mg kg<sup>-1</sup> de cobre e 150-220 mg kg<sup>-1</sup> de zinco.

### **3.4 Irrigação em cana-de-açúcar**

A irrigação é uma prática agrícola que tem por objetivo fornecer água para as plantas em quantidade suficiente e no momento certo para, através do umedecimento do solo, garantir a produtividade máxima da cultura (BERNARDO et al., 2006).

Os benefícios proporcionados pela irrigação podem ser considerados diretos e indiretos. Os diretos são aqueles percebidos visualmente ou quantitativamente na lavoura logo após a aplicação da água ou no final das colheitas e os indiretos estão relacionados com as vantagens agronômicas observadas após as colheitas ou ciclos das culturas e com os ganhos sociais como aumento de empregos e renda, melhorias na qualidade de vida etc.. Em cana-de-açúcar, a irrigação proporciona aumento da produtividade agrícola, longevidade dos canaviais, melhora a eficiência dos insumos agrícolas por todo o ciclo da cultura, melhora a qualidade da matéria-prima entregue à indústria, racionaliza a mão-de-obra empregada, garante estabilidade de moagem das usinas de açúcar e álcool, entre outros (CARDOZO, 2005).

O tipo a ser utilizada no experimento será via pivô central que é um sistema que abrange grandes áreas e demanda muita água principalmente quando comparado a sistemas de aplicação localizada, por isso é sempre o principal alvo da crítica. No Brasil existem aproximadamente 3 milhões de hectares irrigados. Destes, 20% são irrigados com o sistema de aspersão do tipo pivô central que cobre uma área, aproximada, de 520 mil hectares. O pivô central, máquina de irrigar, foi inventado em 1947 no Estado Americano do Colorado por Frank Zibarch e foi patentado em 1949 (TOMAZELA, 1991).

De acordo com os dados mais atuais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2006), quanto ao uso de irrigação, 6,3% dos estabelecimentos declararam utilizar esta técnica, acusando um aumento de 39% no número de estabelecimentos agropecuários praticantes, em relação ao Censo anterior, apontando um aumento de 1,3 milhão de hectares (42%). A área irrigada compreendia 4,45 milhões de ha (7,4% da área total em lavouras temporárias e permanentes), com a seguinte distribuição: 24% da área irrigada no método de inundação, 5,7% por sulcos, 18% sob pivô central, 35% em outros métodos de aspersão, 7,3% com métodos localizados e 8,3% com outros métodos ou molhação.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Localização do experimento

O experimento será conduzido em campo, na Usina Monte Alegre S/A, Fazenda Monte Alegre II, talhão 81064, Latitude 6°54'49, 37520" S e Longitude 35°05'35,91896" O no município de Rio Tinto – Paraíba – Brasil, conforme mostra a figura 2.



Figura 2: Vista aérea do talhão de instalação do experimento. Em destaque o perímetro de cada bloco estudado.

### Descrição da área experimental

De acordo com a figura 3, no plantio da cana-de-açúcar foi utilizado 2 ou 3 colmos-sementes (dependendo da qualidade da muda), cruzando-se o pé com a ponta das mudas (colmos), proporcionando uma distribuição média de 17 a 20 gemas por metro de sulco. As mudas de cana depositadas no fundo do sulco foram cortadas em toletes com 2 a 3 gemas e feito o recobrimento com máquina.



Figura 3: Disposição do plantio das sementes de cana-de-açúcar no fundo do sulco

O plantio foi realizado em espaçamento de 1,20 m, colocando-se 18,0 gemas por metro linear para garantir um mínimo de 12 brotos primários por metro. Na calagem foi utilizada 1,5 ton. ha<sup>-1</sup>.

No que concerne ao manejo da adubação de cada parcela de tratamentos, foi realizada a adução orgânica no fundo sulco com a torta de filtro de cana-de-açúcar onde se utilizou 15 ton. ha<sup>-1</sup> na ocasião do plantio junto com as sementes, e as quantidades relativas a dosagem foi realizada pesando-se, em saco de nylon, o equivalente em quilogramas (Figura 4) e sua aplicação de forma manual.



Figura 4: Ensacamento (A); pesagem (B) e distribuição nos sulcos dos tratamentos (C) da torta de filtro; disposição do adubo orgânico e da cana repicada nos sulcos (D).

As parcelas experimentais foram constituídas de 5 fileiras e comprimento de 12 m, com uma área total de  $66 \text{ m}^2$ /tratamento (Figura 5). A área útil da parcela apresentará  $36 \text{ m}^2$ , compreendendo-se de 3 fileiras centrais com 10 m de comprimento cada, ficando 1 m de bordaduras no sentido perpendicular as linhas dos tratamentos, bem como, as 2 linhas laterais.

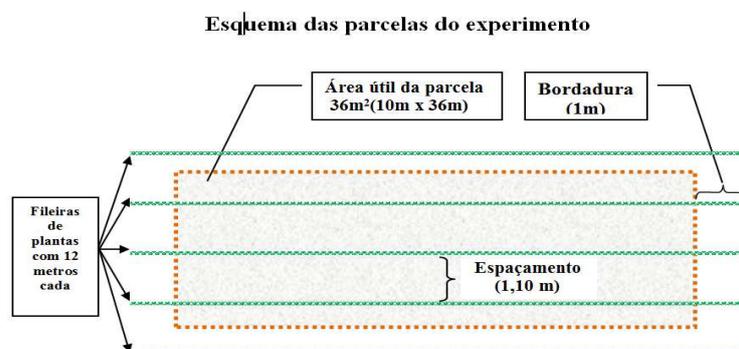


Figura 5 : Ilustração da área de cada parcela do experimento.

## Caracterização Pluvial, Fatores Climáticos e Irrigação

A pluviometria foi obtida em duas estações de pluviômetros ao longo da fazenda onde foi instalado o experimento, sendo a coleta sempre realizada às 6:00 h da manhã seguinte, e as médias realizadas desde o mês de implantação ao último mês, o da colheita. O experimento na área recebeu uma lâmina de 1.612,5 mm nos meses (Figura 6).

No decorrer da safra 2010/2011 e parte da entressafra e metade da safra 2011/2012, pode-se observar que aos 120 dias após o plantio a ocorrência das chuvas (158,5 mm), nesta fase é fundamental para um bom desenvolvimento da cultura, pois é o período o qual as plantas encontram-se em crescimento acelerado e, findando com os meses de abril e maio (210 e 240 DAP, respectivamente) que acumularam a precipitação de 574,5 mm que é a idade onde a planta tem maior índice de massa foliar formada e em formação, tornando-se assim a necessidade maior de água em decorrência de uma maior evapotranspiração da cultura e culminando com exigência do estresse hídrico para que ela desvie energia do seu crescimento para o armazenamento de açúcar no colmo, que posteriormente será usado para sua reprodução. Desta forma, o momento de colheita deve ser anterior ao início da reprodução, quando há concentração máxima de açúcar no colmo, que será utilizada pela indústria sucroalcooleira.

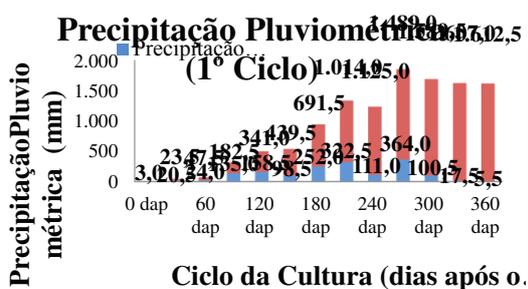


Figura 6: Precipitação mensal e acumulada na área experimental até a colheita da cana-planta.

A precipitação total pode ser observada considerando a soma das chuvas mais a irrigação realizada nos em todo o período experimental.

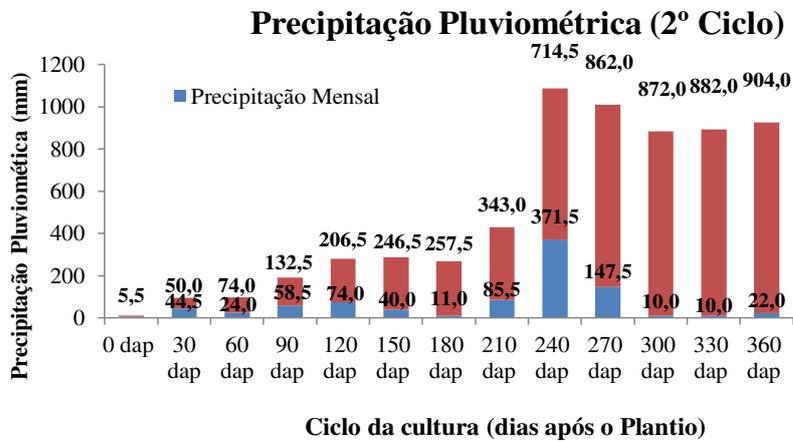


Figura 7: Precipitação mensal e acumulada na área experimental até a colheita do 2º ciclo da cultura

Quanto ao manejo da irrigação, foi realizada via pivô-central (Figura 7) com lâminas de 30 mm a cada 15 dias durante 45 dias, sendo que no período mais crítico (de novembro a janeiro) o volume de água de utilizada foi de 40 mm mês. Vale ressaltar que a irrigação foi do tipo “salvação”, e que nos períodos onde não houve a demanda hídrica pluviométrica suficiente, utilizava-se da complementação via irrigação.

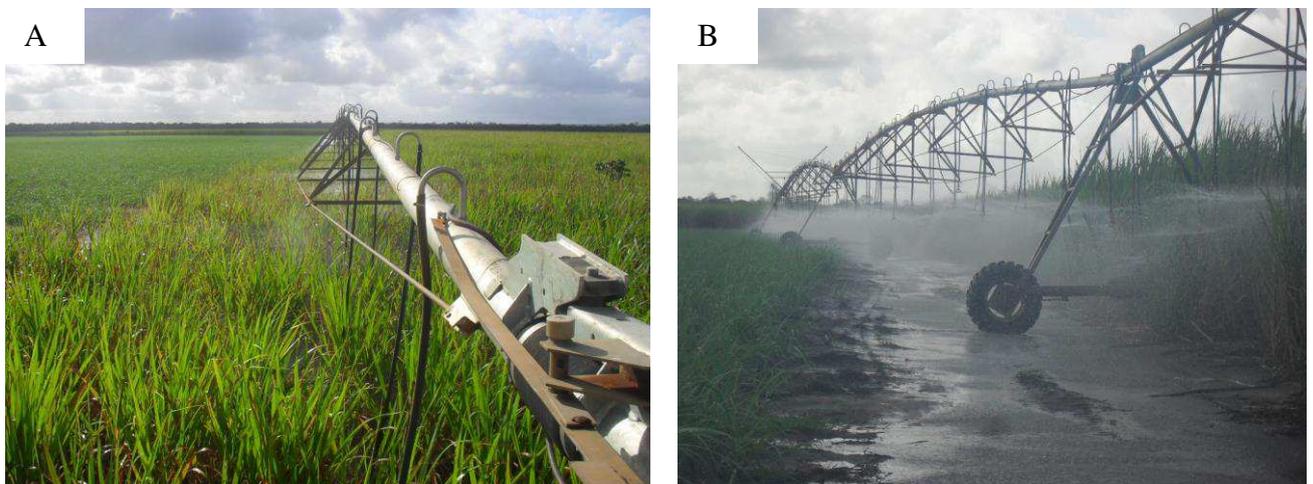


Figura 8: Vistas panorâmicas do método de irrigação nas parcelas do experimento.

## Características químicas, físicas e mineralógicas dos solos

O solo predominante na fazenda é Associação de Podzólico Vermelho Amarelo (PV3) (Argissolo Vermelho Amarelo) variação acinzentada com fragipã textura indiscriminada fase cerrado relevo plano e Podzol Hidromórfico (Espodossolo) fase cerrado relevo plano (Figura 9). Mais especificamente, a área experimental é constituída por um solo de textura arenosa (BRASIL, 1972).

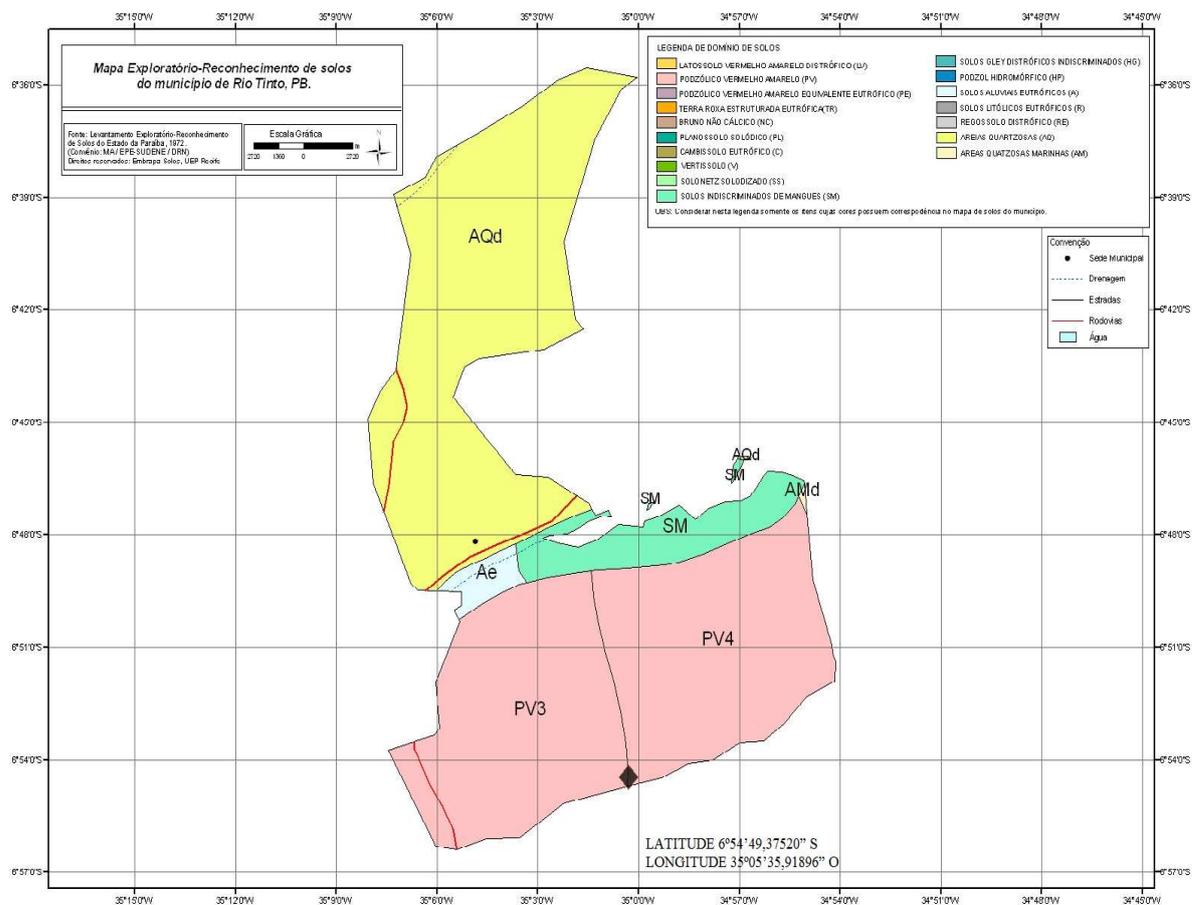


Figura 9: Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba.

**Fonte:** Embrapa - Solos

A temperatura média anual é de 28 °C, com precipitação média anual de 1.200 mm, verificando-se seis meses seca. O clima é Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno (Figura 10), classificado como As', segundo Köppen.

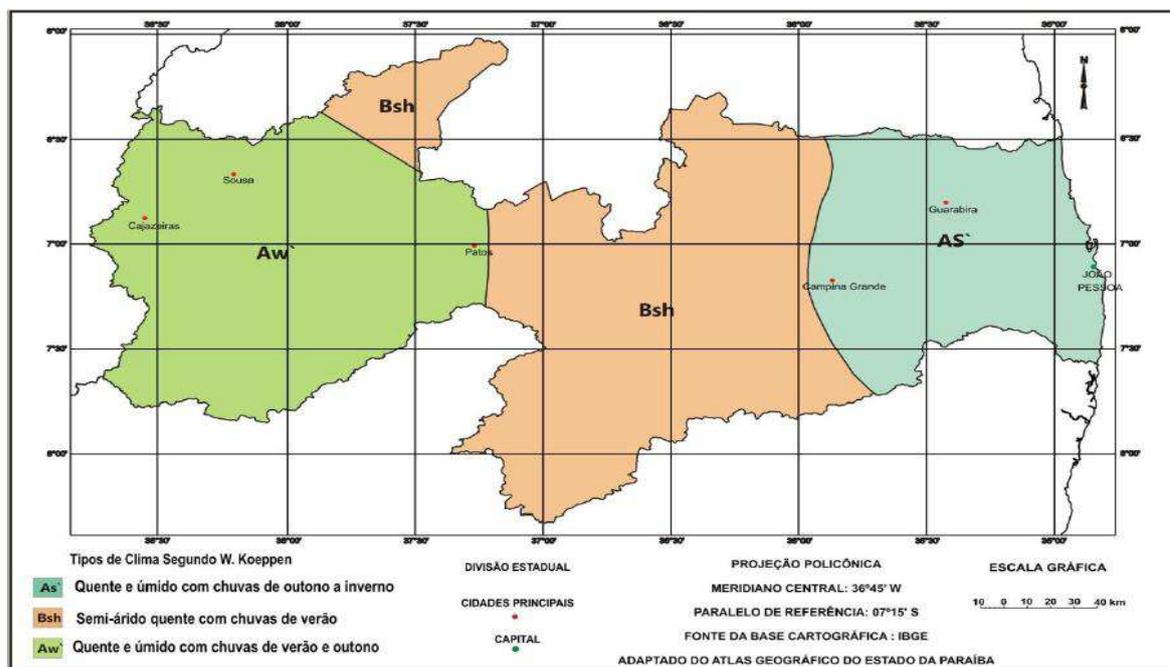


Figura 10: Tipos de clima do Estado da Paraíba, segundo a classificação de Köppen.  
 Fonte: Atlas geográfico do Estado da Paraíba

As amostras de solos foram analisadas pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. A análise físico-química do solo (Tabela 1), classificou a textura do solo como sendo areia para os primeiros 40 cm e areia-franca até 80 cm de profundidade. classificada como de baixa salinidade, portanto, com pouca probabilidade de ocasionar problemas de salinidade.

Tabela 1. Análise físico-química do solo da área experimental. Fazenda Monte Alegre II, Rio Tinto/PB, 2010.

Características	Profundidade (cm)			
	0-20	21-40	41-60	61-80
<b>Granulometria (%)</b>				
Areia	90,86	88,84	86,84	81,80
Silte	3,36	5,37	7,38	8,40
Argila	5,78	5,79	5,78	9,80
<b>Textura</b>	Areia	Areia	Areia Franca	Areia Franca
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>				
do Solo	1,51	1,36	1,38	1,24
das Partículas	2,45	2,69	2,69	2,69
<b>Porosidade (%)</b>	43,02	49,44	48,70	53,90
Umidade natural				

<b>Umidade (%)</b>	0,30	0,36	0,30	0,42
0,33 atm	6,44	8,33	12,80	11,35
15,00 atm	2,49	3,00	4,64	5,90
<b>Água disponível</b>	<b>3,95</b>	<b>5,33</b>	<b>8,13</b>	<b>5,45</b>

Tabela 2. Análise química do solo da área experimental. Fazenda Monte Alegre II, Rio Tinto PB, 2012.

Características Químicas do solo	Profundidade (cm)			
	0-20	21-40	41-60	61-80
Cálcio <sup>1</sup>	1,17	0,40	0,42	3,24
Magnésio <sup>1</sup>	0,26	0,76	0,96	1,75
Sódio <sup>1</sup>	0,33	0,24	0,01	0,19
Potássio <sup>1</sup>	0,19	0,14	0,07	0,38
Soma de bases <sup>1</sup>	1,95	1,54	1,46	5,56
Hidrogênio <sup>1</sup>	0,70	1,71	1,30	1,00
Alumínio <sup>1</sup>	0,20	0,20	0,20	0,04
CTC <sup>1</sup>	2,85	3,45	2,96	6,66
Carbono orgânico <sup>2</sup>	0,45	0,52	0,41	0,41
Matéria orgânica <sup>2</sup>	0,77	0,90	0,71	0,71
Nitrogênio <sup>2</sup>	0,04	0,05	0,04	0,04
Fósforo Assimilável <sup>3</sup>	3,54	1,19	0,49	0,57
pH (H <sub>2</sub> O)	5,80	4,52	4,28	5,13
CE <sup>4</sup>	0,43	0,31	0,06	0,11

<sup>1</sup> meq/100g de solo; <sup>2</sup> %; <sup>3</sup> mg/100g de solo

Tabela 3. Análise química do composto orgânico

DETERMINAÇÕES	LEITURA
Nitrogênio Total (%)	1,04
Fósforo (%)	2,03
Potássio - K <sub>2</sub> O (%)	0,18
Ferro (ppm)	3.897,80
Zinco (ppm)	219,30
Cobre (ppm)	51,60
Manganês (ppm)	428,10
Matéria Orgânica Total (%)	18,52
Umidade 100-105 (%)	39,15
Umidade 60-65 (%)	37,71
Cálcio (ppm)	7.011,60
Magnésio (ppm)	1.635,91

## Delineamento experimental

O delineamento estatístico será em blocos ao acaso com 16 tratamentos com três repetições em esquema de análise fatorial (5 x 5)+1, cujos fatores foram cinco doses de Molibdênio (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 l ha<sup>-1</sup>) correspondendo a 0; 98; 196; 294 e 392 g ha<sup>-1</sup> do elemento e cinco doses de nitrogênio (0; 300; 400; 500 e 600 kg ha<sup>-1</sup>) da formulação comercial 12-18-24, que equivalem a 0; 36; 48; 60 e 72 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 4) do elemento com três repetições, todas as parcelas adubadas com torta de filtro no fundo do sulco na quantidade de 15 ton. ha<sup>-1</sup> com exceção a uma parcela (absoluta) onde será utilizada apenas a dosagem de 500 kg ha<sup>-1</sup> que equivale a adubação comercial da empresa-parceira, totalizando assim 76 parcelas experimentais.

Tabela 4. Demonstrativo de equivalência da formulação comercial para cada elemento estudado.

Dosagens utilizadas					
Nitrogênio			Molibdênio		
	Nutriente	Adubo		Nutriente	Adubo
<b>N<sub>1</sub></b>	0 kg	0 kg ha <sup>-1</sup>	<b>Mo<sub>1</sub></b>	0 g ha <sup>-1</sup>	0,0 l ha <sup>-1</sup>
<b>N<sub>2</sub></b>	36 kg	300 kg ha <sup>-1</sup>	<b>Mo<sub>2</sub></b>	98 g ha <sup>-1</sup>	0,5 l ha <sup>-1</sup>
<b>N<sub>3</sub></b>	48 kg	400 kg ha <sup>-1</sup>	<b>Mo<sub>3</sub></b>	196 g ha <sup>-1</sup>	1,0 l ha <sup>-1</sup>
<b>N<sub>4</sub></b>	60 kg	500 kg ha <sup>-1</sup>	<b>Mo<sub>4</sub></b>	294 g ha <sup>-1</sup>	1,5 l ha <sup>-1</sup>
<b>N<sub>5</sub></b>	72 kg	600 kg ha <sup>-1</sup>	<b>Mo<sub>5</sub></b>	392 g ha <sup>-1</sup>	2,0 l ha <sup>-1</sup>

## Características varietais

A variedade da cana-de-açúcar cultivada foi a RB 93-509. É uma variedade que apresenta alta produtividade agrícola, bom perfilhamento, bom diâmetro de colmo, boa brotação das soqueiras, com longevidade dos canaviais. Porte semiereto, responde bem a irrigação, médio teor de sacarose, maturação de médio a tardia, recomenda-se o seu cultivo no plantio de verão e colheita no meio e fim da safra, para evitar o florescimento. Com elevado ataque de broca comum em áreas de infestação, resistente à ferrugem marrom e escaldadura das folhas e moderadamente resistente ao carvão (SOUSA et al., 2008).

## **Tratos culturais**

Na ocasião da implantação da cultura, foi aplicado – na ocasião de cobertura dos sulcos da cana - o cupinicida e inseticida de contato e ingestão FIPRONIL do grupo pirazol na dosagem de 200 g ha<sup>-1</sup>, onde as espécies mais comuns encontradas são: *Cornitermes* sp., *Heterotermes* sp., *Nasutitermes* sp., *Neocapritermes* sp., *Procornitermes* sp.

Para controle de plantas espontâneas, a aplicação em pré-emergência utilizou herbicidas o de composição a base de Diuron (533 g/kg) e Hexazinona (67 g/kg) com dosagem de 2,0 L ha<sup>-1</sup> (ação sistêmica) combinado com Tebutiuram (500g/L) com a dosagem de 1,5 L ha<sup>-1</sup> (seletivo de ação sistêmica).

Na Pós-emergência aplicou-se Mesotriona (480g/l) (seletivo de ação sistêmica); Picloram (26,7 g/L), 2,4-D, sal dimetilamina (433,7 g/L); e Dimetiluréia (500 g/L) (seletivo de ação sistêmica).

## **ANÁLISES BIOMÉTRICAS**

Com o objetivo de se avaliar o efeito conjunto dos tratamentos sobre as variáveis fisiológicas de produção (mês a mês, ao longo do 1º ano de cultivo) e econômicas, por ocasião do corte comercial, foram coletados dados a partir dos 90 dias após a brotação (DAB) para a realização das análises fisiológicas do crescimento.

### **Varáveis analisadas**

#### **Altura e número de plantas**

Para a determinação do crescimento foram realizadas medições de altura da planta, partindo do solo até a última região auricular visível da folha +1, segundo a numeração sugerida por Kuijper (Dillewijn, 1952). Essas alturas foram feitas a partir dos 60 DAP, após esse período, a medição passou a ser mensal. A contagem do número de plantas (Figura 11) foi feita no período de 30, 60, 120, 180, 240, 300 e 365 DAP.



Figura 11 : Contagem dos perfilhos aos 30 DAP

### **Diâmetro do Colmo**

Determinou-se nas áreas demarcadas o diâmetro do colmo (Figura 12) de 30 plantas aleatórias na altura correspondente a 1/3, a partir de sua base, a cada 2 meses após o plantio.



Figura 12: Determinação do diâmetro com auxílio de paquímetro.

### **Área Foliar (AF) e Índice de Área Foliar (IAF)**

A área foliar de uma planta constitui sua matéria prima para fotossíntese e, como tal, é muito importante para a produção de carboidratos, lipídeos e proteínas. O IAF representa a área foliar total por unidade de área do terreno. Funciona como indicador da

superfície disponível para interceptação e absorção de luz. O IAF pode variar com a população de plantas, distribuição de plantas e variedades.

O índice de área foliar é computado em diferentes estádios de crescimento e é muito variável entre plantas e entre épocas de amostragens. Ele avalia a capacidade ou a velocidade com que as partes aéreas do vegetal (área foliar) ocupam a área de solo ou de outro substrato disponível àquele vegetal. Em determinadas circunstâncias, além das folhas, outras partes do vegetal devem também ser integradas à área foliar, como pseudocaules, pecíolos, brácteas, etc. Um IAF igual a 2,0 significa 2 m<sup>2</sup> de área foliar (AF) ocupando 2 m<sup>2</sup> de solo ou de outro substrato (S):  $IAF = AF / S$ . A área foliar foi determinada pelo método Hermann e Câmara (1999) modificado por Morais (2004). Para encontrar a área de cada folha, multiplica-se sua maior largura (Figura 13A) pelo comprimento (Figura 13B), multiplicando-se em seguida essa área pelo coeficiente de 0,75. A área foliar da folha +3 de cada planta multiplicada pelo número de folhas representa a área foliar de cada planta. A obtenção do índice de área foliar (IAF) é feita através da área foliar por planta multiplicado pelo número de plantas encontradas em um hectare, dividido pela área ocupada pelas mesmas no solo (10.000 m<sup>2</sup>).



Figura 13 : Determinação das larguras (A) e comprimentos da folhas (B).

### **Fitomassa da parte aérea das plantas**

Análise da fitomassa foi feita a cada dois meses separando-se a planta em três partes: colmo, folha e ponteiro. Foram coletadas doze plantas aleatórias em cada tratamento, e desde que estivesse na média de altura anteriormente a partir da coleta de 30 unidades. Para determinação da fitomassa verde, a pesagem foi realizada separando a parte aérea em: ponteiro (Figura 14A), folhas (Figura 14B) e colmos (Figura 14C). Somaram-se também as partes para determinar a produção total de fitomassa por hectare. Essas plantas

foram extraídas fora da área demarcada para determinação das outras variáveis, evitando-se assim interferência nos resultados obtidos para as mesmas.



Figura 14: Pesagem para Determinação da matéria fresca em laboratório. Pesagem dos ponteiros (A), folhas (B) e colmos (C)

### Fitomassa seca

A massa de todo o material vegetal de cada repetição (folhas, ponteiros e colmos) foi obtida diretamente em campo em local à sombra e ventilado, com intuito de diminuir o máximo possível o efeito da temperatura ambiente diretamente sobre as fitomassa coletadas.

As plantas destinadas para análises destrutivas foram separadas em: parte aérea (folhas e ponteiros) e colmo (Figuras 15A e 15B).



Figuras 15: Seccionamento (A) e separação (B) das partes das plantas para cortes, pesagem e, por conseguinte, empacotamento para secagem.

Tanto a parte aérea quanto os colmos das 10 plantas amostradas, após picotadas e ensacadas na própria unidade experimental (Figuras 16A 16B) e, seguida foram levadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de

Campina Grande (UFCG), Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg).



Figuras16: Corte (A) e acomodação das partes das plantas (B) para secagem.

Após o transporte do material para o laboratório, as amostras, devidamente identificadas, foram acondicionadas nas estufas (Figuras 17 A e 17 B), regulada para uma temperatura média de aproximadamente 65° C, onde permaneceram por um período de 48 horas para folhas e de 72 horas para os colmos ou até que atingissem peso constante tendo como produto final a obtenção das massas secas de folhas, ponteiros e colmos.



Figuras 17: Vista geral das estufas (A); Acomodação das amostras no interior da estufa (B)

Para a determinação dos pesos das massas frescas de folhas e colmos com a utilização de uma balança de precisão. Somando-se esses dois valores foram obtidos os dados de massa fresca da parte aérea. Folhas e caules foram acondicionados adequadamente e etiquetados para serem colocados em estufa



Figuras 18: Determinação do peso da fitomassa seca de ponteiros (A), folhas (B) e Colmos (C).

### Parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar

As análises laboratoriais foram realizadas no final do ciclo a partir de análises destrutivas. Os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar, sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix em %), sacarose (Pol do caldo em %), fibra industrial na cana (%), pureza do caldo (%), e percentagem bruta de açúcar (PCC) foram determinados no próprio laboratório de sacarose da usina Monte Alegre. As determinações bioquímicas compreenderão: quantificação de pigmento fotossintéticos através da obtenção do Índice SPAD (Figura 19).



Figura 19: Leitura para determinação do Índice SPAD.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Aspectos biométricos da parte aérea da cultura da cana-de-açúcar para cana-planta e 2ª folha

Os estudos que compreendem a análise biométrica da cana-de-açúcar irrigada onde o levantamento de informações sobre o desenvolvimento da parte aérea da cana-de-açúcar torna-se de grande importância, logo que permite inferir a influência de fatores abióticos (adubação, irrigação, data de início do ciclo, clima, solo, variedade, tipo de ciclo: cana-planta ou cana- soca, entre outros) ou bióticos (doenças, pragas, entre outros) no rendimento final da cultura (GILBERT et al ., 2006; PARK et al., 2005; SINGH et al., 2007; SMIT; SINGLES, 2006).

A grande importância do nitrogênio para a cana-de-açúcar, diz respeito ao fato deste nutriente contribuir com 1%, em média, da matéria seca da cana-de-açúcar, seu papel é tão importante quanto à do carbono, hidrogênio e oxigênio que constituem juntos, mais de 90% da matéria seca (BÜLL, 1993; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Na análise de variância para o primeiro ciclo da cultura (cana-planta) (Tabela 5), é possível observar que os efeitos de número de plantas, altura de planta, diâmetro do colmo, área foliar, índice de área foliar, índice SPAD e fitomassa seca não houve praticamente diferença estatística quando da variação da doses de nitrogênio e molibdênio, bem como sua interação. O regime hídrico acima da média pode ter sido determinante para que essa influência de Nitrogênio e Molibdênio não fosse evidenciada. Com exceção do efeito do nitrogênio observado na fitomassa verde (FV) e produtividade (PROD), semelhantemente, houve efeito significativo na interação nitrogênio (N) x molibdênio (Mo) para índice de área foliar (IAF) e índice SPAD, deduz que este comportamento indica que houve influencia de um em outro elemento na potencialização dos resultados destas variáveis.

Na Tabela 5 , observa-se que o índice SPAD teve significância na interação entre N x Mo a 5% pelo Teste de Tukey para a cana-planta. Todavia, os estudos apontaram que não houve significância para os efeitos isolados de nitrogênio e molibdênio.

Comportamento semelhante, obtivemos na quando se estudou a variável índice de área foliar.

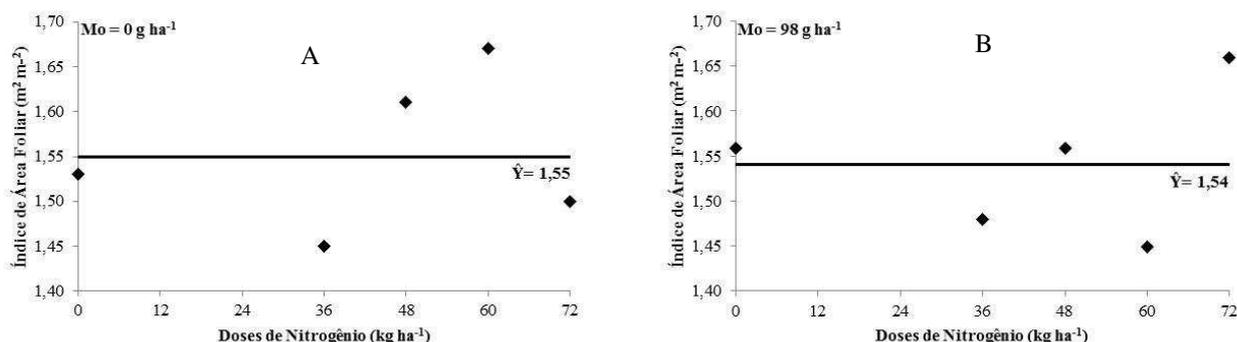
Tabela 5: Resumo da análise de variância para as variáveis observadas no ano de 2011: número de plantas (NP2011), altura de planta (AP2011), diâmetro do colmo (DC2011), área foliar (AF2011), índice de área foliar (IAF2011), índice SPAD (SPAD2011), fitomassa verde (FV2011), fitomassa seca (FS2011) e produtividade (PROD2011).

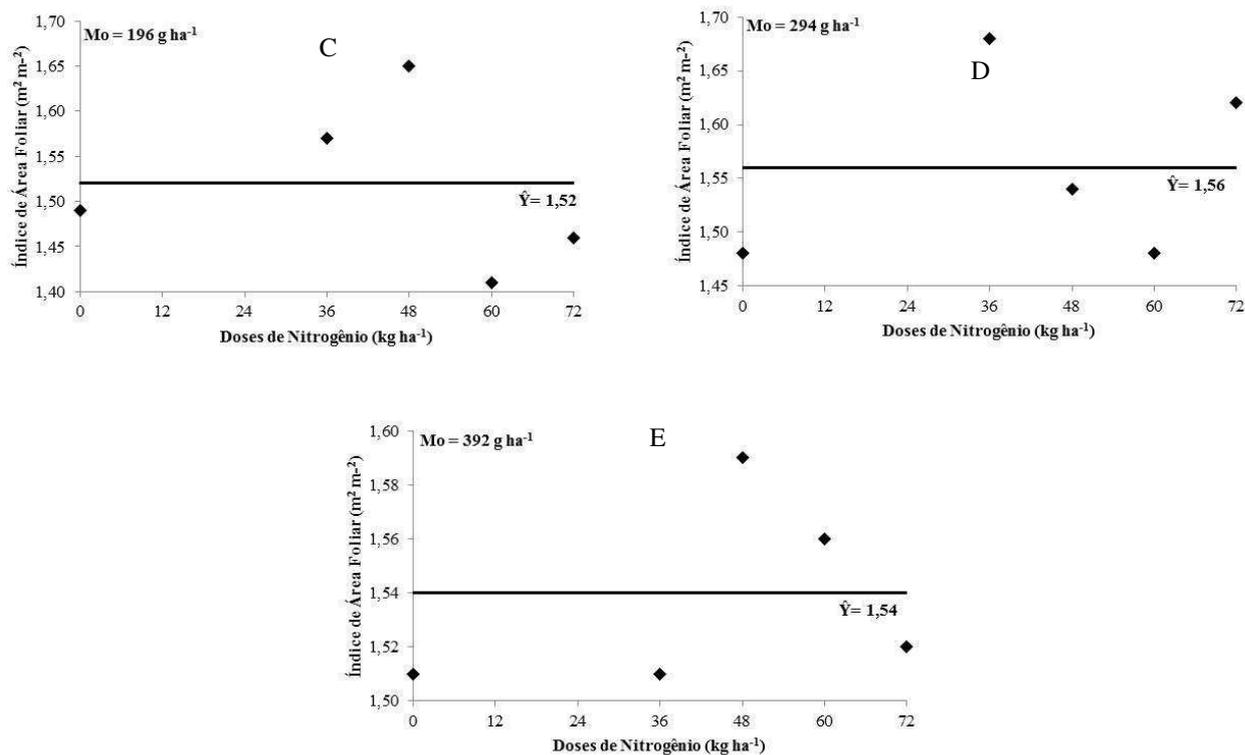
Fontes de Variação	GL	F								
		NP2011	DC2011	AP2011	AF2011	IAF2011	SPAD2011	FV2011	FS2011	PROD2011
Nitrogênio (N)	4	0,6129 <sup>ns</sup>	0,2439 <sup>ns</sup>	1,8019 <sup>ns</sup>	1,6088 <sup>ns</sup>	1,3889 <sup>ns</sup>	0,5104 <sup>ns</sup>	8,0930 <sup>**</sup>	0,6357 <sup>ns</sup>	9,7342 <sup>**</sup>
Molibdênio (Mo)	4	1,6406 <sup>ns</sup>	0,9555 <sup>ns</sup>	0,7341 <sup>ns</sup>	1,6909 <sup>ns</sup>	0,3901 <sup>ns</sup>	0,6766 <sup>ns</sup>	1,4042 <sup>ns</sup>	1,5935 <sup>ns</sup>	1,6171 <sup>ns</sup>
Interação N x Mo	16	1,4938 <sup>ns</sup>	1,1364 <sup>ns</sup>	0,7341 <sup>ns</sup>	1,3686 <sup>ns</sup>	2,0021 <sup>*</sup>	1,9413 <sup>*</sup>	0,9421 <sup>ns</sup>	0,6128 <sup>ns</sup>	0,9631 <sup>ns</sup>
Fat. x Test.	1	0,4608 <sup>ns</sup>	0,4027 <sup>ns</sup>	0,2655 <sup>ns</sup>	0,1743 <sup>ns</sup>	0,5287 <sup>ns</sup>	3,7078 <sup>ns</sup>	0,6870 <sup>ns</sup>	0,0121 <sup>ns</sup>	0,9407 <sup>ns</sup>
Tratamento	25	1,3350 <sup>ns</sup>	0,9353 <sup>ns</sup>	1,0756 <sup>ns</sup>	1,4108 <sup>ns</sup>	1,5871 <sup>ns</sup>	1,5807 <sup>ns</sup>	2,1500 <sup>*</sup>	0,7493 <sup>ns</sup>	2,4702 <sup>**</sup>
CV (%)		10,31	2,57	3,03	5,15	6,56	1,49	9,69	18,49	9,45

\*\*, \* e ns - Significativo a 1% e 5% de probabilidade, e não-significativo pelo Teste de Tukey, respectivamente.

### Desdobramento de Molibdênio em função da adubação nitrogenada em cana-planta.

No desdobramento da análise da variância, se estudou os efeitos significativos estatisticamente pelo teste F, regressões para relacionar as doses de Mo no índice foliar (IAF) e índice SPAD da cana planta em função da aplicação de N nos diferentes doses crescente de adubação. Embora havendo efeito significativo na interação de N x Mo (Tabela 5), foi realizado a tentativa de ajustar as curvas da equação linear e quadrática, porém, não foi possível encontrar nenhuma equação que se adequasse, optando-se assim pela média dos valores (Figura 19) para variável índice de área foliar (IAF).





Figuras 19. Análise de regressão de nitrogênio dentro de cada nível de molibdênio para IAF, na época do corte da cana-planta, para doses de 0 (A), 98 (B), 196 (C), 294 (D) e 392 (E) g ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

É possível verificar (Figura 19) que a adição crescente das doses de nitrogênio dentro de molibdênio, houve uma expansão do índice de área foliar, porém quando as doses de N ultrapassam os 48 kg ha<sup>-1</sup> os valores da variável decresce abaixo da média gerando, portanto, deduz-se que as quantidades de nitrogênio acrescidas ao molibdênio tem baixa relação de resposta, em face da sua imobilização no solo e sua eficiência ser muito inferior.

É possível que a alta concentração de Mo, por criar uma pressão osmótica no sentido de dentro para fora, tenha evitado a entrada excessiva de Mo no citoplasma, conseqüentemente um baixo aproveitamento nas crescentes doses de nitrogênio.

Leme et al. (1984) citam que o índice de área foliar (IAF) é efetivo para avaliar a rendimento final, sendo que os maiores valores durante o ciclo de desenvolvimento estariam relacionados com a maior produção final de colmos. Nesse sentido, o conhecimento da dinâmica de desenvolvimento da área foliar, bem como da arquitetura do

sistema foliar, em diferentes cultivares de cana-de-açúcar, poderá permitir melhor compreensão das relações destas características com o rendimento final.

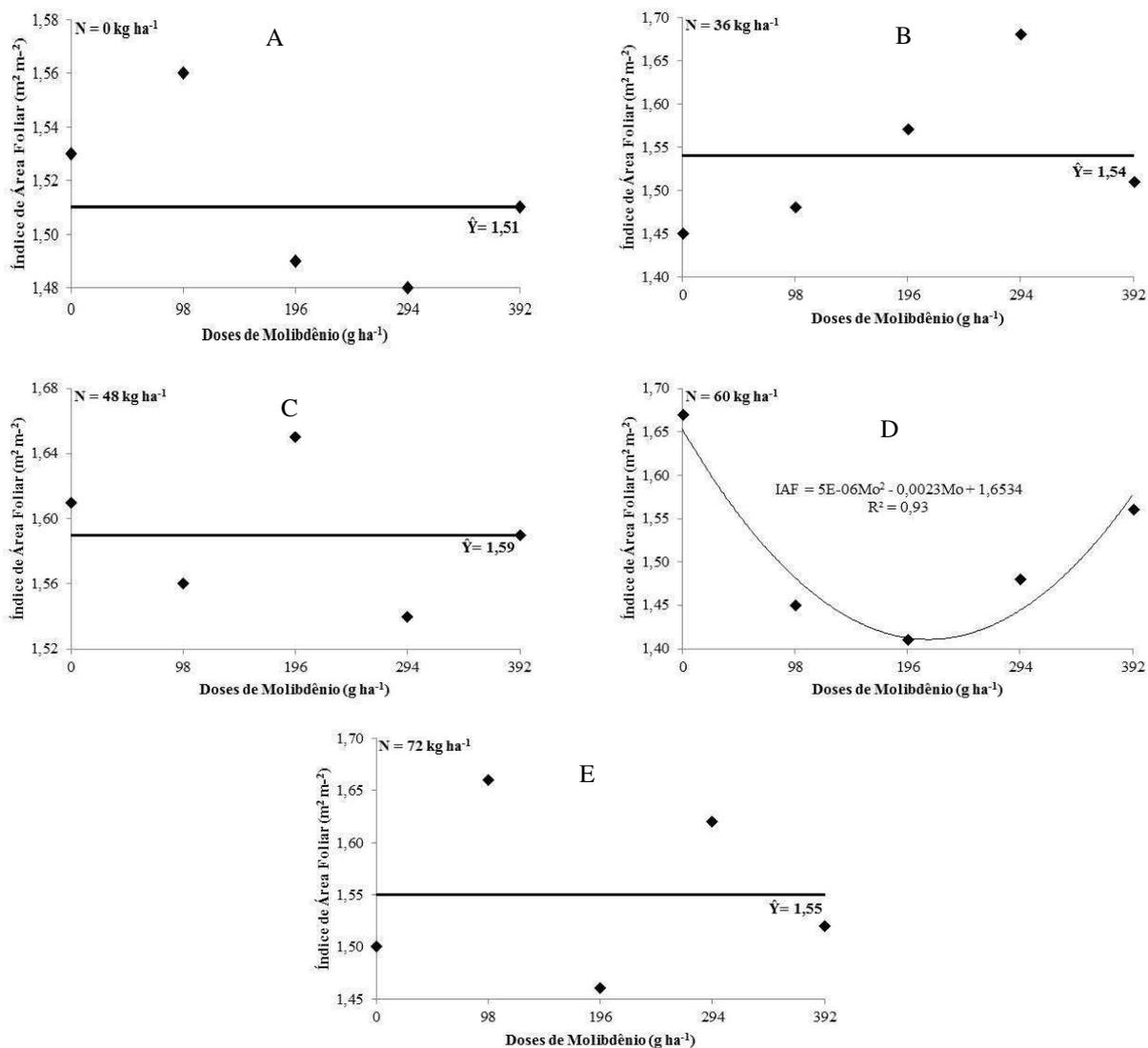
Benincasa (1988) relata que as folhas são os órgãos responsáveis por 90% da massa seca acumulada nas plantas, resultante da atividade fotossintética. Assim, fatores como temperaturas elevadas em períodos de estresse hídrico causam a diminuição da área foliar, pois aceleram o processo de senescência das folhas verdes (Inmam-Bamber 2004). Neste sentido, Wahid (2004) acrescenta que em condições de estresses ambientais, genótipos sensíveis seriam mais prejudicados por reduzirem sua massa de folhas e sua área foliar. Além desses fatores, a deficiência de nitrogênio também pode reduzir a capacidade fotossintética (Meinzer & Zhu 1998).

Os dados da variável em função da aplicação de Mo dentro das doses de N, verifica não permitiram ajuste de uma equação de regressão quadrática ou linear para a alocação de Mo. Os valores máximos de Mo dentro de N foi oscilante para todas as doses. Analisando que a ausência do nitrogênio influenciou diretamente no IAF (Figura 20A), pois a medida que houve acréscimos de Mo a variável teve um decréscimo o que reforça a hipótese da dependência do N para que haja a expansão celular.

Analisando o aumento linear da quantidade de Mo na dosagem de 36 kg ha<sup>-1</sup> N (Figura 20A), verifica-se que há uma assimilação maior do Nitrogênio e, conseqüentemente, uma maior expansão celular devido a potencialização do Mo.

Já para as de 48 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figuras 20 C), houve um acréscimo no IAF quando se utilizou a dosagem de 196 g ha<sup>-1</sup> de Mo com tendência de queda quando há um aumento da dose nutriente, o que leva a hipótese que, mesmo aumentando a quantidade de molibdênio não efeito quantitativo no aumento do IAF na cultura da cana-de-açúcar.

O molibdênio aumenta a eficiência da nutrição nitrogenada e a produção de sacarose o que é se esperar é que se aumente a maior quantidade de folhas por plantas. Portanto, quando estudado o efeito da dosagem de 60 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 20D) houve uma tendência ao decréscimo do IAF, supostamente devido ao fato de que o Mo tenha sido canalizado para a produção das outras partes da planta e, outra hipótese é a de que devido a época, as folhas predominante seria as de senescência e as folhas mais jovens as quais não haveria representatividade na determinação do índice área foliar total.



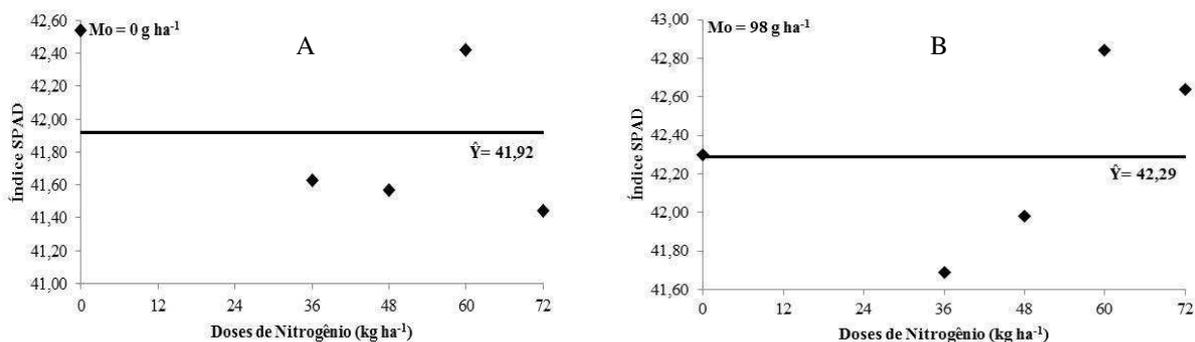
Figuras 20– Análise de regressão das doses de molibdênio dentro de cada nível de nitrogênio para IAF, na época do corte da cana-planta, para as doses de 0 (A), 36 (B), 48 (C), 60 (D) e 72 (E) kg ha<sup>-1</sup>

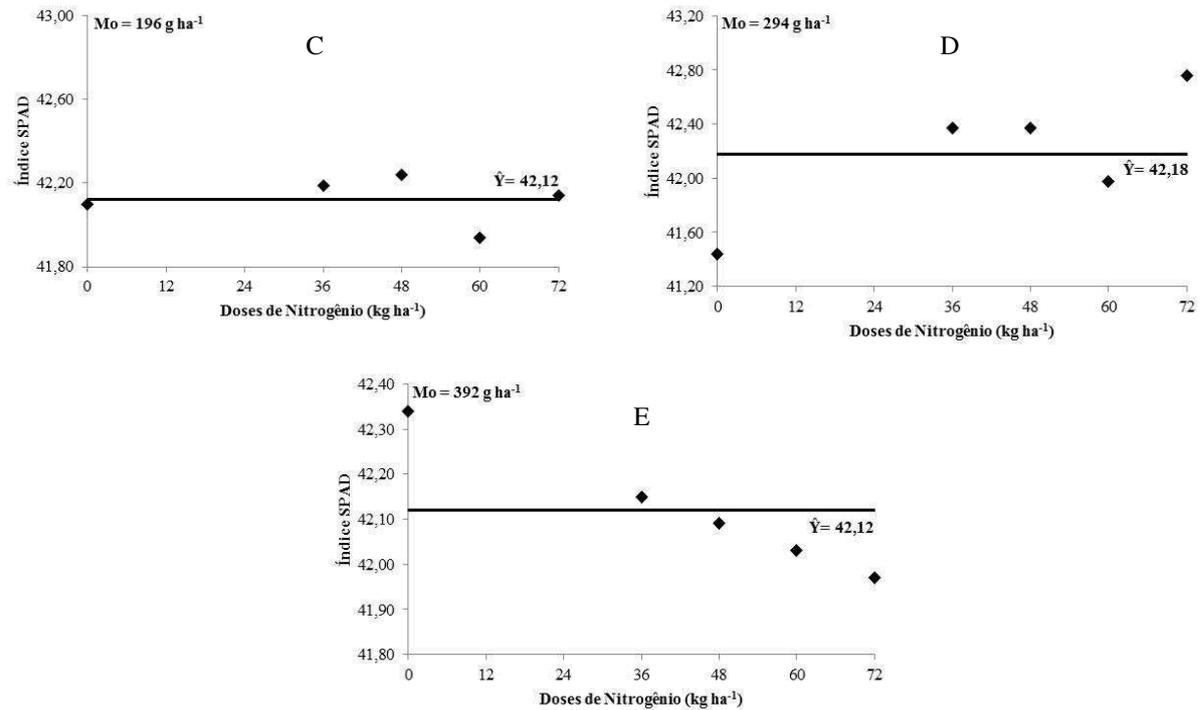
O índice SPAD estima o teor relativo de clorofila, mediante valores calculados no aparelho a partir da quantidade de luz absorvida pela folha (WASKOM et al., 1996). De modo geral, a leitura do índice SPAD é mais uma ferramenta importante para verificar a resposta das culturas à aplicação do nitrogênio, apresentando correlações positivas entre os valores do índice SPAD com o aumento do N nos tecidos vegetais (FURLANI JUNIOR et al., 1996).

Segundo Malavolta (2006), o nitrogênio está presente em cada passo da vida das plantas, exercendo das mais variadas funções, participação na constituição de moléculas das proteínas, participação na síntese de compostos celulares, como a clorofila, além de participar da formação de compostos indispensáveis às plantas.

Netto et al (2010), estudando a influencia do nitrogênio na leitura do índice SPAD da folha +1 e folha +3 aos nove meses após a brotação da terceira soqueira da cana-de-açúcar, verificaram que houve o aumento dos índices SPAD com a aplicação das doses de N, devido este nutriente estar relacionado com a formação da pigmentação nos tecidos vegetais, o que pode não ser significativo para este estudo da interação entre N e Mo (Figura 21) e Mo e N (Figura 22) para a cana-planta, uma vez que as folhas encontravam-se com 365 DAP, onde o metabolismo de assimilação do N encontra-se na fase final tendo-se o agravante do sombreamento da maior parte das folhas mais jovens sobre folhas mais velhas - dentre elas inclui-se a folha +3 utilizada para realizar a leitura. Essa leitura (índice SPAD – *Soil Plant Analysis Development*) é considerada a melhor indicadora do estado nutricional de N na planta (BLACKMER & SCHEPERS, 1994).

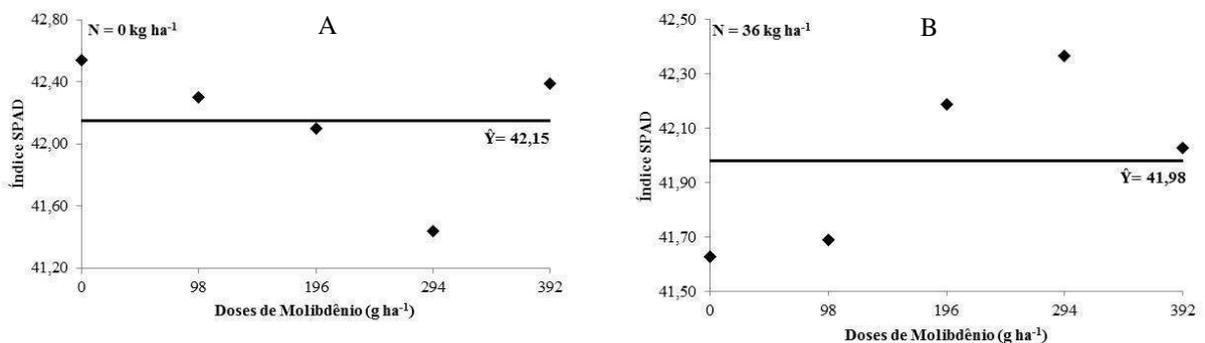
No caso do efeito das doses de N em Mo, houve uma coerência nos valores médios da leitura do índice SPAD, porém, com exceção da maior dose de Mo (Figura 21E), onde a tendência é decréscimo, as demais doses de N houve um acréscimo nos valores da leitura quando adicionados ao Mo.





**Figura 21** Análise de regressão das doses de nitrogênio dentro de cada nível de Molibdênio para leituras do índice SPAD, na época do corte da cana-planta, nas doses de 0 (A), 98 (B), 196 (C), 294 (D) e 392 (E) g ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Para a interação de Mo em N (Figura 22), verificou-se que o melhor valor de leitura foi quando se utilizou 98 g ha<sup>-1</sup> de Mo e 60 kg ha<sup>-1</sup> N (Figura 22D), porém com o aumento das doses de Mo, houve uma tendência de decréscimo deduzindo-se que não houve assimilação por parte do N e conseqüentemente diminuição do teor de clorofila nas folhas.



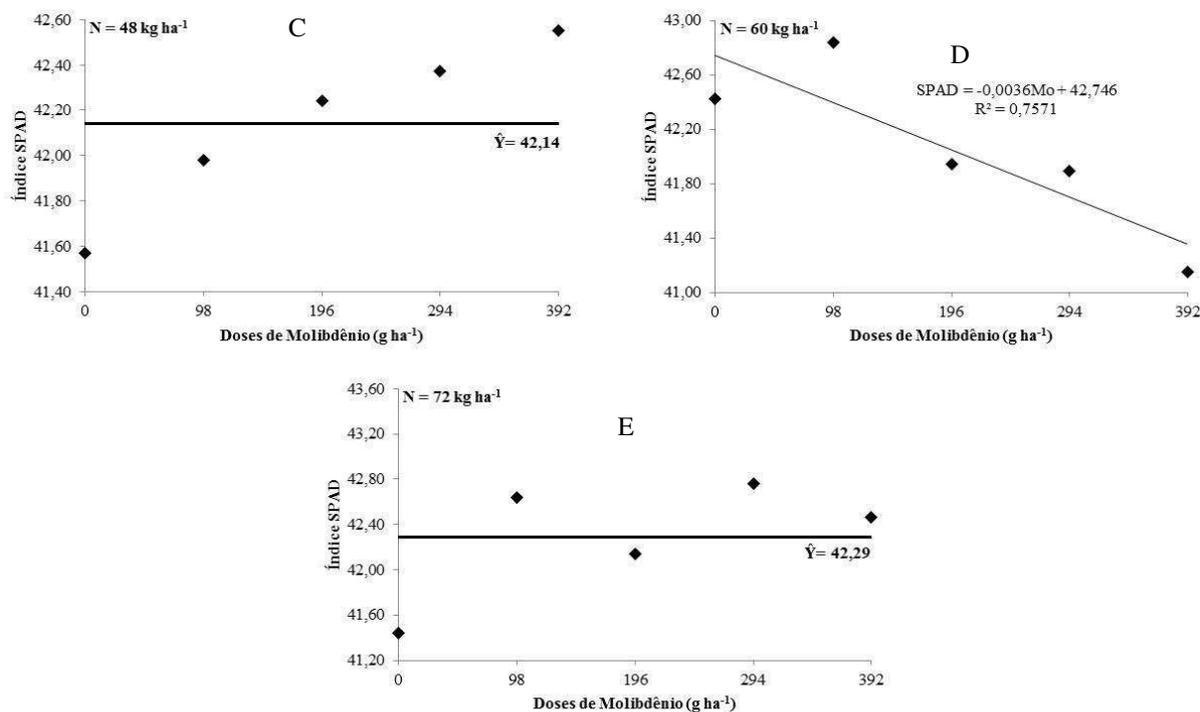


Figura 22 - Análise de regressão das doses de nitrogênio dentro de cada nível de molibdênio para leituras do índice SPAD, na época do corte da cana-planta, nas doses de 0 (A), 98 (B), 196 (C), 294 (D) e 392 (E) g ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O acúmulo de fitomassa verde (Figura 23) obteve comportamento constante com a sequencia de adição do nitrogênio (N), porém, as dosagens de 60 kg ha<sup>-1</sup> acrescidos de 0 e 392 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio, respectivamente, o que tende a indicar que N teve papel importante no acúmulo desta variável na cana-de-açúcar. Vale ressaltar que um dos aspectos que pode ter ajudado a este desempenho do no acúmulo de massa foi a precipitação acumulada durante os primeiros 180 dias de 691,5 mm e chegando a 1.014 mm e aos 210 dias da cultura, fase onde a planta da cana-de-açúcar necessita de mais água para seu desenvolvimento vegetal no de matéria verde. Diferentemente das doses adjacentes, quando observar-se que no tratamento N<sub>5</sub>Mo<sub>1</sub>, que equivale a dose única 72 kg ha<sup>-1</sup> de N, o que deduz é que tenha ocorrido algum fator externo que contribui para o baixo desempenho destas plantas.

Esta significância diverge de Dias et al (2006), onde afirmam que em geral a cana não responde, ou responde muito pouco, à adubação nitrogenada na cana-planta, onde a média do talhão foi superior a 100 ton ha<sup>-1</sup>. Os autores acrescentam ainda que, o N existente na matéria orgânica é mineralizada, isto é, sofre ataque dos microrganismos que

quebram moléculas complexas, tornando nutrientes mais disponíveis para as plantas. Por fim. Sabe-se que a cana-de-açúcar forma associações com bactérias fixadoras de N do ar atmosférico, mas não se conhece exatamente a eficiência do processo. O fato é que, recomendam-se doses baixa de N para a cana-planta o que, dependendo da meta de produtividade da cultura recomenda-se aplicar de 30 a 60 kg de N além da dosagem indicada na tabela de adubação, preferencialmente em cobertura.

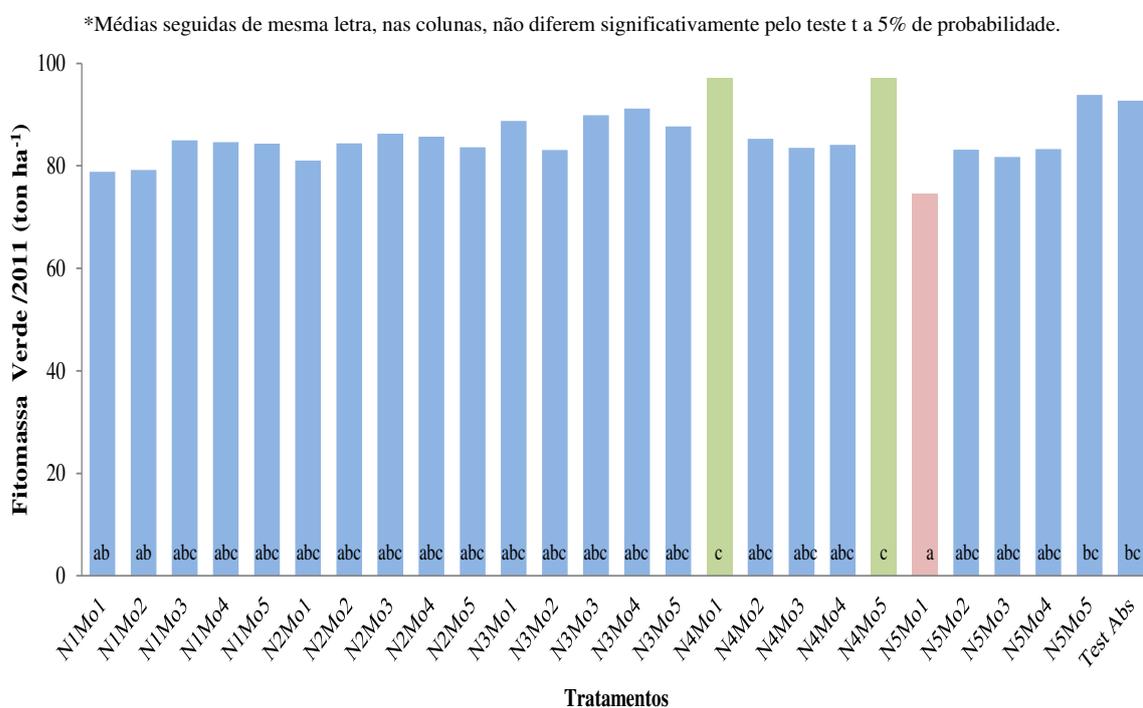


Figura 23: Teste de contrates do tratamento de fitomassa verde na época da colheita da cana-planta.

Com relação aos estudos do N na cana-de-açúcar, KORNDÖRFER et al (2002), afirmam que adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas culturais de maior demanda de pesquisas para esta cultura, pois os estudos sobre nitrogênio apresentam resultados muito variáveis, muitas vezes até contraditórios, sendo que os mecanismos de resposta ao nitrogênio pela cana-de-açúcar não estão ainda suficientemente elucidados, o que pode auxiliar no entendimento, observado na figura 24 onde o comportamento da variável produtividade ao final do 1º ciclo - a qual leva-se em consideração apenas a coleta dos

colmos - é possível verificar que houve um acréscimo contínuo proporcionalmente ao incremento das doses de N e Mo, todavia, o tratamento N<sub>4</sub>Mo<sub>5</sub> (60 kg ha<sup>-1</sup> e 392 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente) apresentou os melhores resultados proporcionando uma produtividade de 91,82 ton ha<sup>-1</sup>, o que corrobora com Korndörfer e Martins (1992), onde relatam que a adubação nitrogenada está normalmente associada ao aumento na produção de colmos, que invariavelmente resultaria em plantas com maior teor de umidade, porém com prejuízos no acúmulo de sacarose. Na contramão dos relatos supracitados, vem o tratamento N<sub>5</sub>Mo<sub>1</sub> (72 kg ha<sup>-1</sup>) que proporcionou um decréscimo na produtividade, mesmo com a adição de N, de 21,67 ton. ha<sup>-1</sup>, o que provavelmente tenha sido fatores alheios a condução do experimento, pois nos demais tratamentos subsequente onde há adição de N e Mo, observa-se que houve um incremento nas produtividade média da cultura da cana-de-açúcar.

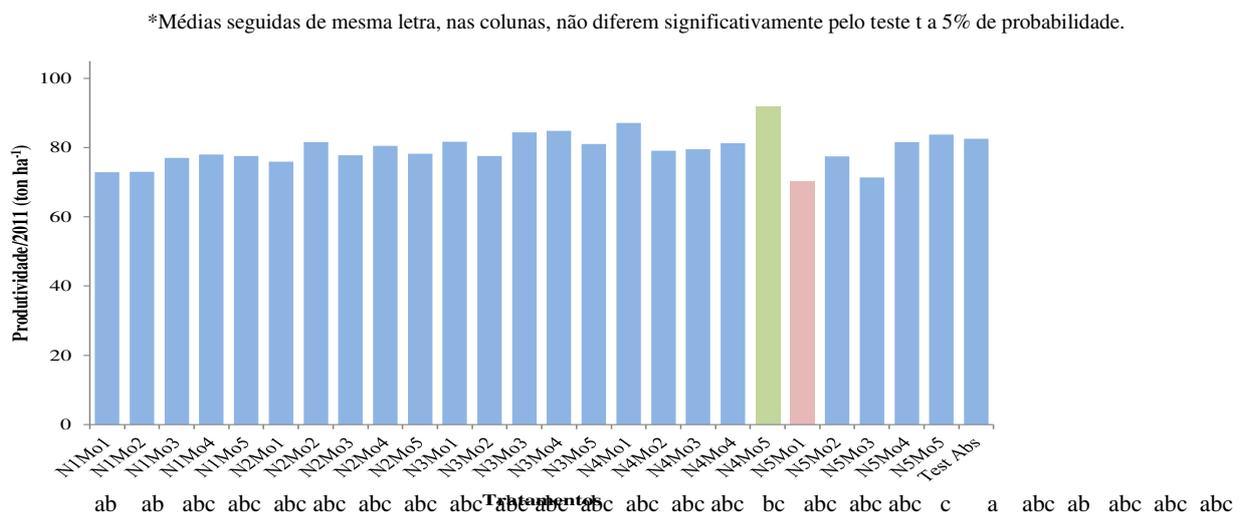


Figura 24: Teste de contrastes do tratamento de produtividade (2011) na época de colheita da cana-planta.

Com relação aos estudos dos parâmetros biométricos do 2º ciclo da cultura da cana-de-açúcar, a tabela 6 apresenta que na análise de variância para as variáveis: número de plantas (NP), diâmetro de colmo (DC), altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), índice SPAD, fitomassa verde (FV), fitomassa seca (FS) e produtividade (PROD)

podem observar que não diferença significativa para o Nitrogênio, com exceção apenas para a variável, área foliar (AF) que teve efeito significativo a 5% pelo teste de Tuckey.

No 2º ano da cultura (1º socaria), a análise de variância (Tabela 6) apresentou efeito significativo pelo Teste de Tukey a 5% apenas para as variáveis: área foliar (AF) e fitomassa seca (FS), para o nitrogênio e molibdênio, respectivamente, quando analisados isoladamente. No caso das variáveis: altura de planta (AP), índice SPAD, fitomassa verde (FV) e produtividade (PROD), houve efeito significativo apenas para interação.

Tabela 6: Resumo da análise de variância para as variáveis observadas no ano de 2012: número de plantas (NP2012), altura de planta (AP2012), diâmetro do colmo (DC2012), área foliar (AF2012), índice de área foliar (IAF2012), índice SPAD (SPAD2012), fitomassa verde (FV2012), fitomassa seca (FS2012) e produtividade (PROD2012).

Fontes de Variação	GL	NP2012	DC2012	AP2012	AF2012	IAF2012	SPAD2012	FV2012	FS2012	PROD2012
		F								
Nitrogênio (N)	4	1,6505 <sup>ns</sup>	1,8124 <sup>ns</sup>	1,3737 <sup>ns</sup>	0,1136*	0,3458 <sup>ns</sup>	1,4940 <sup>ns</sup>	2,1650 <sup>ns</sup>	1,2492 <sup>ns</sup>	2,3852 <sup>ns</sup>
Molibdênio (Mo)	4	1,0050 <sup>ns</sup>	0,5578 <sup>ns</sup>	1,2425 <sup>ns</sup>	0,1896 <sup>ns</sup>	0,4306 <sup>ns</sup>	0,2162 <sup>ns</sup>	0,8978 <sup>ns</sup>	2,7504*	0,4527 <sup>ns</sup>
Interação N x Mo	16	1,6172 <sup>ns</sup>	1,2830 <sup>ns</sup>	1,9198*	1,1529 <sup>ns</sup>	1,1738 <sup>ns</sup>	0,3973*	1,8593*	1,1987 <sup>ns</sup>	2,0032*
Fat. X Test.	1	1,0514 <sup>ns</sup>	0,4614 <sup>ns</sup>	0,4032 <sup>ns</sup>	2,6557 <sup>ns</sup>	0,6495 <sup>ns</sup>	0,1611 <sup>ns</sup>	0,1734 <sup>ns</sup>	0,4340 <sup>ns</sup>	0,2723 <sup>ns</sup>
Tratamento	25	1,5020 <sup>ns</sup>	1,2188 <sup>ns</sup>	1,6634 <sup>ns</sup>	0,8926 <sup>ns</sup>	0,9014 <sup>ns</sup>	0,5343 <sup>ns</sup>	1,6869 <sup>ns</sup>	1,4244 <sup>ns</sup>	1,7470*
CV (%)		6,66	2,82	2,82	11,35	15,56	4,68	9,55	14,11	9,33

\*\*, \* e ns - Significativo a 1% e 5% de probabilidade, e não-significativo pelo Teste de Tukey, respectivamente.

O efeito da adubação nitrogenada sobre a variável área foliar (AF), aos 365 dias após a brotação (DAB) do 2º ciclo (socaria) da cultura da cana-de-açúcar (Figura 25), ficou evidenciado que tratamento que melhor respondeu foi aquele em que se utilizou 48 kg ha<sup>-1</sup> de N e 294 g ha<sup>-1</sup> (N<sub>2</sub>Mo<sub>4</sub>), provavelmente em virtude da potencialização da N pelo uso do Mo, diferentemente do que se observa no tratamento onde foram utilizadas as maiores doses de nitrogênio e molibdênio 72 kg ha<sup>-1</sup> e 392 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Porém, tendo em vista que doses similares tiveram comportamentos diferentes quando houve aumento das doses, presume-se que houve algum efeito externo que tenha provocado a diminuição dos valores.

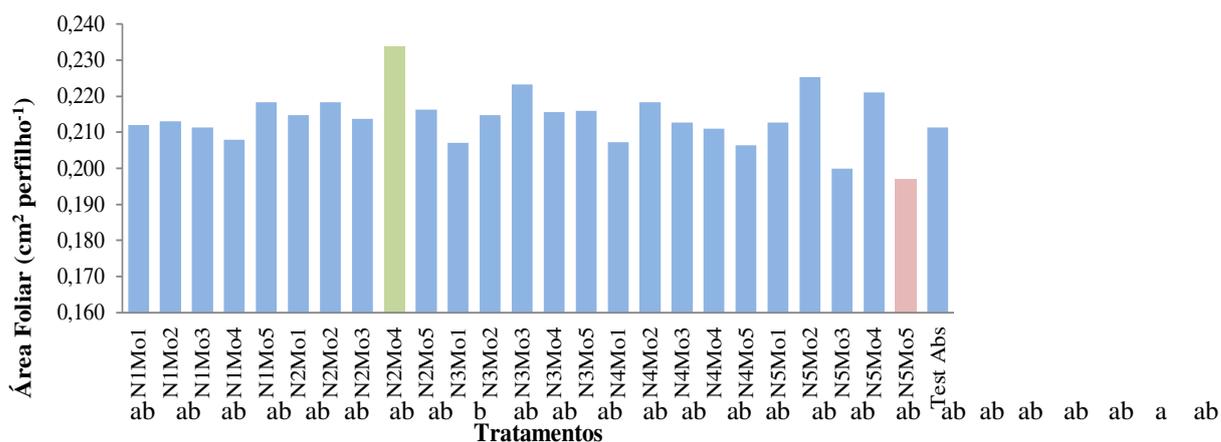


Figura 25. Efeito das doses de N na Área Foliar Mo na Fitomassa Seca, 365 DAP, do 2º ciclo (socaria) da cana-de-açúcar.

Outro fator de relevância no que concerne ao estudo de área foliar, diz respeito ao regime hídrico da cultura, cujos valores das precipitações pluviométricas (Figura 7) pouco favoreceram no desempenho favorável, tendo em vista que os períodos críticos de desenvolvimento, a precipitação pluviométrica acumulada foi de 257,6 mm aos 210 DAB, sendo que para o mês do referido período foi de 11 mm, o que dificultou possivelmente, a expansão celular e, conseqüentemente, diminuição da área foliar.

O comportamento aumento na fitomassa seca da planta (Figura 26) vem confirmando dessa maneira, os resultados obtidos por Aghatise e Tayo (1994) em que a aplicação de molibdênio aumenta a fitomassa e o número de folhas, devido ao melhor desenvolvimento da planta pelo aumento da atividade fotossintética e da FBN. Grassi Filho et al. (1992) estudando o efeito Mo, B e Ca, concluíram que estes elementos atuaram positivamente no incremento da fitomassa verde e seca da raiz e da parte aérea, e positivamente na relação raiz/parte aérea em termos de fitomassa verde e seca.

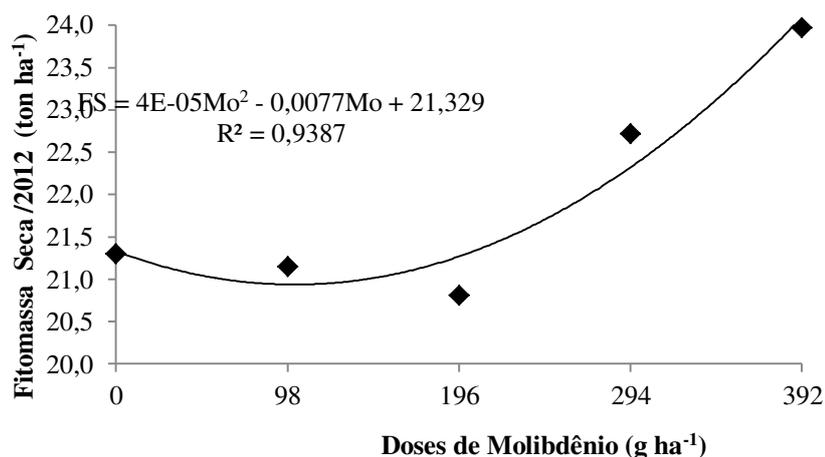
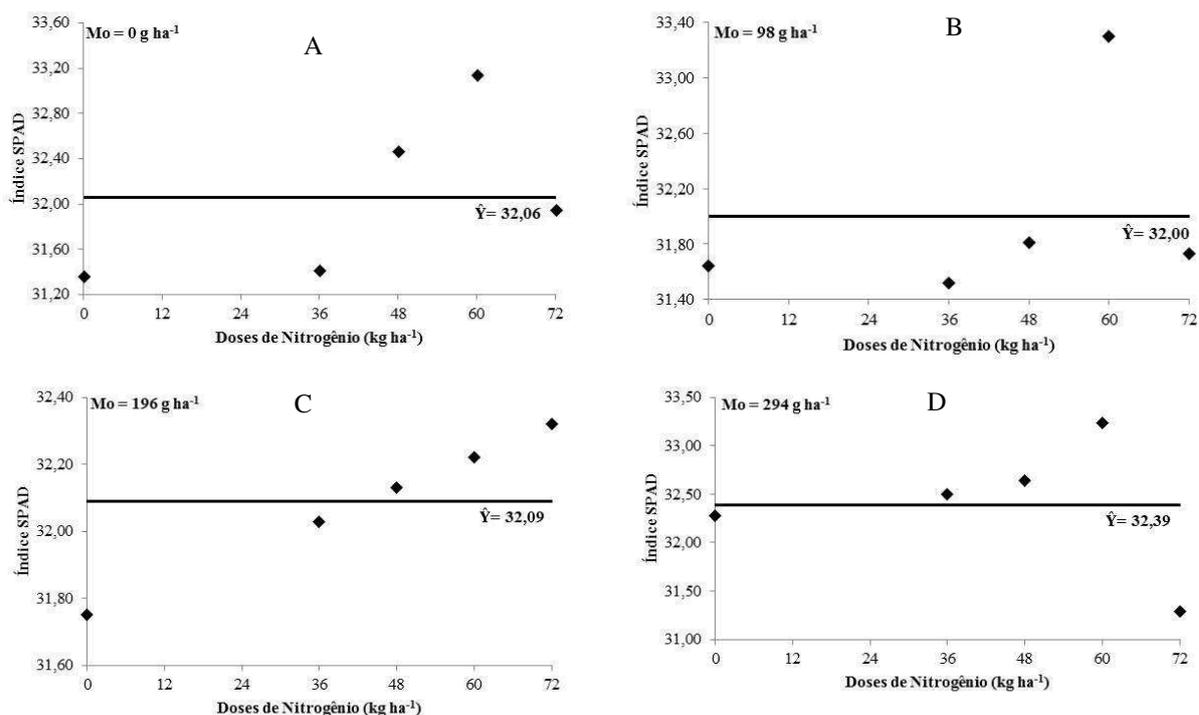


Figura 26. Efeito das doses de Mo na Fitomassa Seca, na época da colheita do 2º ciclo (socaria) na cana-de-açúcar.

Para a variável índice SPAD para o 2º ciclo, houve efeito significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey, para a interação do N em Mo aos 365 DAB da cana-de-açúcar, onde não houve uma curva que se adequasse para linha de tendência, portanto, optou-se por utilizar a média das leituras. Observou-se que houve uma crescente no valor da leitura a partir da adição de doses de N em Mo (Figura 27), deduzindo-se a partir daí, que a concentração de clorofila nas folhas da planta aumentou em virtude deste acréscimo.



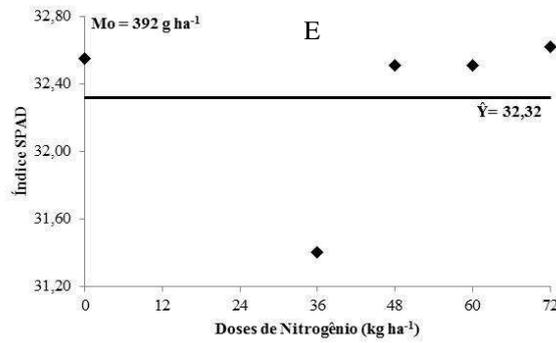
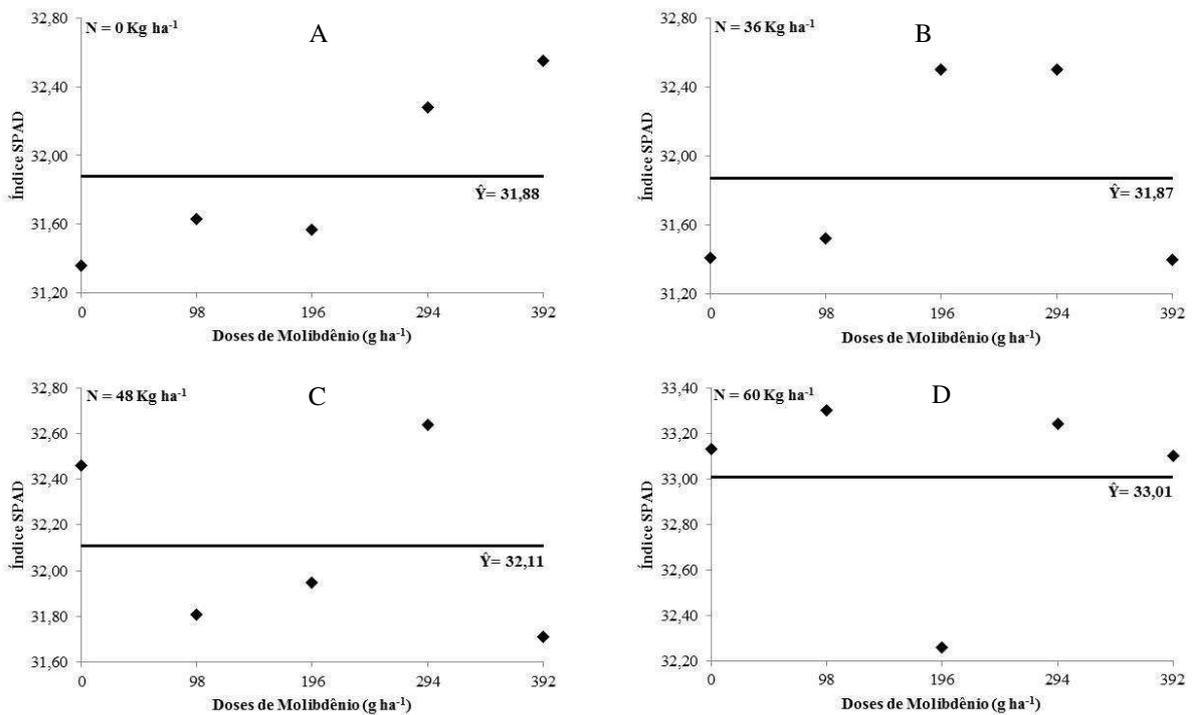


Figura 27. Desdobramento da interação N em Mo para índice SPAD, aos 365 DAB, do 2º ciclo da cana-de-açúcar.

Quando se avaliou a interação de Mo em N (Figura 28) O aumento dos teores de nitrogênio pode ser explicado pelo fato de o molibdênio estar diretamente relacionado com o metabolismo deste elemento, através das enzimas nitrogenase e nitrato redutase. Com o suprimento adequado de molibdênio, houve melhoria da atividade destas enzimas, possibilitando, assim, o maior aproveitamento do nitrogênio, contribuindo, deste modo, para o aumento da produtividade da cultura.



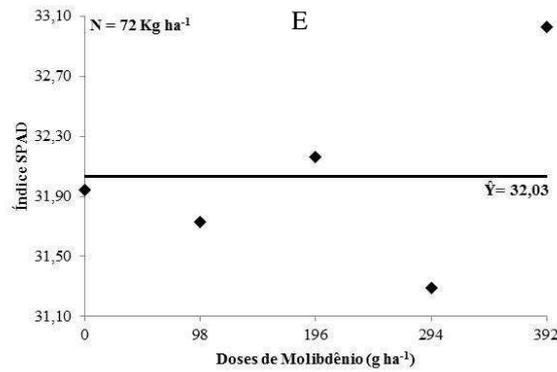
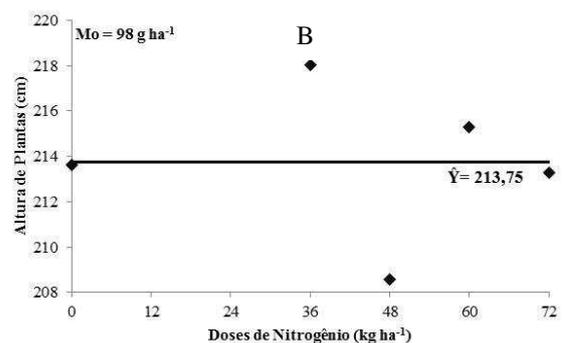
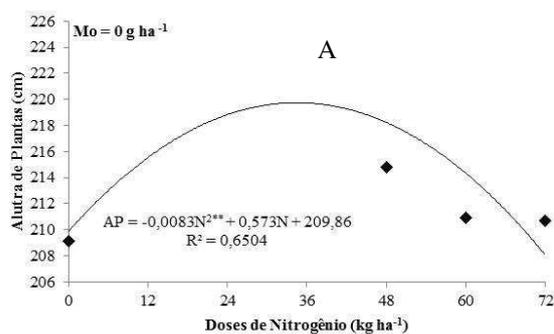


Figura 28. Desdobramento da interação Mo em N para índice spad, aos 365 DAB no 2º ciclo da cana-de-açúcar

Orlando Filho et al. (1999) avaliando o efeito da aplicação de adubos nitrogenados em cana-de-açúcar constataram que a aplicação de nitrogênio reflete em maior vigor das soqueiras, e conseqüentemente aumento das variáveis indicadoras de crescimento desta cultura.

Para a interação das doses de N em Mo para a variável altura de plantas (Figura 29) houve um acréscimo quando da utilização de doses até 36 kg ha<sup>-1</sup> nas doses de Mo. Todavia, com o aumento destas doses, houve uma tendência de queda da variável, exceção para a dose de 392 g ha<sup>-1</sup> de Mo que teve a altura das plantas aumentas para as doses de 60 e 72 kg ha<sup>-1</sup> de N.



C

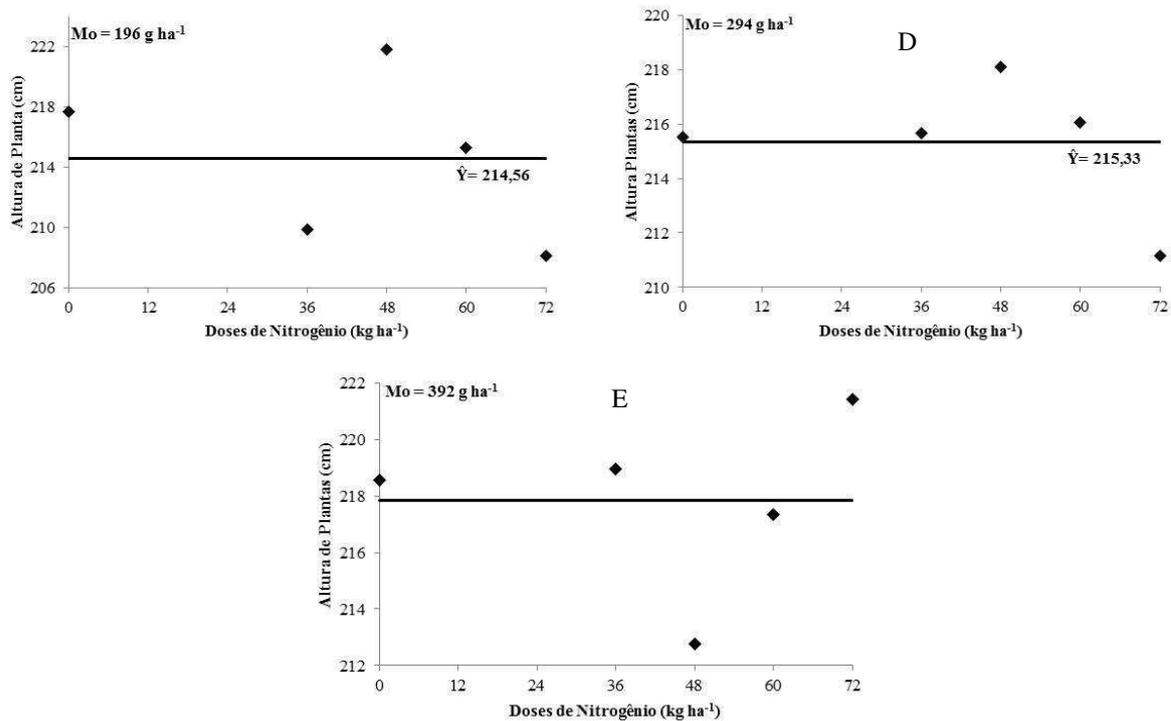


Figura 29. Desdobramento da interação Mo em N para altura de plantas, aos 365 DAB no segundo ciclo da cana-de-açúcar.

Na relação de interação de Mo em N (Figura 30), observou-se que para altura de planta o molibdênio potencializou a absorção de N, sendo assim é possível que este resultado seja um indicativo da atuação do Mo na fixação biológica de N, por sua ação de cofator na atividade da enzima nitrogenase.

Porém, a variável pode ter sido prejudicada em virtude da baixa precipitação pluviométrica, onde a disponibilidade de água foi suprida quase que em sua totalidade pela irrigação de salvação, portanto dificultando a otimização do uso dos nutrientes pelas plantas.

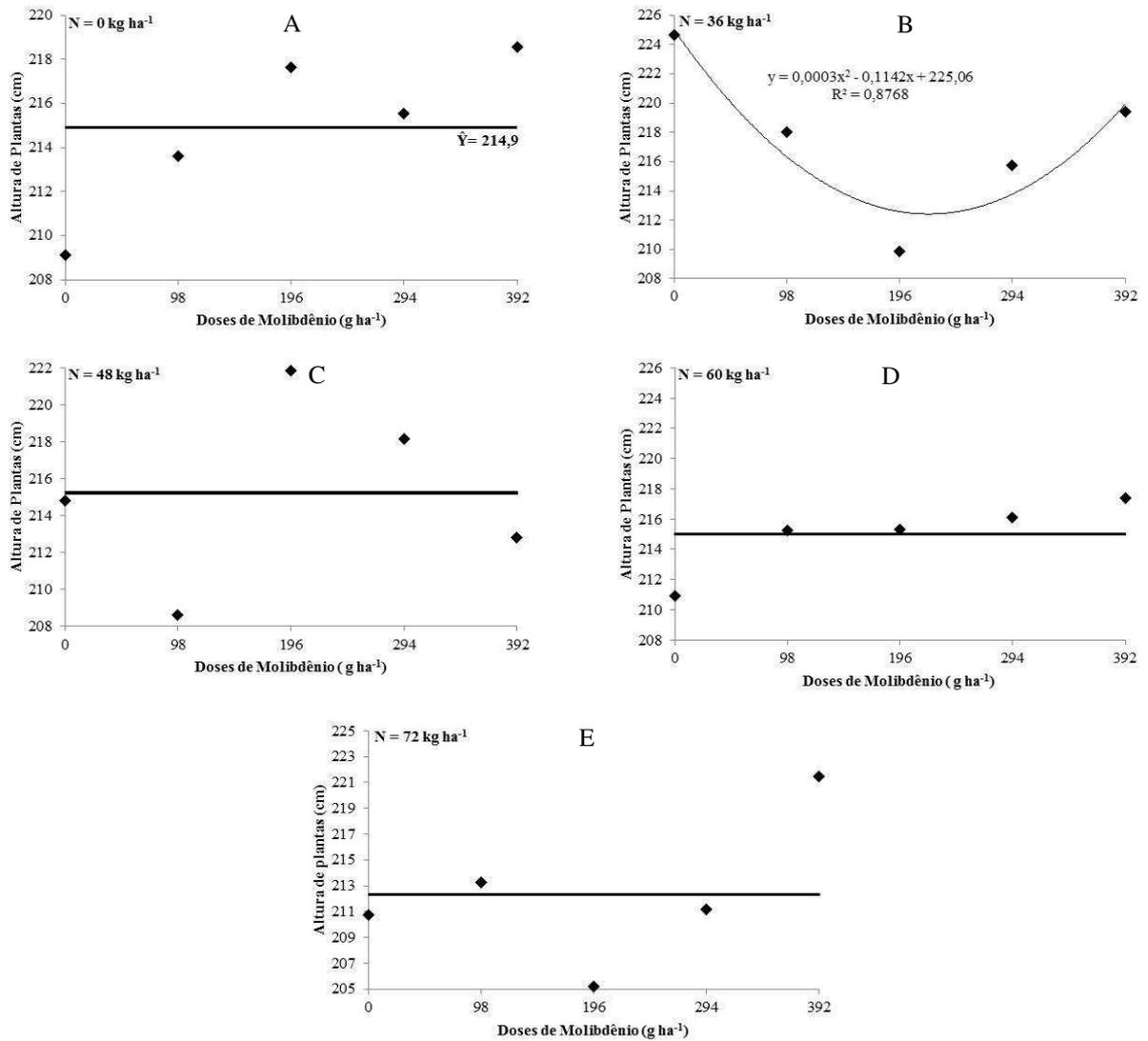


Figura 30. Desdobramento da interação Mo em N para Altura de plantas, aos 365 DAB no segundo ciclo da cana-de-açúcar.

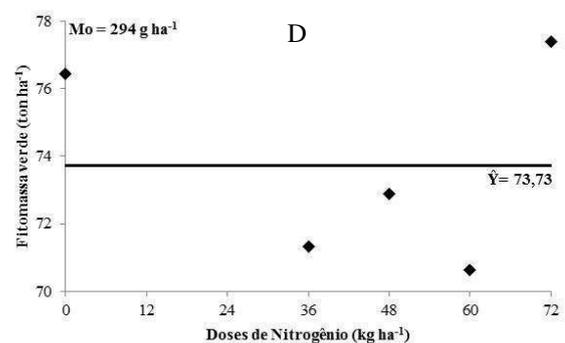
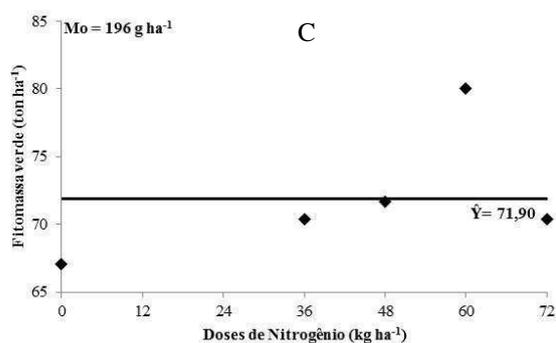
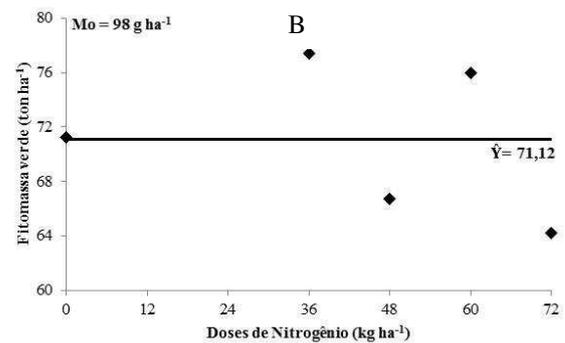
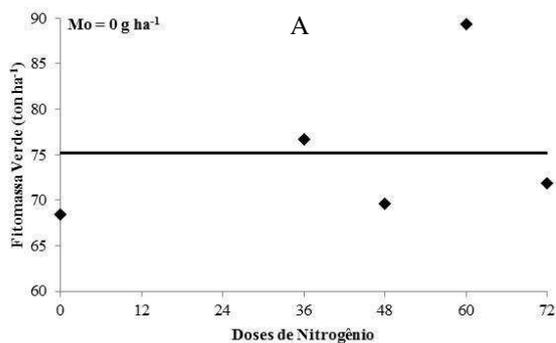
## FITOMASSA VERDE

No desdobramento da análise da variância, onde houve efeitos significativos a 5% de probabilidade pelo Teste de Tuckey, fez-se a interação de N x Mo para Fitomassa Seca (FS) na época da colheita do 2º do ciclo (socaria) da cultura da cana-de-açúcar (Figura 31).

Para o estudo da fitomassa verde faz-se a análise quantitativa de toda matéria fresca, diferindo da produção a qual leva em consideração apenas a quantificação do colmos.

Com relação às doses de N em Mo, tivemos que nas três maiores doses de molibdênio (Figuras 31A, 31B E 31C) o melhor desempenho foi quando se utilizou a quantidade de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, onde tivemos o maior acúmulo de material fresco, o que suponha-se que houve um assimilação maior por parte do Mo.

Para as maiores dosagens de Mo (Figura 31D e 31E), a melhor resposta ocorreu também para as maiores doses de N, de tal forma que estas foram as doses ótimas para o maior acúmulo de matéria verde da cana-de-açúcar na época da colheita.



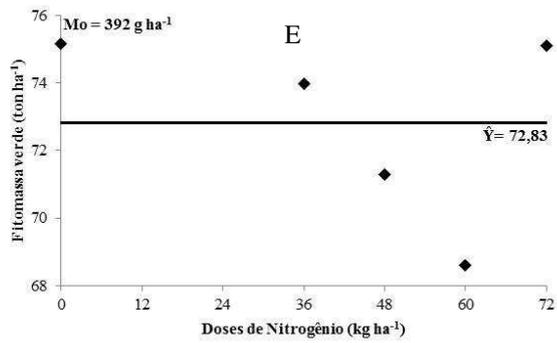
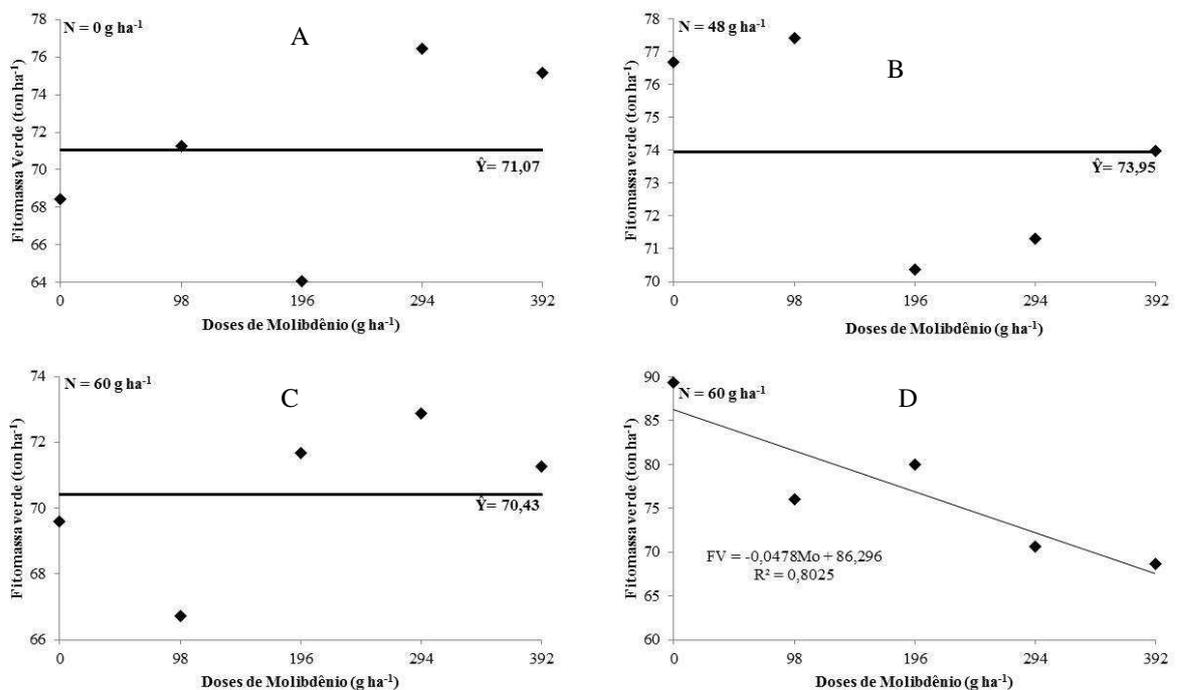


Figura 31. Desdobramento da interação N em Mo para fitomassa verde na época de colheita no segundo ciclo da cana-de-açúcar

Uma possível explicação para comportamento do efeito adubação nitrogenada de 60 g ha<sup>-1</sup> (Figura 32D) com o aumento das doses de Mo na fitomassa verde, é o fato de que, segundo Costa (2001), o N aumenta o comprimento dos colmos da cana-de-açúcar, o que provoca redução na espessura da parede celular, podendo levar à redução na porcentagem de fibras na planta.



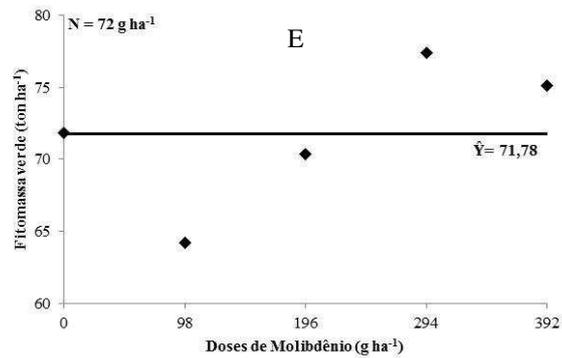
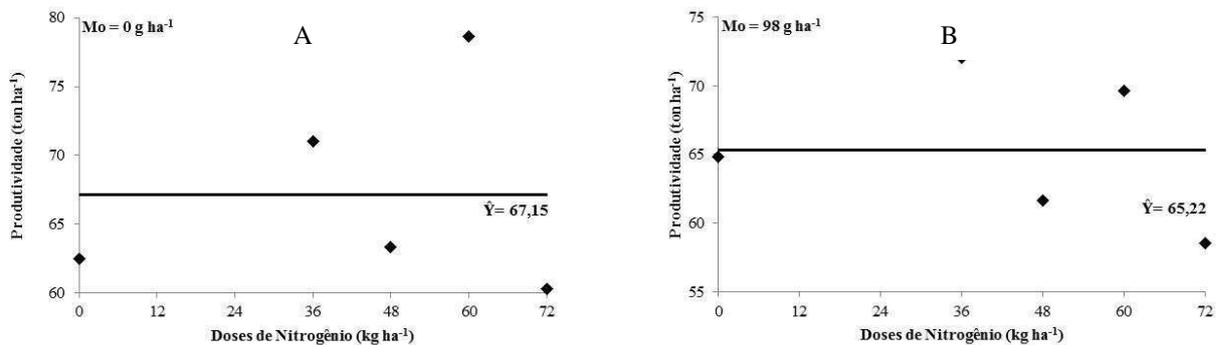


Figura 32. Desdobramento da interação Mo em N para fitomassa verde na época de colheita no segundo ciclo da cana-de-açúcar.

Para a variável produtividade da cana-de-açúcar na colheita do 2º ciclo produtivo, não houve resposta significativa para os elementos N e Mo de forma isolada (Tabela 6), todavia, com relação a interação destes elementos foi significativo a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

É sabido que a adubação nitrogenada vem sendo cada vez mais utilizada, pois, o nitrogênio é um elemento essencial para o crescimento das plantas, sendo exigido em grandes quantidades para possibilitar o crescimento normal dos vegetais.

No que concerne a adição do N em Mo (Figura 33), houve um resposta coerente entre todos crescente da produtividade quando acrescido a adubação nitrogênio em Mo, o que pode-se observar é que houve pelo menos uma dose ótima acima da média.



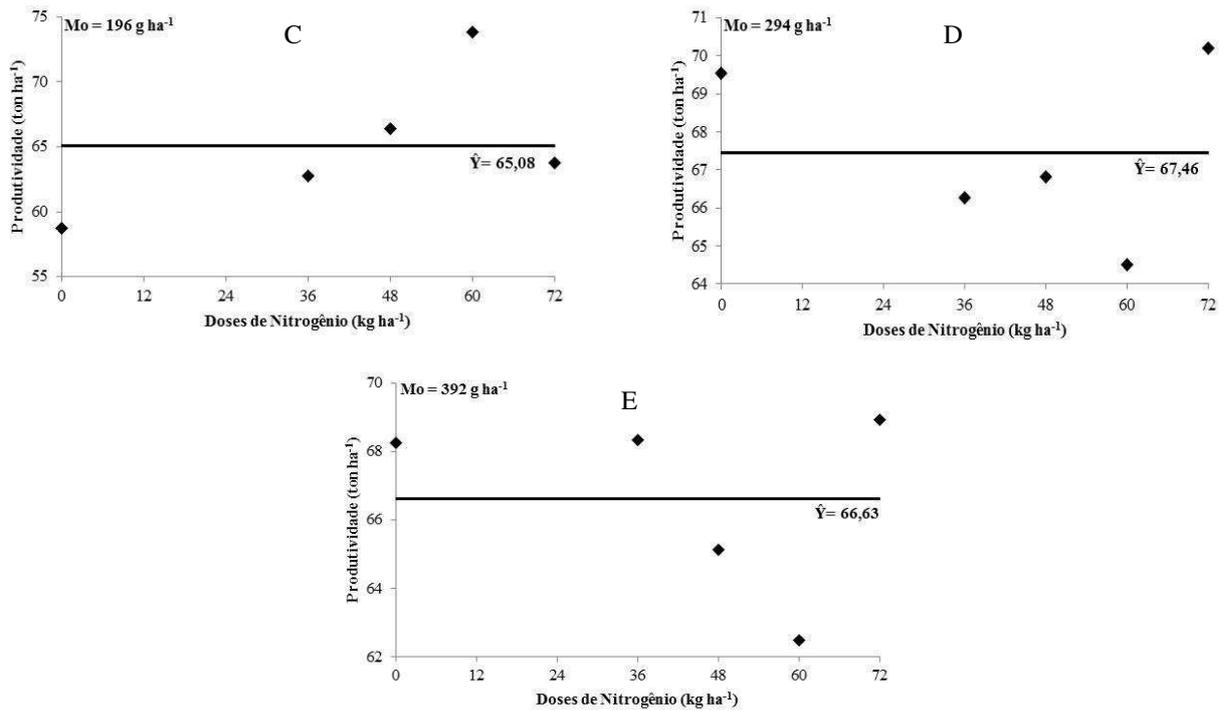
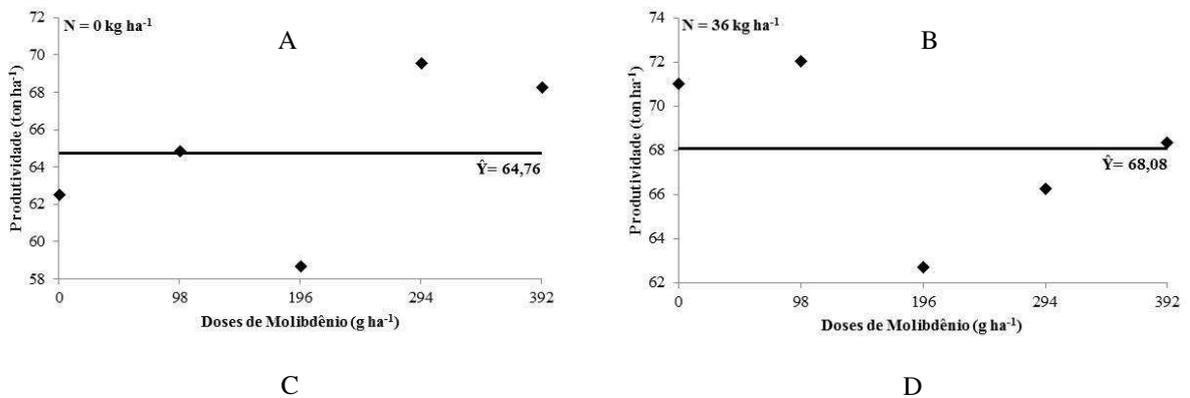


Figura 33. Desdobramento da interação N em Mo para produtividade no segundo ciclo da cana-de-açúcar

Diante deste estudo e o qual dando ênfase a um micronutriente aniônico de grande importância, o Molibdênio tem uma função muito importante na produção da cana-de-açúcar, pois tem a participação importante em duas enzimas: a Nitrogenase e a Nitrato redutase, ambas ajudam a fixação e metabolismo do Nitrogênio na Cana-de-açúcar.



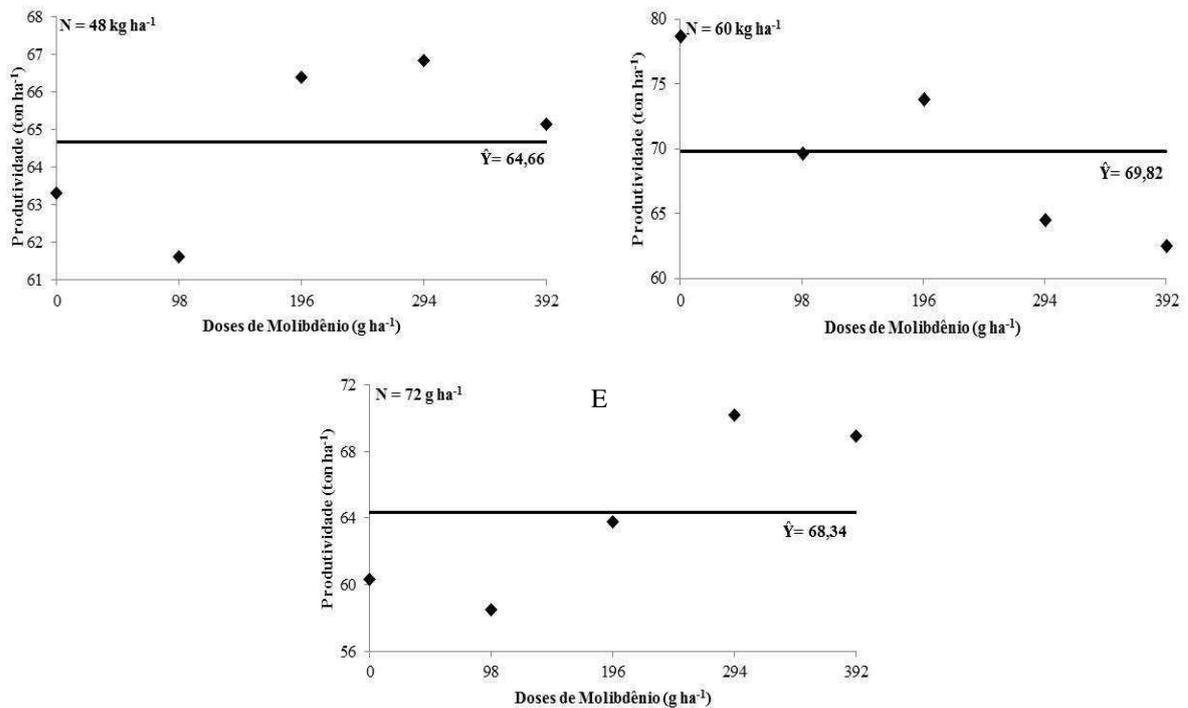


Figura 34. Desdobramento da interação Mo em N para produtividade no segundo ciclo da cana-de-açúcar

Os efeitos do nitrogênio na cultura de cana-de-açúcar tendem a acentuar-se com o tempo de uso de solo (ESPIRONELO, 1989a; ZAMBELLO JUNIOR; AZEREDO, 1983). A adubação nitrogenada vem sendo cada vez mais utilizada, pois, o nitrogênio é um elemento essencial para o crescimento das plantas, sendo exigido em grandes quantidades para possibilitar o crescimento normal dos vegetais. Foi concluído que o N fornecido à cultura, sofre numerosas transformações envolvendo vários caminhos e estados (LOVENSTAIN; LEFFELAAR, 1993), e que todos os processos sofrem influência do clima. O nitrogênio que não é recuperado pela cultura, acaba se perdendo no sistema solo – planta por erosão, lixiviação, desnitrificação ou volatilização. O acúmulo desse macronutriente pela cana-de-açúcar varia de acordo com os seguintes fatores: idade da cultura; disponibilidade do N na solução de solo e fatores edafoclimáticos (GASHO et al., 1986; LIMA et al., 1987; WOOD, 1991; ZAMBELO JUNIOR; AZEREDO, 1983).

Zambello Júnior e Azeredo (1983), relatam que a reação da cana-soca ao potássio, normalmente é da mesma ordem de grandeza da observada para a cana-planta. Assim, o adequado aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados depende, também, de um eficiente suprimento de potássio às plantas (Lopes e Guilherme, 1992).

A resposta ao efeito do nitrogênio na cana-planta se refletiu no maior vigor das soqueiras, aumentando a produção nos cortes subsequentes, entre a cana-de-açúcar com adubação e sem adubação nitrogenada (ORLANDO FILHO et al.,1999). 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.

## BIBLIOGRAFIA

AGHATISE, V. O. E TAYO, T. O. Response of soybean (*Glycine max*, L.) to molybdenum application in de Nigeria. CROP PRODUCTION. Indian Journal of Agricultural Sciences, v.64, n.9, p.597-603. September 1994.

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. 1992. Nutrição da cana-de-açúcar. Piracicaba. POTAFÓS. 40 p.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (Noções básicas). Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1988, 41p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.; MANTOVANI, E. Manual de irrigação. 8ª ed. Editora da UFV. Viçosa – MG. 2006. 611p.

BITTENCOURT, V. C. et al. Torta de filtro enriquecida. Idea News, Ribeirão Preto, v. 6, n. 63, p. 2-6, 2006.

BLACKBURN, F. Sugar-cane. Longman, New York, 1984, 414p.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.25, p.1791-1800, 1994.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 197 (Boletins DPFS - EPE - MA, 15 - Pedologia, 8).

BRAY, S. C. A cultura da cana-de-açúcar no vale do Paranapanema: um estudo de geografia agrária. 1980 304p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. 1980.

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-146.

CARDOZO, L. E. C. Manejo de cana-de-açúcar em áreas com irrigação complementar. In: XXII Simpósio da Agroindústria da Cana-de-Açúcar no Estado de Alagoas. Maceió-AL. Anais da STAB – Regional Leste (CD-ROM). 2005.

CARNAÚBA, B. A. A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.8, n.3/4. p.24-41. jan/abr. 1990.

CASAGRANDE, A. A. Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CESNICK, R. Melhoramento da cana-de-açúcar. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 307p.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. Fertilidade do solo. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p.

COSTA, M. C. G. Eficiência de fontes nitrogenadas na cultura da cana-de-açúcar em sistema de colheita sem despalha a fogo. Piracicaba, 2001. 79p.:il. Dissertação (Mestrado).

DIAS, F. L. F.; ROSSETO, R. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 107-119.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. 193 p. (FAO-Irrigation and Drainage Paper n.33).

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, v.6, p.36-41, 2008

FERREIRA, E. S.; ZOTARELLI, E. M. M.; SALVIATI, L. Efeitos da utilização da torta de filtro na produtividade da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4. 1986, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Copersucar, 1986. p. 321-331.

FURLANI JUNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L. J.; MOREIRA, J. A. A.; GRASSI FILHO, H. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. Bragantia, v.55, n.1, p. 171-175, 1996.

GILBERT, R. A. et al. The effect genotype, environmental and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. *Field Crops Research*, v. 95, n. 02/03, p.156-170, 2006.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA - Secretaria da Educação – UFPB. Atlas Geográfico da Paraíba. João Pessoa. Grafset, 1985.

GRASSI FILHO, H.; LIMA, L. A. de; SOARES, E.; CASSELLI JUNIOR, A.; PIERRI, J. C. de. Efeito do Ca, B, Mo e Zn na produção de matéria seca de soja (*Glycine max*, L.) *Rev. de Agricultura*, Piracicaba, vol. 67, fasc. 1, 1992.

HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar. In: S.B. Paranhos. *Cana-de-açúcar, Cultivo e Utilização*. Campinas: Fundação Cargill. v.1, p.88-162, 1987.

HUMBERT, R. P. *The growing of sugar cane*. Amsterdam, Elsevier, 1968.779p.

IAA/PLANALSUCAR, Superintendência Geral, Piracicaba, SP. *Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil*. Piracicaba, 1983. 369p. (Coleção PLANALSUCAR, v.2).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário 2006. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_estatisticas.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm)>. Acesso em: 16 de maio de 2013.

INMAN-BAMBER, N.G. 2004. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. *Field Crops Research*, 89: 107-122.

KORNDÖRFER, G. H.; COLOMBO, C. A.; CHIMELLO, M. A.; LEONI, P. L. C. Desempenho de variedades de cana-de-açúcar cultivadas com e sem nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL., 8., 2002, Recife. *Anais...* Piracicaba: STAB, 2002. p. 234-238.

KORNDÖRFER, G. H.; MARTINS, M. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. *STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v. 10, n. 3, p. 26-31, 1992.

LARCHER, W. *Physiological plant ecology: Ecophysiology and stress physiology of functional groups*. 3 ed. Springer-Verlag, 1995, 495p.

LEME, E.J.A., M.A. Maniero & J.C. Guidolin. 1984. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade. *Cadernos Planalsucar*, 2: 3-22.

LIMA JR, M. A. Calagem e adubação de cana-de-açúcar. Carpina: UFRPE, 2000. 13p.

MACHADO, E. C. Fisiologia da produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (coord.) *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas, Fundação Cargill, 1987, v.1, 431p.

MALAVOLTA, E. HAAG, N. P. Nutrição e adubação. In MALAVOLTA, E. *Cultura e adubação da cana-de-açúcar*. São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa, p.237-278,1964.

MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional de plantas*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MEINZER, F.C.; J. ZHU. 1998. Nitrogen stress reduces the efficiency of the C4CO2 concentrating system, and therefore quantum yield, in *Saccharum* (sugarcane) species. *Journal of Experimental Botany*, 49: 1227-1234.

NETTO, P. G. D. ; PRADO, Renato de Mello ; PRADO, Renato de Mello ; CORREIA, Marcus André Ribeiro . Efeito da adubação nitrogenada no crescimento da terceira soqueira de cana-de-açúcar. In: Congresso de iniciação científica da UNESP, 22., 2010, Jaboticabal. Resumo. Jaboticabal: Unesp, 2010. v. 1.

NUNES JÚNIOR, D. Torta de filtro: de resíduo a produto nobre. *Idea News*, Ribeirão Preto, v. 8, n. 92, p. 22-30, 2008.

ORLANDO F. J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S. & OLIVEIRA, E.A.M. (eds.). *Produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba: FEALQ/ USP, 1993.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. Seja o doutor do seu canavial. POTAFOS, *Arquivo do agrônomo*, n.06., 1994.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. Doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio em cana-planta em solo arenoso sob primeiro cultivo. *STAB*, v.15, n.1, p.34-35, 1996.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. A.; BELTRAME, J. A.; LAVORENTI, N. A. Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar. STAB, v.17, p.39-41, 1999.

PAULA, M. B.; HOLANDA, F. S. R.; MESQUITA, H. A.; CARVALHO, V. D. Uso da vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.7, p.1217-1222, 1999.

PENATTI, C. P.; FORTI, J. A. Adubação nitrogenada em soqueiras de cana de açúcar. Resultados preliminares. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 6. 1994, Piracicaba, SP. Sexto... Piracicaba: COPERSUCAR, 1994. p.99-104.

Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA). Catálogo nacional de variedades "RB" de cana-de-açúcar. Curitiba: Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro, 2010. 136p.

REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23. Caxambu, 1998. Resumos... Caxambu: SBCS, 1998. p.87.

ROSENFELD, U. Irrigação e Fertirrigação nas Regiões de SP e CO. In: I Simpósio de Tecnologia de Produção de Cana-de-açúcar, Piracicaba, GAPE/ESALQ/USP, 2003, CD-room.

ROSSETTO, R.; KORNDORFER, G.H.; DIAS, F. L. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar. In: Marques, M. O.; Mutton, M. A.; Nogueira, T. A. R.; Tasso Jr., L. C.; Nogueira, G. A.; Bernardi, J. H. Tecnologias na Agroindústria Canavieira. FCAV, Jaboticabal, SP. p. 125-139. 2008.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões. Encarte de Informações Agronômicas, n.110, junho de 2005.

SILVA, F. A. S. Assistat 7.7. UFCG, Camina Grande, 2013.

SINCLAIR, T. R. et al. Volume of individual internodes of sugarcane stalks. Field Crops Research, v. 91, n. 02/03, p. 207-215, 2005.

SINGH, P. N.; SHUKLA, S. K.; BHATNAGAR, V. K. Optimizing soil moisture regime to increase water use efficiency of sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid complex) in subtropical India. *Agricultural Water Management* , v. 90, n. 01/02, p. 95-100, 2007.

SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. *Field Crops Research* , v. 98, n. 02/03, p. 91-97, 2006.

SOUZA, J. L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R. F. F. TEODORO, I.; SANTOS, E. A.; SILVA, J. L.; SILVA, P. R. T.; CARDIM, A. H.; AMORIN, E. C. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.12, n.1, p.131-141, 2004.

TEODORO, I.; SOUZA, J. L. de; SILVA, C. B.; FRANCISCO, C. H. de L.; ABREU, M. L. de; COSTA, S. I. de; ARAÚJO, L. S.; RAMOS, R. P. Balanço hídrico real de um cultivo de cana-de-açúcar em regime de sequeiro na região de Rio Largo-AL. In: XVII CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. 2007. Mossoró – RN. Trabalho CONIRD – 2007, CD-ROM.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA) (São Paulo). Mapa da Produção. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/mapa-da-producao/>>. Acesso em: 15 de maio 2013.

ÚNICA (União da Agroindústria Canavieira de São Paulo) disponível em <http://www.portalunica.com.br/index.php> , acessado em 15 de outubro de 2012.

VAN DILLEWIJN, C. Botânica de la caña de azúcar. Instituto del Libro, 1950, 460p.

VIEIRA, D.B. Fertirrigação sistemática da cana-de-açúcar com vinhaça. *Álcool e Açúcar*, v.6, n.28, p.26-30, 1986.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. *Informações Agronômicas*, n. 97, 2002. 16 p. (POTAFOS. Encarte Técnico).

WASKOM, R. M.; WESTFALL, D. G.; SPELLMAN, D. E.; SOLTANPOUR, P. N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 27, n. 3, p. 545-560, 1996.

ZAMBELLO JUNIOR.; ORLANDO FILHO, J. A adubação da cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. *Boletim Técnico Planalsucar*, Piracicaba, v.3, n.3, mar. 1981.

ZAMBELLO JUNIOR, E; AZEREDO, D.F. Adubação na região Centro Sul. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord). *Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil*. Piracicaba, IAA/PLANALSUCAR, 1983. p.289-313.

LOVENSTAIN, H.; LEFFELLAR, P. (Ed.). *Principals of production ecology*. Wageningen: University of Wageningen, 1993. 115 p. (Course Book F300-001).

GASCHO, G.J.; ANDERSON, D.L.; OZAKI, H.Y. Cultivar dependent sugarcane responso to nitrogen. *Agronomy Journal* , v. 78, n. 6, p. 1064-1069, 1986.

LIMA, E.; BODDEY, R.M.; DOBEREINER, J. Quantification of biological nitrogen fixation associated with sugarcane using a <sup>15</sup>N- aided nitrogen balance. *Soil Biology. Biochemistry* ., v. 19, p. 165-170, 1987.

WOOD, A.W. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in North Queensland. *Soil and Tillage Research* , v. 20 p. 69-85, 1991.