LESTER CARVALHO MENDES

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da UFV

T
M538e
2006

Mendes, Lester Carvalho, 1976-
Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar / Lester Carvalho Mendes. – Viçosa : UFV, 2006.
xiv, 46f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.
Orientador: Márcio Henrique Pereira Barbosa.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 30-39.

1. Cana-de-açúcar - Nutrição. 2. Fertilidade do solo. 3. Biomassa vegetal. 4. Análise foliar. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 633.618911

LESTER CARVALHO MENDES

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 11 de setembro de 2006.

Prof. Júlio César Lima Neves

Prof. Paulo Roberto Gomes Pereira

Prof. Antônio Alberto da Silva

Prof. Sebastião Martins Filho

Prof. Márcio Henrique Pereira Barbosa
(Orientador)

A Deus, aos meus pais Damon Fernandes Mendes e Neusa Maria Carvalho Mendes, aos meus irmãos Jesse e Mark, aos meus avós, aos meus tios e tias, ao meu grande amigo e conselheiro Mauro Wagner de Oliveira; aos meus amigos de Viçosa, especialmente ao Danilo, Wesley, Guilherme Andrade, Alexandre Oberhauser, Hugo Zoffoli, Marco Antônio, Wendel, Marcos Soares e Marcus Vinícius; e a todos meus amigos que, direta ou indiretamente, me inspiraram para esta conquista. Dedico em especial à Olívia.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Fitotecnia e do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar este treinamento.

Ao Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Márcio Henrique Pereira Barbosa, pelo apoio e pela paciência.

Ao meu conselheiro, Mauro Wagner de Oliveira, por ter acreditado e confiado em mim, por seu apoio nas horas das dificuldades, pelo seu incentivo, pelos conhecimentos transmitidos e por me fazer enxergar coisas que antes eu não via.

Aos meus pais, Damon Fernandes Mendes e Neusa Maria Carvalho Mendes, por serem verdadeiros guerreiros e sempre terem apoiado os filhos nos estudos e a seguirem o caminho do bem.

Às minhas avós, por terem me acolhido por vários anos, sempre "lapidando" o meu caráter com seus bons conselhos e experiência de vida.

Aos meus irmãos, Jesse e Mark, que sempre me ajudaram.

Ao meu tio e padrinho, Sebastião, que me fez enxergar minhas possibilidades.

À minha tia Maria Hermelinda (Ló), que cuidou para que eu desse os primeiros passos.

Ao meu tio Fábio, pela acolhida e pelo incentivo.

Aos funcionários de campo, Geraldo e companhia.

Aos companheiros de alojamento, Alexandre, Marcão e Hugo, pela amizade.

A todos os companheiros do PMGC (Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar).

Aos obstáculos enfrentados, que foram como degraus na minha vida e muito me fizeram amadurecer.

A todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para o bom andamento deste trabalho.

Agradeço especialmente à Olívia, por ter despertado em mim ambições que nunca imaginei serem possíveis de realizar.

BIOGRAFIA

LESTER CARVALHO MENDES, filho de Damon Fernandes Mendes e Neusa Maria Carvalho Mendes, nasceu em 28 de novembro de 1976, na cidade de São Gonçalo de Sapucaí-MG.

Em 2000, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em julho de 2004.

Em agosto de 2004, iniciou o Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado em Fitotecnia, concentrando as suas atividades na área de "Nutrição Mineral e Adubação de Plantas", na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em setembro de 2006.

CONTEÚDO

	Página
LISTAS DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. A fertilidade dos solos e o fornecimento de nutrientes para a cana-de-açúcar	4
2.2. Avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar	6
2.3. Acúmulo de nutrientes pela cana-de-açúcar	7
2.4. Produção de biomassa e qualidade do caldo na cana	8
2.5. Eficiência nutricional	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1. Resultados da cana-planta	15
4.1.1. Teores foliares de N, P, K, Ca e Mg na cana-planta	15
4.1.2. Acúmulo de nutrientes na matéria seca da cana-planta	17
4.1.3. Produção de biomassa e qualidade do caldo na cana-planta	19
4.1.4. CUB da cana-planta para produção de TPH	21
4.2. Resultados da primeira rebrota	23

Página

4.2.1. Teores foliares de N, P, K, Ca e Mg na primeira rebrota 23
4.2.2. Acúmulo de nutrientes na matéria seca da primeira rebrota 24
4.2.3. Produção de biomassa e qualidade do caldo na primeira rebrota 26
4.2.4. CUB da primeira rebrota para produção de TPH 27

5. CONCLUSÕES 29

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 30

APÊNDICE 40

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Características físico-química do Argissolo Vermelho-Amarelo, analisado por ocasião da implantação do experimento	12
2	Valores em g kg^{-1}, de N, P, K, Ca e Mg na folha +3, em oito cultivares no ciclo de cana-planta	16
3	Valores do acúmulo de nitrogênio (AC. N), de fósforo (AC. P), de potássio (AC. K), de cálcio (AC. Ca) e de magnésio (AC. Mg) no ciclo de cana-planta, em kg ha^{-1} na matéria seca	18
4	Valores no ciclo de cana-planta, da produção de matéria fresca (MF), matéria seca (MS), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de sacarose aparente por hectare (TPH), porcentagem de sólidos solúveis (BRIX), porcentagem de sacarose (PCC), pureza (PR) e fibra (FB)	19
5	Valores do CUB do nitrogênio (CUBNTPH), do fósforo (CUBPTPH), do potássio (CUBKTPH), do cálcio (CUBCaTPH) e do magnésio (CUBMgTPH) para produção de TPH pela cana-planta	21
6	Valores em g kg^{-1}, de N, P, K, Ca e Mg na folha +3, em oito variedades no ciclo de primeira rebrota	23
7	Valores do acúmulo de nitrogênio (AC. N), de fósforo (AC. P), de potássio (AC. K), de cálcio (AC. Ca) e de magnésio (AC. Mg), no ciclo de primeira rebrota, em kg ha^{-1} na matéria seca	24

Página

8 Valores da produção de matéria fresca (MF), matéria seca (MS), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de sacarose aparente por hectare (TPH), porcentagem de sólidos solúveis (BRIX), porcentagem de sacarose (PCC), pureza (PR) e fibra (FB) no ciclo de primeira rebrota..... 26

9 Valores do CUB do nitrogênio (CUBNTPH), do fósforo (CUBPTPH), do potássio (CUBTPH), do cálcio (CUBCaTPH) e do magnésio (CUBMgTPH) para produção de TPH pela primeira rebrota..... 27

1A Resumo da análise de variância dos teores de N, P, K, Ca e Mg na folha +3 na cana-planta..... 41

2A Resumo da análise de variância do acúmulo de nitrogênio (AC. N), fósforo (AC. P), potássio (AC. K), cálcio (AC. Ca) e magnésio (AC. Mg) na matéria seca, no ciclo de cana-planta..... 41

3A Resumo da análise de variância da produção de matéria fresca da parte aérea (MF), matéria seca da parte aérea (MS), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de sacarose aparente por hectare (TP H), no ciclo de cana-planta..... 42

4A Resumo da análise de variância dos sólidos solúveis (^{o}Brix), sacarose aparente (PCC), pureza (PR) e fibra (FB), no ciclo de cana-planta..... 42

5A Resumo da análise de variância para eficiência de utilização de nitrogênio (CUBNTPH), fósforo (CUBPTPH), potássio (CUBKTPH), cálcio (CUBCaTPH) e magnésio (CUBMgTPH), para produção de sacarose aparente pela cana-planta..... 43

6A Resumo da análise de variância dos teores de N, P, K, Ca e Mg na folha +3 na primeira rebrota..... 44

7A Resumo da análise de variância do acúmulo de nitrogênio (AC. N), fósforo (AC. P), potássio (AC. K), cálcio (AC. Ca) e magnésio (AC. Mg) na matéria seca, no ciclo de primeira rebrota..... 44

8A Resumo da análise de variância da produção de matéria fresca da parte aérea (MF), matéria seca da parte aérea (MS), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de sacarose aparente por hectare (TP H), no ciclo de primeira rebrota..... 45

9A Resumo da análise de variância dos sólidos solúveis (BRIX), sacarose aparente (PCC), pureza (PR) e fibra (FB), no ciclo de primeira rebrota..... 45

Página

10A Resumo da análise de variância para eficiência nutricional de nitrogênio (CUBNTPH), fósforo (CUBPTPH), potássio (CUBKTPH), cálcio (CUBCaTPH) e magnésio (CUBMgTPH), para produção de sacarose aparente pela primeira rebrota..... 46

RESUMO

MENDES, Lester Carvalho, M.S., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2006. **Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar**. Orientador: Márcio Henrique Pereira Barbosa. Co-Orientadores: Mauro Wagner de Oliveira e Luis Alexandre Peternelli.

Objetivou-se neste trabalho determinar a eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota. Para tanto, foram avaliados o coeficiente de utilização biológica e a produção de sacarose aparente ha^{-1} (TPH). A instalação do experimento ocorreu em meados de fevereiro de 2003, em Argissolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Em dezembro de 2003, na fase de crescimento máximo da cultura, foram coletadas, nas fileiras centrais de cada parcela, folhas +3 (terceira folha com aurícula visível), que foram submetidas às analises de N, P, K, Ca e Mg para determinar os teores foliares. Em julho de 2004, aos 18 meses após o plantio, realizou-se a colheita da parte aérea para avaliar a produção de matéria fresca, matéria seca, colmos industrializáveis, acúmulo de sacarose e acúmulo de nutrientes. Em fevereiro de 2005, realizou-se a coleta de folhas +3 da cana de primeira rebrota, para avaliar o estado nutricional das plantas. As amostragens da parte aérea da cana de primeira rebrota foram realizadas em julho de 2005. De posse dos valores de acúmulo de nutrientes e TPH nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota, estimaram-se os coeficientes de utilização biológica. Os teores foliares encontrados na cana-planta e na

primeira rebrota correspondem aos teores encontrados por outros pesquisadores, tanto em épocas remotas como recentemente, evidenciando que as cultivares atuais mantêm o mesmo nível de concentração dos nutrientes nas folhas, embora apresente produtividades maiores, o que, de algum modo, destaca os benefícios dos programas de melhoramento. Na cana-planta a cultivar RB867515 apresentou maior eficiência nutricional para fósforo, potássio e cálcio e a RB855536, apenas para fósforo. Na primeira rebrota, as cultivares com elevada eficiência nutricional foram a SP80-1816 para nitrogênio e fósforo, a RB835486 para fósforo e magnésio, a RB867515 somente para fósforo e a SP80-1842 para fósforo, potássio e magnésio.

ABSTRACT

MENDES, Lester Carvalho, M.S., Universidade Federal de Viçosa, September 2006. **Nutritional efficiency of sugar cane cultivars**. Adviser: Márcio Henrique Pereira Barbosa. Co-Advisers: Mauro Wagner de Oliveira and Luis Alexandre Peternelli.

This work aimed to determine the nutritional efficiency of sugar cane cultivars in the first two crop-growth cycles (plant and first-ratoon crops). Thus, biological utilization coefficient and apparent sucrose yield ha^{-1} (TPH) were evaluated. The experiment was set up on mid February 2003 in a clayey textured Red Yellow Argisol, and arranged in a randomized block design, with four repetitions. On December 2003, when the crop reached its maximum growth phase, +3 leaves (third leaf with visible auricle) were collected from the central rows of each plot and submitted to N, P, K, Ca and Mg analyses for foliar content determination. On July 2004, 18 months after planting, the aerial part was collected to evaluate fresh matter, dry matter and industrializable culm production, sucrose accumulation, and nutrient accumulation. On February 2005, +3 leaves from first ratoon crop were collected to evaluate the nutritional state of the plants. Samplings of the aerial part of the first ratoon crop were carried out in July 2005. Nutrient accumulation and TPH values in the plant and first ratoon crops were used to estimate the biological utilization coefficients. The foliar contents found in the plant and first ratoon crops corresponded to those found by other researchers, both in the past and recently, indicating that the present cultivars maintain the same level of nutrient concentration in the leaves, although with greater yield, what,

in some way, highlights the benefits of the breeding program. In the plant crop, cultivar RB867515 presented greater nutritional efficiency for phosphorus, potassium, and calcium, while cultivar RB855536 presented greater efficiency only for phosphorus. In the first ratoon crop, the cultivars with high nutritional efficiency were SP80-1816 for nitrogen and phosphorus; RB835486 for phosphorus and magnesium; RB867515 only for phosphorus and SP80-1842 for phosphorus, potassium and magnesium.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar, uma das primeiras atividades de importância econômica no Brasil, compõe o mais antigo setor agroindustrial do País e ocupa uma posição de destaque na economia nacional. Tal importância é atribuída à múltipla utilização, podendo ser utilizada *in natura*, sob forma de forragem para alimentação animal, e como matéria-prima na fabricação de rapadura, melado, cachaça e, principalmente, na produção do açúcar e do álcool. Outro mercado a ser explorado é o comércio dos créditos de carbono que são vendidos para países que emitem grande quantidade de poluentes, oriundos de energia gerada por combustíveis fósseis (VITTI, 2003). Deste modo, a cana-de-açúcar é responsável por uma quantia expressiva do produto interno bruto, gera divisas com a exportação de cachaça, álcool e açúcar, possibilita o uso de uma fonte de energia renovável, além de ser uma atividade de intensa geração de empregos (GOMES, 2003). Dentre os mais diversos produtos agrícolas destinados à industrialização, a cana-açúcar destaca-se pela tradição, pela relevância socioeconômica, pela sua função energética e pela distribuição geográfica por todo o País (FREIRE, 2001).

Após um século de exploração de combustíveis fósseis, pode-se concluir que a humanidade teve grande avanço tecnológico, porém não se tem noção a que custo conseguiu-se essa evolução. Sabe-se que nesse período ocorreram grandes mudanças no Planeta, em conseqüência da queima de energia não-renovável. O Brasil destaca-se no cenário mundial quanto à produção de energia renovável, onde a maior parte da eletricidade é gerada em hidrelétricas, e por deter a maior frota de veículos movidos a

etanol. Assim, a produção de energia por meio de biomassa gera desenvolvimento para o País e dá exemplo de preservação e respeito ao ambiente.

O Brasil é hoje o maior produtor mundial de cana, com aproximadamente 6,2 milhões de hectares de área plantada e uma safra anual de cerca de 455 milhões de toneladas. Em conseqüência, também é o mais importante produtor e exportador de açúcar e de álcool. Na safra 2004/2005, 24 milhões de toneladas de açúcar foram produzidas no País, exportando 14,5 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2005). Atualmente, o álcool movimenta 15% de sua frota automotiva, e em 2004/2005 o Brasil produziu 15,14 bilhões de litros de álcool, exportando 1,6 bilhão de litros. Combustível não-poluente, o álcool é um produto que cada vez mais interessa às nações que objetivam reduzir a emissão de gases nocivos à saúde humana.

Para atender às perspectivas de crescimento na produção da cultura da cana-de-açúcar no País, alicerçada no aumento da demanda internacional de etanol, no aumento da frota de carros bicombustível nacional, no aumento anual de mais de 2% no consumo mundial de açúcar, na crescente demanda de novas fontes de energia renovável (biomassa e biocombustível) e no mercado de carbono, deverá ocorrer um crescimento anual na produção de cana-de-açúcar de no mínimo 4,18 e 10,3%, para suprir as necessidades de açúcar e álcool, respectivamente (CARVALHO e STUPIELLO, 2005). Deste modo, as plantações de cana irão avançar sobre áreas de outras culturas como: algodão, arroz, feijão, milho, soja, pastagens e áreas de fronteiras agrícolas. A magnitude dessa expansão será controlada pelo mercado de oportunidade, pelas condições edafoclimáticas, pelo relevo, pelo escoamento da produção e pela mão-de-obra especializada.

Em muitas áreas cultivadas e principalmente nas áreas de pastagens e de fronteiras agrícolas, que poderão ser incorporadas para o plantio da cultura, os solos, em sua maioria, apresentam acidez elevada, baixa capacidade de retenção de cátions (CTC), elevada fixação de fósforo e baixos teores de bases trocáveis (TOMAZ *et al.*, 2003). O acúmulo de nutrientes pela cana-de-açúcar, dentre outros fatores, é um dos aspectos importantes que influencia a manutenção da produtividade, especialmente em solos de baixa fertilidade natural. Como estratégia para manter a sustentabilidade do ambiente explorado é necessário escolher cultivares que apresentem elevada eficiência de absorção e utilização dos nutrientes aplicados aos solos. Deste modo, os esforços têm sido direcionados no sentido de otimizar a eficiência nutricional, visando reduzir os custos de produção, evitar a degradação dos recursos ambientais e aumentar o

rendimento das culturas (KOLCHINSKI e SCHUCH, 2003).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar é cultivada em pequenas, médias e grandes propriedades, sendo por isto de grande importância socioeconômica. Geralmente o seu uso em pequenas propriedades é para alimentação humana e animal, enquanto a produção das médias e grandes lavouras destina-se à fabricação de açúcar e álcool (COSTA, 2001; FREIRE, 2001; OLIVEIRA *et al*., 2002a, 2004a; GOMES, 2003).

A área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil tem crescido nos últimos anos, pois em 1995 era de 4,5 milhões de hectares e atualmente é de 6,2 milhões de hectares, o que gera muito emprego. Além dessa relevância econômica e social, a cultura da cana-de-açúcar tem também grande importância ambiental, dada sua característica de elevada eficiência de fixação do CO_2, associada à capacidade de manter altos valores médios de taxa de crescimento por período prolongado de tempo (SILVEIRA, 1985; ROSSIELLO, 1987; WOOD *et al*., 1996; BARBOSA *et al*., 2002), característica que a torna grande opção para os programas de aprisionamento de carbono.

2.1. A fertilidade dos solos e o fornecimento de nutrientes para a cana-de-açúcar

Na região centro-sul brasileira a cana tem sido normalmente plantada em duas épocas: de fevereiro a abril e, a partir de setembro. No entanto, havendo possibilidade de irrigação e sendo as temperaturas maiores que 20 ºC, pode-se plantar cana em qualquer época do ano (BARBOSA *et al*., 2002; VITTI e MAZZA, 2002).

A cana-de-açúcar é cultivada em muitos tipos de solos, possuindo diferentes fertilidades. Assim, antecedendo a implantação do canavial é prática usual coletar amostras de solo nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade. Os resultados da análise da camada de 0 a 20 cm são utilizados para calcular a adubação e a calagem, enquanto os resultados da análise da camada de 20 a 40 cm servem para avaliar a necessidade da aplicação de gesso (CFSEMG, 1999; DEMATTÊ, 2005; RAIJ *et al*., 1996, 1997). A grande maioria dos pesquisadores recomenda elevar a saturação por bases, na camada de 0 a 20 cm, para 60% (DEMATTÊ, 2005; OLIVEIRA *et al*., 2004b, RAIJ *et al*., 1996 e 1997), contudo há divergências quanto a esse critério. Para Benedini (2004), a cana-de-açúcar é pouco sensível aos fatores determinantes da acidez do solo, como acidez ativa, saturação por bases, saturação por AL^{+3} e acidez trocável, desde que o solo possua teores satisfatórios de cálcio e magnésio, tendo como nível crítico 1,0 e 0,4 $cmol_c/dm^3$, respectivamente.

O nitrogênio, depois do potássio, é o elemento mais absorvido pela cana-de-açúcar, mas baseando-se em resultados de experimentos de adubação relatados por Azeredo *et al*. (1986) e na fixação biológica do N_2 (URQUIAGA *et al*., 1992), alguns pesquisadores questionam a necessidade da adubação nitrogenada na cana-planta. Contudo, pesquisas mais atuais, algumas delas utilizando técnicas isotópicas, mostraram ausência de lixiviação de N originário do fertilizante no ciclo de cana-planta (OLIVEIRA *et al*., 1999), recuperação porcentual do fertilizante na planta entre 40 e 50% (TRIVELIN, 1995; OLIVEIRA *et al*., 1999; TRIVELIN, 2002) e aumento no volume e na massa do sistema radicular, com efeito no vigor da rebrota (VITTI, 2003), o que justifica seu uso.

O fósforo e o potássio são outros dois nutrientes utilizados nas adubações. Em relação ao P, é interessante comentar que grande parte das lavouras de cana-de-açúcar está sobre solos altamente intemperizados, com baixa disponibilidade de fósforo (CÉSAR *et al*., 1987; RAIJ *et al*., 1997; NOVAIS e SMITH, 1999; MACHADO *et al*., 2003). Essa baixa disponibilidade de fósforo influencia tanto o crescimento da cultura quanto a produção de sacarose, pois esse nutriente, além de participar do processo de divisão celular e energético da planta, também influencia a absorção e o metabolismo de vários outros nutrientes (MALAVOLTA, 1989; NOVAIS e SMITH, 1999; MACHADO *et al*., 2003), tendo também efeito sobre a qualidade do caldo (CÉSAR *et al*., 1987; MACHADO *et al*., 2003). Quanto ao potássio, estudos conduzidos por Oliveira *et al*. (2002b) e por Salcedo e Sampaio (1991) demonstraram não haver necessidade de

parcelar a aplicação desse elemento, uma vez que sob aplicação única não se constataram perdas desse nutriente por lixiviação.

Em muitas rebrotas, a adubação tem se restringido ao fornecimento de N e K, sendo a uréia o fertilizante nitrogenado mais usado na adubação das rebrotas (OLIVEIRA, 1999; VITTI *et al.*, 2002), devido principalmente ao menor custo por unidade de N, quanto comparado a outras fontes. A aplicação de uréia sobre o solo ou sobre a palhada poderá levar a grandes perdas por volatilização de amônia, da ordem de 40% (OLIVEIRA *et al.*, 1999; COSTA, *et al.*, 2003). Por isso, recomenda-se enterrá-la no solo, à profundidade mínima de 5 cm. Quando não for possível enterrar a uréia no solo, deve-se irrigar para incorporá-la ao solo, ou adubar antes de uma chuva, o que é possível somente em pequenas áreas. Na impossibilidade de enterrar a uréia no solo, ou de irrigar ou adubar antes de uma chuva, deve-se optar pelo uso de fontes nítricas ou amoniacais (OLIVEIRA, 1999; VITTI *et al.*, 2002).

2.2. Avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar

O estado nutricional da cana influencia, dentre outros, as taxas fotossintéticas e o metabolismo da sacarose (ALLISON *et al.*, 1997; MEINZER e ZHU, 1998) tendo, portanto, efeitos na produtividade, longevidade e lucratividade do canavial (MAVOLTA *et al.*, 1997; DEMATTÊ, 2005). Dentre as opções para monitorar o estado nutricional da planta, bem como para prever a necessidade de adubação, tem-se a diagnose foliar (ORLANDO FILHO e ZAMBELLO JR., 1983; MALAVOLTA *et al.*, 1997; FONTES, 2001).

Para a cultura da cana-de-açúcar há grande divergência entre os autores quanto à época de coleta (ORLANDO FILHO *et al.*, 1983; TRANI *et al.*, 1983; ANDERSON e BOWEN, 1992; RAIJ *et al.*, 1996; MALAVOLTA *et al.*, 1997; REIS JR. e MONNERAT, 2003; SALDANHA *et al.*, 2003), o número de folhas a ser amostrado por talhão (ORLANDO FILHO e CAMPUS, 1975a, b; TRANI *et al.*, 1983; MALAVOLTA *et al.*, 1997) e a faixa ou o teor considerado adequado (MARINHO e ALBUQUERQUE, 1979; TRANI *et al.*, 1983; ESPIRONELO *et al.*, 1986; KORNDORFER e ALCARDE, 1992; RAIJ *et al.*, 1996; MALAVOLTA *et al.*, 1997; PRADO *et al.*, 2001; PRADO *et al.*, 2002; REIS JR. e MONNERAT, 2003).

Estudos conduzidos no Brasil por Malavolta *et al.* (1997), Reis Jr. e Monnerat (2003) e Trani *et al.* (1983) mostram que a diagnose foliar na cana-de-açúcar é mais

bem representada quando se utiliza a primeira ou a terceira folha com a aurícula visível (folha +1 ou folha +3), entretanto na Flórida, na Lousiânia, no Havaí, na África do Sul e na Austrália outras folhas são utilizadas para avaliar o estado nutricional da planta (GOLDEN *et al.*, 1977; MEYER *et al.*, 1981; EL WALI *et al.*, 1984; ANDERSON e BOWEN, 1992). Seguindo os autores brasileiros, as folhas devem ser colhidas aos nove meses de idade na cana-planta e aos quatro meses nas rebrotas. Apesar da divergência quanto à folha a ser amostrada, há um consenso entre a maioria dos pesquisadores de que se deve coletar o terço médio da folha, descartando-se a nervura principal, visto que as concentrações de nutrientes no limbo foliar refletem melhor o estado nutricional da planta (GALLO *et al.*, 1968; ORLANDO FILHO e ZAMBELLO JR., 1983; TRANI *et al.*, 1983; KORNDORFER e ALCARDE, 1992; MALAVOLTA *et al.*, 1997). Alguns autores definiram faixas adequadas em relação aos teores foliares de nutrientes, enquanto outros citam níveis críticos. Reunindo os valores apresentados por Marinho e Albuquerque (1979), Trani *et al.* (1983), Espironelo *et al.* (1986), Korndorfer e Alcarde (1992), RAIJ *et al.* (1996), Malavolta *et al.* (1997), Prado *et al.* (2001, 2002) e Reis Jr. e Monnerat (2003), pode-se afirmar que a cana está bem nutrida quando seus teores foliares de N, P, K, Ca e Mg situam-se, respectivamente, entre 13,4 e 22,0, 1,2 e 3,0, 10,8 e 15,0, 2,9 e 10,0 e 2,0 e 3,0 g kg^{-1}. Deve-se ressaltar que somente as cultivares utilizadas nos estudos de Korndorfer e Alcarde (1992) e Prado *et al.* (2001, 2002), RB72454 e SP80-1842, ainda têm sido plantadas.

2.3. Acúmulo de nutrientes pela cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, por produzir elevada quantidade de massa, acumula grande quantidade de nutrientes. Esse acúmulo é influenciado por diversos fatores, podendo-se citar, dentre outros, as características morfológicas e fisiológicas do sistema radicular, a aeração do solo, a disponibilidade de água e de nutrientes no solo e as condições térmicas (VITTI e MAZZA, 2002; DEMATTÊ, 2005; VASCONCELOS e GARCIA, 2005).

Diferenças entre genótipos na absorção de nitrogênio pela cana-planta foram constatadas por Bittencourt et al. (1986), em estudo conduzido com dez cultivares. Esses autores verificaram que a cultivar que apresentou o maior acúmulo de N na parte aérea foi a SP70-3145, com valores da ordem de 300 kg ha^{-1}. Comparativamente à NA56-79, variedade que menos acumulou N, a SP70-3145 extraiu do solo cerca de 2,2

vezes mais nitrogênio. Em experimento com a cultivar SP70-1143, no ciclo de primeira rebrota, Trivelin *et al.* (1995) constataram acúmulo de 260 kg ha-^{1} de N na parte aérea da cultura.

Trabalhos conduzidos por Barbosa *et al.* (2002), Coleti *et al.* (2002), Oliveira *et al.* (2002a) e Machado *et al.* (2003), com cultivares atualmente mais plantadas, mostram que o acúmulo de nutrientes na parte aérea variou de 145 a 271, 16 a 50, 232 a 429, 11 a 132 e 13 a 65 kg ha^{-1}, para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Ainda com base nos trabalhos de Barbosa *et al.* (2002) e de Oliveira *et al.* (2002a), pode-se verificar que a quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio extraída por tonelada de matéria fresca acumulada na parte aérea foi de 1,2, 0,30 e 1,5 kg, respectivamente, valores também relatados por Raij *et al.* (1997), Coleti *et al.* (2002) e Vitti e Mazza (2002).

2.4. Produção de biomassa e qualidade do caldo na cana

No Brasil, a produtividade média de matéria fresca da parte aérea tem variado entre 80 e 100 t ha^{-1} de matéria fresca (MF). Porém, se for adotado manejo adequado de cultivares, de calagem e de adubação, podem-se alcançar produtividades superiores a 150 t ha^{-1} de matéria fresca (DIAS *et al.*, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 2001). Como nessa massa de matéria fresca o teor de matéria seca tem variado entre 24 e 32%, o total de matéria seca (MS) na parte aérea pode ultrapassar 50 t ha^{-1}. Barbosa *et al.* (2002), em estudos conduzidos na Zona da Mata mineira com a cultivar RB72454 no ciclo de cana-planta, obtiveram acúmulo de MS na parte aérea de 52 t ha^{-1}.

A matéria fresca da parte aérea da cana-de-açúcar, por ocasião da colheita, é constituída de colmos industrializáveis, folhas secas, folhas verdes e ponteiros. A massa de colmos industrializáveis, em relação às demais partes da planta, também designada de índice de colheita, que tem oscilado em torno de 80% (ROBERTSON *et al.*, 1996). Os colmos industrializáveis, por conterem a maior massa de açúcares da planta, são os componentes de maior valor econômico da cana, embora nos últimos anos, em decorrência da demanda energética, o bagaço e também os restos culturais têm gerado receitas (MACHADO *et al.*, 2003).

Sob o aspecto tecnológico, os colmos são constituídos de caldos e sólidos insolúveis em água. No caldo encontra-se a água e os sólidos solúveis (^{o}Brix), que na sua maioria representa os açúcares, sendo estes, por sua vez, representados pela sacarose aparente (PCC). A parte dos sólidos insolúveis em água é designada de fibra.

Segundo Paranhos (1987) e Delgado *et al.* (1994), as porcentagens de ^{o}Brix, PCC e fibra podem variar no período de maturação da cana de 18 a 25, 15,5 a 24 e 10 a 16%, respectivamente. O quociente do porcentual de sacarose pelo teor de sólidos solúveis é designado de pureza (PR). Para expressar a produtividade da cana-de-açúcar e sacarose, criaram-se os termos TCH e TPH, que representam, respectivamente, a tonelada de colmos industrializáveis por hectare e a tonelada de sacarose por hectare, que é o produto do TCH pela PCC. Cáceres e Alcarde (1995) e Bittencourt *et al.* (1986) verificaram amplitude de 92 a 154 e 16,73 a 19,71 para (TCH) e (TPH), respectivamente.

2.5. Eficiência nutricional

Mesmo que cultivares de uma mesma espécie apresentem capacidades similares na absorção ou no acúmulo de um determinado nutriente, pode ocorrer grande diferença entre elas na produção de biomassa, resultante de diferenças na eficiência nutricional (EBERHARDT, 1999). A eficiência nutricional ocorre por várias razões, as quais estão relacionadas à absorção, ao transporte e à utilização dos nutrientes pela planta (MARSCHNER, 1995). Segundo Amaral (2002), as diferenças genotípicas envolvidas na nutrição mineral de plantas podem ser explicadas por características morfológicas e fisiológicas relacionadas à absorção de nutrientes. Dentre os aspectos morfológicos têm-se: o diâmetro e comprimento de raiz, a formação de pelos radiculares e a relação superfície de raiz/unidade de peso da parte aérea. As características fisiológicas incluem fatores que descrevem a cinética de absorção, como I_{max} (taxa máxima de influxo líquido), K_m (constante de Michaelis-Menten) e C_{min} (concentração mínima abaixo da qual não mais ocorre influxo líquido).

O estudo da eficiência nutricional na cultura da cana-de-açúcar é de extrema importância, pois os solos tropicais, em geral, possuem baixa capacidade de fornecimento dos nutrientes minerais às plantas. Fageria *et al.* (1982) e Martinez *et al.* (1993) observaram que a avaliação da eficiência nutricional pode levar à diferenciação de cultivares, de modo que existe a possibilidade de selecionar cultivares adaptadas a diferentes condições de fertilidade do solo. Do ponto de vista nutricional, um genótipo eficiente é aquele que cresce e produz em condições de baixo suprimento de nutrientes pelo solo, e assim, comparativamente a outras cultivares, tem maior capacidade de absorver os nutrientes necessários e utilizá-los na produção de biomassa (FURLANI *et al.*, 1984).

A eficiência nutricional pode ser calculada pelo coeficiente de utilização biológico (CUB), que consiste na razão entre a massa de matéria seca (MS) e o acúmulo de nutrientes (AN). Alternativamente, pode ser reescrito como o inverso do teor, ou seja: CUB = MS/AN, em que AN = Teor * MS, logo CUB = 1/Teor. Entretanto, segundo Siddiqi e Glass (1981), a relação de eficiência nutricional deve sempre estar relacionada com a produção, para não incorrer em erro de selecionar cultivares com alta relação de eficiência nutricional e baixa produção. Para tanto, Siddiqi e Glass (1981) sugerem o índice de eficiência nutricional (EN) = MS/Teor, em que MS é a massa de matéria seca da planta e teor é a concentração do nutriente na planta. Por outro lado, a seleção de cultivares com elevada eficiência nutricional pode ser conduzida, considerando-se simultaneamente o índice CUB e a produção de matéria seca.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em propriedade rural localizada no município de Mercês, Zona da Mata mineira. A instalação do experimento ocorreu em meados de fevereiro de 2003, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa (Tabela 1). O solo foi analisado e verificou-se que a saturação por bases encontrava-se acima de 60%, não sendo necessário, portanto, o emprego de corretivo de acidez do solo (RAIJ *et al*, 1996; OLIVEIRA, 2004b; DEMATTÊ, 2005). O terreno foi arado e gradeado, alocando-se, em seguida os tratamentos, constituídos por oito cultivares de cana-de-açúcar: RB72454, RB835486, RB867515, RB855536, RB928064, SP80-1816, SP80-1842 e SP80-3280. Para escolha dessas cultivares, foram levados consideração o potencial produtivo e a área atualmente plantada e cultivada das mesmas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo as parcelas constituídas de seis sulcos de 10 m de comprimento, com espaçamento de 1,2 m entre sulcos. Na adubação realizada no fundo do sulco de plantio, foram utilizados 700 kg ha^{-1} da fórmula 06-30-06, mas posteriormente, em outubro, houve nova adubação, aplicando-se 130 e 264 kg ha^{-1} de uréia e cloreto de potássio, respectivamente. Assim, o total de adubo aplicado na cana-planta foi de 100 - 92 – 167 g ha^{-1} de N, P e K, respectivamente.

A densidade de plantio foi de aproximadamente 18 gemas m^{-1} de sulco, e após a distribuição dos colmos dentro do sulco eles foram picados em toletes de três a cinco gemas e cobertos com camada de terra com aproximadamente 5 cm de altura.

Tabela 1 – Características físico-química do Argissolo Vermelho-Amarelo, analisado por ocasião da implantação do experimento

Análise Granulométrica										
Prof.	Argila	Silte		Areia fina		Areia grossa		Classificação textural		
(cm)	(dag kg^{-1})									
0 - 20	49	22		11		18		Argilosa		
20 - 40	49	24		8		19		Argilosa		
Análise Química										
Prof.	pH	P	K^+	H+Al	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	CTC	V	m
(cm)	(H_2O)	mg/dm^3		$cmol_c/dm^3$					%	
0 - 20	5,32	4,0	38,0	0,90	1,82	0,50	0,00	3,33	73,0	2,0
20 - 40	4,58	3,0	25,0	1,50	0,76	0,22	0,40	2,53	41,0	30,0

Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da UFV, segundo o método descrito pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA (1997).

No controle das plantas daninhas, utilizaram-se herbicidas e capina à tração animal. Cerca de 40 dias após o plantio, realizou-se a aplicação de 2,4-D e ametryn, nas doses de 1,0 e 4,0 L ha^{-1} de DMA e Gesapax, respectivamente. O cultivo à tração animal foi realizado em novembro, quando as plantas estavam com aproximadamente 1,0 m de altura. Em relação às pragas, houve necessidade apenas de controlar as formigas-cortadeiras, tendo-se utilizado iscas e formicida em pó.

Em dezembro de 2003, na fase de crescimento máximo da cultura, foram coletadas, nas fileiras centrais de cada parcela, 15 folhas +3. Após retirar as nervuras centrais dessas folhas, os limbos foliares dos 20 cm centrais foram lavados em água corrente, enxaguados em água destilada, secos em estufa de ventilação forçada a 65 °C, até peso constante, passados em moinho tipo willey e submetidos às análises de N, P, K, Ca e Mg, seguindo os métodos descritos por Malavolta *et al.* (1989) e Silva (1990).

Em julho de 2004, aos 18 meses após o plantio, realizou-se a colheita da parte aérea da cana-planta, para avaliar a produção de matéria fresca, a matéria seca, os colmos industrializáveis, o acúmulo de sacarose e o acúmulo de nutrientes. A área de amostragem foi de 5 m lineares, nas fileiras centrais, sendo as plantas cortadas rente ao solo e posteriormente pesadas.

Para avaliar a produção de colmos industrializáveis, cerca de metade da biomassa da parte aérea foi novamente pesada, despalhada e despontada, separando-se, desta forma, os colmos industrializáveis do restante da planta. Os colmos dessa subamostra foram pesados, passados em picadeiras de forragem e homogeneizados. Uma amostra

de 500 g de colmos industrializáveis foi prensada, quantificando-se, a seguir, o volume de caldo e o teor de fibra. Nesse caldo determinaram-se os teores de sólidos solúveis e de sacarose aparente. Os procedimentos analíticos e os cálculos adotados na avaliação da qualidade do caldo foram os descritos por Caldas (1998) e Fernandes (2003).

A outra metade de toda a matéria fresca da parte aérea, constituída de colmos industrializáveis, folhas secas, folhas verdes e ponteiros, também foi passada em picadeira de forragem, subamostrada, pesada e seca em estufa de ventilação forçada, a 65°C, até atingir massa constante. Essa matéria seca foi passada em moído tipo Willey, e posteriormente quantificaram-se os teores de N, P, K, Ca e Mg, seguindo os métodos descritos por Malavolta *et al.* (1989) e Silva (1990). Os valores de acúmulo de nutrientes na parte aérea da cana foram obtidos ao multiplicar os valores de concentrações desses elementos pelos valores de matéria seca da parte aérea.

Cerca de 60 dias após a colheita da cana-planta, no início do período chuvoso, realizou-se a adubação da cana de primeira rebrota, utilizando-se a mistura de uréia e KCl, nas doses de 170 e 210 kg ha^{-1} de N e K, respectivamente, sendo a adubação realizada na entrelinha da cana. A dose de N e K utilizada na adubação foi baseada no valor médio de exportação desses nutrientes pela colheita da parte aérea das cultivares de cana (ORLANDO FILHO, 1980; OLIVEIRA *et al.*, 2002a; OLIVEIRA *et al.*, 2004a), numa tentativa de manter a fertilidade do solo. Para evitar perdas de N por volatilização de amônia (OLIVEIRA *et al.*, 1999, VITTI *et al.*, 2002), imediatamente após a distribuição da mistura dos adubos procedeu-se ao seu recobrimento com terra, utilizando-se arado à tração animal. Em seguida, aplicaram-se os herbicidas 2,4-D e ametryn, nas doses de 1,0 e 4,0 L ha^{-1} de DMA e Gesapax, respectivamente. Houve necessidade apenas de controlar as formigas-cortadeiras, tendo-se utilizado novamente iscas e formicida em pó.

Em fevereiro de 2005, foi realizada a coleta de folhas + 3 da cana de primeira rebrota, para avaliar o estado nutricional das plantas, tendo-se adotado os mesmos procedimentos descritos para a cana-planta (MALAVOLTA *et al.*, 1989; SILVA, 1990). As amostragens da parte aérea da cana de primeira rebrota foram realizadas em julho de 2005, utilizando-se os mesmos procedimentos descritos para cana-planta.

De posse dos valores de acúmulo de nutrientes e TPH nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota, calculou-se o coeficiente de utilização biológica ou CUB (tonelada de TPH/kg de nutriente acumulado na matéria seca), descrito por Barros *et al.* (1986) e Furlani *et al.* (1990).

Os valores de concentração de nutrientes nas folhas +3, de acúmulo de nutrientes, de matéria fresca (MF), de matéria seca (MS), de sólidos solúveis (^{o}Brix), de porcentagem de sacarose aparente (PCC), de pureza (PR), de fibra (FB), de produção de colmos industrializáveis por hectare (TCH), de produção de sacarose aparente por hectare (TPH) e dos índices de eficiência nutricional para a produção de TPH, obtidos nos ciclos de cana-planta e primeira rebrota, foram submetidos à análise de variância, tendo as médias sido agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para selecionar as cultivares mais eficientes na utilização dos nutrientes e produção de sacarose, foram levadas em consideração o índice CUB e a produção de TPH, obtendo-se, deste modo, as cultivares mais eficientes nutricionalmente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente serão apresentados os resultados e discussão relativos à cana-planta, seguidos dos da cana de primeira rebrota. Nos apêndices encontram-se os resumos dos quadros da análise de variância, para os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg, acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na matéria seca, produção de biomassa, qualidade do caldo e eficiência nutricional de N, P, K, Ca e Mg para produção de TPH nos ciclos de cana-planta e de primeira rebrota, das oito cultivares avaliadas neste trabalho.

4.1. Resultados da cana-planta

4.1.1. Teores foliares de N, P, K, Ca e Mg na cana-planta

Para os teores foliares de nitrogênio, ocorreu diferença significativa pelo teste F, mas o teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade, não foi capaz de promover o agrupamento das médias das cultivares. Por outro lado, para os teores foliares de fósforo e potássio não houve significância pelo teste F, enquanto para os teores de cálcio e magnésio ocorreu variação significativa, sendo as médias agrupadas pelo teste de Skott-Knott a 5 % de probabilidade (Tabela 2).

A média geral dos teores foliares de N na cana-planta está abaixo do nível adequado encontrado por alguns pesquisadores (ESPIRONELO *et al.*, 1986; KONDORFER e ALCARDE, 1992; MALAVOLTA *et al.*, 1997; PRADO *et al.*, 2001, 2002). Mas, para Reis Jr. e Monnerat (2003), que consideram como adequado 13,4 g kg^{-1},

o teor foliar de N encontrado no presente trabalho é suficiente para proporcionar altas produções.

O teor médio de P encontrado está classificado como médio, segundo Marinho e Albuquerque (1979), dentro da faixa adequada para Espironelo *et al.* (1986) e Raij *et al.* (1996), baixo para Malavolta *et al.* (1997) e no limite para Reis Jr. e Monnerat (2003), sendo o teor ideal de 1,9 g kg^{-1}.

No caso do K, o teor médio encontrado está dentro da faixa preconizada por Espironelo *et al.* (1986) e Raij *et al.* (1996) e acima dos teores indicados como adequados para Malavolta *et al.* (1997), Prado *et al.* (2001, 2002) e Reis Jr. e Monnerat (2003).

Tabela 2 – Valores em g kg^{-1}, de N, P, K, Ca e Mg na folha +3, em oito cultivares no ciclo de cana-planta

Cultivares	N	P	K	Ca	Mg
	---------- g kg^{-1} ----------				
RB72454	14,8a	1,9	13,9	5,4a	1,10a
RB835486	15,3a	1,9	15,0	5,3a	1,00a
RB867515	13,3a	1,8	12,7	5,3a	1,10a
RB855536	14,1a	1,7	13,2	4,5 b	0,92 b
RB928064	13,8a	1,8	14,8	4,9a	1,20a
SP80-1816	12,8a	1,8	14,0	5,4a	0,98 b
SP80-1842	12,5a	1,8	14,4	5,0a	0,92 b
SP80-3280	13,6a	1,8	14,2	4,5 b	1,20a
Média.	13,8	1,8	14,0	5,0	1,00
CV %	8,44	4,85	7,35	7,81	9,16

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott , a 5% de probabilidade.

Para Ca, o valor médio encontrado corrobora com os citados por Espironelo et al. (1986), Raij et al. (1996) e Prado et al. (2001). Quanto a Malavolta *et al.* (1997) e Prado *et al.* (2002), o teor médio está abaixo do preconizado como ideal. Por outro lado, o valor encontrado neste experimento é 45% superior ao estabelecido como adequado por Reis e Monnerat (2003), que é de 2,9 g kg^{-1}. As cultivares RB855536 e SP80-3280 ficaram no grupo que apresentou menor teor, sendo estatisticamente inferiores às demais.

O valor médio de Mg corresponde ao limite inferior da faixa adequada para Espironelo *et al.* (1986), está bem abaixo do valor encontrado por Malavolta *et al.* (1997) e Prado *et al.* (2001, 2002), representando a metade do preconizado como ideal por Reis JR. e Monnerat (2003), e somente para Raij *et al.* (1996) apresenta valor

suficiente para proporcionar altas produções. Apesar de serem significativas, as diferenças entre as médias apresentam pequena variação entre as cultivares.

4.1.2 Acúmulo de nutrientes na matéria seca da cana-planta

Avaliando os resultados de acúmulo de nutrientes na matéria seca da parte aérea, considerado como indicativo de eficiência de absorção, observa-se diferença significativa entre as médias das cultivares avaliadas (Tabela 3).

No acúmulo de nitrogênio (N), as cultivares RB72454, RB867515, RB855536, SP80-1816 e SP80-3280 destacaram-se como as mais eficientes. Por outro lado, as cultivares RB835486, RB928064 e SP80-1842 apresentaram a menor quantidade de N na matéria seca. Barbosa *et al.* (2002), estudando o acúmulo de nutrientes pela RB72454, encontraram valores semelhantes ao do presente trabalho para essa cultivar. Estudos de acúmulo de macronutrientes com a cultivar RB835486, em Argissolo Vermelho-Amarelo, indicaram extração de 171 kg ha^{-1} de N (COLETI *et al.*, 2002), sendo superior à encontrada neste trabalho. O valor médio de nitrogênio acumulado na parte aérea das cultivares foi de 137 kg ha^{-1}, valor este semelhante ao obtido por Bittencourt *et al.* (1986). O valor médio acumulado de nitrogênio t^{-1} de matéria fresca da parte aérea foi de 0,96 kg, valor abaixo do relatado por Barbosa *et al.* (2002) e por Oliveira *et al.* (2002a). Pode-se observar que todas cultivares absorveram quantidades superiores às da adubação (100 kg de N ha^{-1}), e considerando os resultados de Oliveira *et al.* (1999), em que a eficiência de absorção do N do fertilizante pela cana-planta é da ordem de 50 %, pode-se estimar que o solo contribuiu com 57 e 69 % do N acumulado na parte aérea da cultivar menos e mais eficiente, respectivamente. Portanto, para que a fertilidade natural do solo e a sustentabilidade do sistema, bem como a viabilidade do canavial se mantenha, mesmo não obtendo resposta em termos de produção de biomassa, a adubação nitrogenada no plantio se faz necessária.

As cultivares RB867515 e SP80-3280 ficaram no grupo de maior eficiência quanto ao acúmulo de fósforo, diferindo das demais. Ciarelli (1989), estudando a eficiência nutricional do fósforo de genótipos de milho em solução nutritiva, verificou que a maior taxa de acúmulo de fósforo da solução deveu-se ao maior crescimento do sistema radicular. Barbosa *et al.* (2002) obtiveram, para RB72454, acúmulo de 50 kg ha^{-1}, valor superior ao encontrado neste estudo. Coleti *et al.* (2002) encontraram para RB835486 acúmulo de 16 kg ha^{-1} de P, valor 58 % inferior ao descrito neste trabalho. O

acúmulo médio de fósforo t^{-1} de matéria fresca da parte aérea foi de 0,28 kg, valor de mesma ordem obtido por Raij (1997), Barbosa *et al.* (2002), Oliveira *et al.* (2002a) e Vitti e Mazza (2002).

O acúmulo de potássio apresentou valores da ordem de 206 a 288 kg ha^{-1}, ocorrendo variação significativa entre as cultivares. A RB928064 apresentou menor acúmulo no grupo de menor eficiência de absorção, ficando abaixo do valor encontrado por Barbosa *et al.* (2002), Coleti *et al.* (2002), Oliveira *et al.* (2002a) e Machado *et al.* (2003). O valor médio acumulado de t^{-1} matéria fresca da parte aérea foi da ordem de 1,78 kg, resultado que corrobora os dados de Barbosa *et al*. (2002) e Coleti *et al*. (2002). Com relação à adubação de plantio, considerando 100% de recuperação do fertilizante, ocorreu déficit de aproximadamente 100 kg ha^{-1} de K, contribuindo o solo com grande parte do potássio acumulado na parte aérea.

Tabela 3 – Valores do acúmulo de nitrogênio (AC. N), de fósforo (AC. P), de potássio (AC. K), de cálcio (AC. Ca) e de magnésio (AC. Mg) no ciclo de cana-planta, em kg ha^{-1} na matéria seca

Cultivares	AC. N	AC. P	AC. K	AC. Ca	AC. Mg
	---------- kg ha^{-1} ----------				
RB72454	150,0a	39,9 b	268,5a	156,9a	39,5a
RB835486	120,4 b	38,3 b	218,3 b	125,6 c	26,9 b
RB867515	150,9a	42,7a	254,7a	153,6a	37,7a
RB855536	160,5a	39,3 b	286,4a	161,8a	36,6a
RB928064	116,9 b	38,7 b	206,5 b	116,3 c	28,7 b
SP80-1816	139,6a	39,4 b	283,3a	140,4 b	27,4 b
SP80-1842	114,8 b	38,3 b	226,5 b	109,8 c	19,5 c
SP80-3280	143,2a	41,2a	288,4a	145,9 b	28,9 b
Média	137,0	39,7	254,1	138,8	30,7
CV %	12,32	3,40	9,86	6,15	10,02

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O cálcio acumulado na parte aérea das cultivares variou de 110 a 162 kg ha^{-1}, valores superiores aos obtidos por Barbosa *et al*. (2002) e Coleti *et al*. (2002). As variedades RB72454, RB867515 e RB855536 destacaram-se, tanto no acúmulo de Ca como no de Mg, sendo estatisticamente superiores no acúmulo desses nutrientes. A média das cultivares para o acúmulo de magnésio está abaixo da obtida por Barbosa *et al*. (2002) e acima da média obtida por Coleti *et al*. (2002).

4.1.3. Produção de biomassa e qualidade do caldo na cana-planta

Nas condições do presente experimento, houve variação significativa para todos os componentes de produção (MF, MS, TCH e TPH), entre as médias das cultivares de cana-de-açúcar avaliadas. Para os componentes que definem a qualidade do caldo, não ocorreu diferença entre as médias das cultivares somente para pureza (PR), que expressa a porcentagem de sacarose aparente contida nos sólidos solúveis (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores no ciclo de cana-planta, da produção de matéria fresca (MF), matéria seca (MS), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de sacarose aparente por hectare (TPH), porcentagem de sólidos solúveis (BRIX), porcentagem de sacarose (PCC), pureza (PR) e fibra (FB)

Cultivares	MF	MS	TCH	TPH	BRIX	PCC	PR	FB
	---------- t ha^{-1} ----------				---------- dag kg^{-1} ----------			
RB72454	148,1a	39,6a	116,2a	18,0 b	19,8 c	15,5 b	88,2	8,9 b
RB835486	138,5a	36,9a	110,6a	19,7 b	22,5a	17,8a	90,6	9,1 b
RB867515	155,2a	43,3a	128,3a	21,9a	22,4a	17,1a	89,2	9,9ª
RB855536	161,4a	42,4a	124,0a	22,0a	22,4a	17,7a	90,6	9,5 b
RB928064	140,1a	33,9 b	114,9a	18,9 b	21,0 b	16,4 b	89,4	8,8 b
SP80-1816	139,4a	37,3a	106,9 b	18,6 b	22,5a	17,4a	89,7	10,4a
SP80-1842	116,7 b	30,3 b	93,3 b	16,4 b	22,4a	17,6a	89,9	9,1 b
SP80-3280	148,5a	40,2a	114,9a	18,4 b	22,0a	16,2 b	84,9	9,4 b
Média	143,5	38,0	113,7	19,2	21,9	17,0	89,1	9,4
CV %	8,06	9,67	8,42	8,37	3,15	4,97	4,29	5,72

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Dentre as cultivares avaliadas, a SP80-1842 apresentou a menor produção de matéria fresca (MF), com 28% a menos que a RB855536, a de maior destaque entre o grupo mais produtivo. A média entre as cultivares para produção de matéria fresca ficou abaixo do valor observado no trabalho de Korndorfer *et al*. (2002), que, trabalhando com sete cultivares em solo de mesma classificação, encontraram média de 185,8 t ha^{-1}.

Para produção de matéria seca (MS), as cultivares SP80-1842 e RB928064 ficaram no grupo das menos produtivas. A porcentagem de MS entre as cultivares variou de 24 a 28 %. Barbosa *et al.* (2002), trabalhando com a cultivar RB72454, em solos da mesma região, obtiveram média de 52 t ha^{-1} de matéria seca, resultado 28 % superior ao valor médio encontrado no presente trabalho.

As cultivares RB72454, RB835486, RB867515, RB855536, RB928064 e SP80-3280 foram mais produtivas quanto à TCH. Por outro lado, a SP80-1816 e SP80-1842 ficaram no grupo de menor produção. Maule *et al*. (2001) quantificaram a produtividade

de colmos por hectare para as cultivares RB72454, RB835486, RB855536, SP80-1842, obtendo superioridade na produção. Porém, a produção de colmos da cultivar SP80-1842 foi a menor dentre as quatro, o que mostra similaridade entre os resultados deste estudo. Korndorfer *et al.* (2002), trabalhando no mesmo tipo de solo, porém no Estado de São Paulo, encontraram maiores produções de colmos para as cultivares RB72454, RB835486 e RB855536. A porcentagem de TCH em relação à MF variou em torno de 77 a 83%. A média das cultivares para produção de TCH situou-se acima dos resultados de Orlando Filho e Rodella (1995) e abaixo dos de Maule *et al.* (2001) e Silveira *et al.* (2002), porém está de acordo com Orlando Filho *et al.* (1996).

Para produção de açúcar, que é representada TPH, as cultivares RB867515 e RB855536 alcançaram maior destaque, sendo estatisticamente superior às demais. A TPH é o produto entre TCH e porcentagem de sacarose (PCC). Portanto, atingir produção elevada de açúcar ha^{-1} é função de alta produtividade de TCH e PCC, o que explica a menor produção de TPH da SP80-1842, que apresentou baixa produção de TCH e alta porcentagem de PCC. A cultivar RB855536 apresentou superioridade de 26% em relação à SP80-1842 quanto à produção de TPH, devido à maior TCH, uma vez que a porcentagem de sacarose nos colmos foi de mesma ordem. Por outro lado, RB867515 apresentou produtividade semelhante à da RB855536 por causa da alta TCH, pois mesmo não sendo estatisticamente diferente atingiu menor teor de sacarose. A cultivar RB72454 ficou no grupo das menos produtivas quanto à TPH, influenciado pelo baixo teor de sacarose. Silveira *et al.* (2002), trabalhando com seis cultivares de cana, encontraram média de 16,8 t ha^{-1} de TPH, valor 12,5 % menor ao encontrado nesse estudo. Por outro lado, Korndorfer et al. (2002) obtiveram, em estudo com sete cultivares, média de 29, 3 t ha^{-1}, superior em 35 % à do presente trabalho.

De modo geral, todas cultivares de maior porcentagem de sólidos solúveis (BRIX) apresentaram maiores porcentuais de sacarose (PCC) e de pureza (PR), excetuando-se a cultivar SP80-3280 que apresentou elevado teor BRIX, mas situou-se no grupo de menor porcentual de PCC por apresentar, mesmo não sendo significativa, baixa porcentagem de pureza. Maule *et al.* (2001), trabalhando com as cultivares RB72454, RB835486, RB855536 e SP80-1842, verificaram em épocas semelhantes de amostragens valores inferiores de PCC aos quantificados neste trabalho. A quantidade média de açúcar ou sacarose aparente apresentou-se superior às encontradas nos trabalhos de Orlando Filho *et al.* (1996) e Maule *et al.* (2001), porém está de acordo com as obtidas por Korndorfer *et al.* (2002) e Delgado *et al.* (1994).

Quanto à fibra, as cultivares RB867515 e SP80-1816 obtiveram os maiores teores, tendo as demais cultivares ficado no grupo de menor porcentual. Segundo Delgado *et al.* (1994), a importância desse componente é avaliada do ponto de vista energético do bagaço, uma vez que manuseados e armazenados corretamente contribuem para maior estabilidade térmica em uma usina de açúcar. O valor médio da fibra das cultivares avaliadas está abaixo daqueles constatados nos trabalhos de Delgado *et al.* (1994), Orlando Filho *et al.* (1996), Korndorfer *et al.* (2002) e Silveira *et al.* (2002).

4.1.4. CUB da cana-planta para produção de TPH

O CUB da cana-planta para TPH é apresentada na Tabela 5. Os valores do CUB foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade. É relevante comentar que o índice CUB é ainda de pouco uso na cultura da cana-de-açúcar, portanto são escassos os registros em literatura, o que dificulta compará-los com os de outros autores.

Tabela 5 – Valores do CUB do nitrogênio (CUBNTPH), do fósforo (CUBPTPH), do potássio (CUBKTPH), do cálcio (CUBCaTPH) e do magnésio (CUBMgTPH) para produção de TPH pela cana-planta

Cultivares	CUBNTPH	CUBPTPH	CUBKTPH	CUBCaTPH	CUBMgTPH
	---------- kg de TPH kg^{-1} de nutriente----------				
RB72454	121	454 b	67 b	116 b	457 c
RB835486	164	514a	91a	158a	739a
RB867515	147	513a	86a	144a	589 b
RB855536	139	559a	77 b	136 b	610 b
RB928064	162	489a	92a	164a	667 b
SP80-1816	134	472 b	66 b	133 b	686 b
SP80-1842	144	428 b	72 b	150a	859a
SP80-3280	130	447 b	65 b	128 b	647 b
Média	143	484	77	141	657
CV %	12,30	8,66	11,38	9,79	15,09

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os valores do coeficiente de utilização biológica (CUB) do nitrogênio para TPH apresentaram diferença significativa pelo teste F, mas o teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade, não foi capaz de agrupar as médias das cultivares. Por outro lado, os valores do CUB do fósforo, do potássio, do cálcio e do magnésio para produção de sacarose aparente apresentaram significância pelo teste F, e as médias foram agrupadas pelo teste Scott-Konott.

As cultivares não diferiram significativamente quanto ao CUB do nitrogênio para TPH, apresentando produção média de 143 kg de sacarose aparente kg^{-1} de nitrogênio acumulado na parte aérea. Fageria *et al*. (1995), avaliando a resposta diferencial de genótipos de arroz de sequeiro quanto à fertilidade do solo, encontraram variação de 6 a 132 kg de grãos kg^{-1} de N acumulado.

No CUB do fósforo para TPH, a RB855536 obteve destaque no grupo das mais eficientes, apresentando-se 23% mais eficiente na produção de TPH do que a SP80-1842, que ficou classificada, no grupo de menor eficiência, como a menos eficiente. Como a quantidade de fósforo absorvido pelas cultivares foi semelhante (Tabela 3), a maior produção de TPH apresentada por essa cultivar é explicada pela diferença na eficiência de utilização do elemento. Gardiner e Christensen (1990), citados por Abichequer e Bohnen (1998), atribuem a diferença na eficiência de utilização de fósforo por cultivares de trigo à eficiência de utilização, e não à diferença na absorção do nutriente. Por outro lado, Abichequer e Bohnen (1998) relataram que a maior eficiência de utilização do P por cultivares de trigo está relacionada com a maior translocação desse elemento das raízes para a parte aérea.

Para o CUB do potássio na produção de TPH, as cultivares mais eficientes foram RB835486, RB867515 e RB928064. O valor do CUB teve elevada variação; em média foram produzidos 77 kg de sacarose aparente kg^{-1} de K absorvido, eficiência semelhante à encontrada por Fageria *et al*. (1995), que avaliaram 14 genótipos de arroz e constataram que, em média, foram produzidos 63 kg de grãos kg^{-1} K absorvido.

Em média, as cultivares apresentaram produção de 141 kg de TPH kg^{-1} de Ca absorvido. A RB928064 obteve destaque no grupo mais eficiente no uso do cálcio para produção de TPH, apresentando superioridade de 29% em ralação à RB72454, a menos eficiente no grupo de menor eficiência. Em tomateiro, a alta eficiência de utilização do Ca foi devido à sua habilidade em manter alta proporção do Ca total na forma solúvel. Por outro lado, a baixa eficiência de outra linhagem de tomateiro foi associada com as altas concentrações de Ca insolúvel nos tecidos da parte aérea das plantas (BEHLING *et al*., 1989). Assim, para Caines e Shennan (1999), cultivares com conhecida diferença no CUB para Ca podem representar uma alternativa atrativa em áreas agrícolas deficientes nesse nutriente.

A RB835486 e SP80-1842 destacaram-se como mais eficientes no uso do magnésio para produção de TPH, tendo esta última apresentado superioridade de 48% em relação à RB72454. Esse fato pode ser explicado pelo consumo de luxo, em que a

RB72454 foi uma das cultivares que mais absorveu esse elemento (Tabela 3). Entretanto, por outros fatores desconhecidos, ela não foi capaz de canalizar a metabolização desse elemento para a produção de sacarose e matéria seca.

4.2. Resultados da primeira rebrota

4.2.1. Teores foliares de N, P, K, Ca e Mg na primeira rebrota

Na primeira rebrota, houve diferença significativa entre cultivares, somente para os teores foliares de K, Ca e Mg. Para os teores de nitrogênio e fósforo, não ocorreu significância pelo teste F (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores em g kg-¹, de N, P, K, Ca e Mg na folha +3, em oito variedades no ciclo de primeira rebrota

Cultivares	N	P	K	Ca	Mg
	---------- g kg^{-1} ----------				
RB72454	18,7	1,3	11,9a	7,4a	2,7a
RB835486	20,3	1,4	13,1a	7,0 b	2,2 b
RB867515	19,5	1,5	10,4 b	7,7a	2,4a
RB855536	20,4	1,4	9,2 b	7,6a	2,5a
RB928064	20,2	1,5	11,0 b	7,7a	2,1 b
SP80-1816	18,7	1,6	10,7 b	6,7 b	2,1 b
SP80-1842	19,0	1,5	10,5 b	6,8 b	2,1 b
SP80-3280	20,2	1,4	10,6 b	6,3 b	2,0 b
Média	19,7	1,4	10,9	7,2	2,3
CV %	4,96	10,49	9,40	9,04	9,91

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O teor foliar médio de N apresentou-se de acordo com a amplitude de variação relatada por Trani *et al.* (1983), Espironelo *et al.* (1986), Korndorfer e Alcarde (1992), Malavolta *et al.* (1997) e Prado *et al.* (2002).

Para o P, o teor médio encontrado corrobora com os verificados nos trabalhos de Prado *et al.* (2001, 2002). Esse teor fez com que o potássio atingisse a classificação de baixo, segundo Marinho e Albuquerque (1979). Mas para Trani *et al.* (1983), Espironelo *et al.* (1986) e Korndorfer e Alcarde (1992), o teor médio encontrado no presente estudo, entre as cultivares, situou-se dentro da faixa preconizada.

O segundo maior elemento em relação ao teor foliar é o K. Na primeira rebrota o teor foliar encontrado ficou abaixo do indicado por Trani *et al.* (1983), Espironelo *et al.*

(1986), Korndorfer e Alcarde (1992), Malavolta *et al*. (1997), Prado *et al*. (2002) e Reis Jr. e Monnerat (2003). Entre as cultivares, a RB835486 apresentou teor foliar 30% maior que o de RB855536.

O teor foliar médio de Ca e Mg na primeira rebrota está de acordo aqueles obtidos nos trabalhos de Prado *et al*. (2001, 2002). Para Reis Jr. e Monnerat (2003), o teor de Ca adequado é de 2,9 g kg-¹, valor este bem menor ao encontrado na primeira rebrota. No entanto, para Trani *et al*. (1983), Espironelo *et al*. (1986), Korndorfer e Alcarde (1992) e Malavolta *et al*. (1997), o valor encontrado está dentro da faixa adequada. Já para Mg, o valor observado na primeira rebrota está de acordo com Trani *et al*. (1983), Espironelo *et al*. (1986), Korndorfer e Alcarde (1992), Malavolta *et al*. (1997), Prado *et al*. (2002) e Reis Jr. e Monnerat (2003).

4.2.2. Acúmulo de nutrientes na matéria seca da primeira rebrota

Na primeira rebrota, observa-se que houve diferença significativa, entre todas as médias das cultivares avaliadas (Tabela 7), para o acúmulo de nutrientes na matéria seca da parte aérea.

Tabela 7 – Valores do acúmulo de nitrogênio (AC. N), de fósforo (AC. P), de potássio (AC. K), de cálcio (AC. Ca) e de magnésio (AC. Mg), no ciclo de primeira rebrota, em kg ha⁻¹ na matéria seca

Cultivares	AC. N	AC. P	AC. K	AC. Ca	AC. Mg
	---------- kg ha-¹ ----------				
RB72454	105,1 b	25,5a	216,8 b	56,7a	30,8a
RB835486	114,5 b	24,8a	204,6 b	52,4 b	21,1 b
RB867515	122,6a	25,4a	265,1a	63,4a	30,3a
RB855536	95,6 c	22,3 c	181,9 c	38,7 c	17,4 c
RB928064	110,5 b	25,1a	231,2 b	50,0 b	24,4 b
SP80-1816	94,3 c	22,9 c	179,7 c	50,8 b	24,1 b
SP80-1842	123,6a	23,8 b	167,1 c	50,0 b	23,6 b
SP80-3280	83,5 d	22,4 c	133,1 d	40,4 c	23,0 b
Média	106,2	24,0	197,4	50,3	24,4
CV %	7,20	3,23	10,30	11,58	8,96

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O acúmulo de nitrogênio pela cana-de-açúcar varia de acordo com a cultivar, com a idade da cultura e com a disponibilidade do N e de outros elementos na solução do solo, como também depende de fatores edafoclimáticos (ROZANE *et al*., 2003). A absorção média das cultivares de 106 kg ha^{-1} de N ficou abaixo das obtidas em trabalhos

conduzidos por Barbosa *et al.* (2002), Coleti *et al.* (2002), Oliveira *et al.* (2002a) e Machado *et al.* (2003). As cultivares RB867515 e SP80-1842 destacaram-se como as mais eficientes no acúmulo de nitrogênio na primeira rebrota. Por outro lado, RB72454, RB835486, RB855536, RB928064, SP80-1816 e SP80-3280 apresentaram-se em grupos de menor acúmulo de nitrogênio. Para Rozane *et al.* (2003), o nitrogênio absorvido aumenta a atividade meristemática da parte aérea, resultando em maior perfilhamento e índice de área foliar (IAF) da cana-de-açúcar; além disto, o N aumenta a longevidade das folhas. Esse incremento no IAF eleva a eficiência do uso da radiação solar, aumentando, portanto, o acúmulo de matéria seca.

As cultivares apresentaram acúmulo médio de 24 kg ha^{-1} de P, valor que está de acordo com aqueles obtidos nos trabalhos conduzidos por Barbosa *et al.* (2002), Coleti *et al.* (2002), Oliveira *et al.* (2002a) e Machado *et al.* (2003). Para produção de 1 tonelada de matéria natural, em média, foram extraídos 0,24 kg de P, sendo este resultado próximo aos constatados nos trabalhos de Barbosa *et al.* (2002), Oliveira *et al.* (2002a), Raij (1997), Vitti e Mazza (2002) e Coleti *et al.* (2002). As diferenças genotípicas envolvidas na absorção de fósforo foram citadas por diversos autores, e dentre os mecanismos envolvidos na absorção estão a dinâmica de crescimento da planta, a característica do sistema radicular (principalmente arquitetura), a afinidade íon-carregador, as transformações químicas que ocorrem na interface solo-raiz e a capacidade de absorção em baixas concentrações na solução do solo (LAUCHLI, 1987; AMARAL, 2002; LUCA *et al.*, 2002). RB72454, RB835486, RB867515 e RB928064 apresentaram maior eficiência de absorção de fósforo. Willadino *et al.* (1988), comparando dez cultivares de cana-de-açúcar quanto à absorção de fósforo, observaram que quando o suprimento de P foi reduzido na solução nutritiva aquelas mais eficientes na absorção apresentaram maior comprimento radicular e maior incremento na absorção por unidade de raiz.

Observa-se que houve grande diferença entre as cultivares quanto ao acúmulo de potássio, com variação de 50% entre as médias. Para produção de 1 tonelada de biomassa natural, em média, ocorreu acúmulo de 2 kg de K, resultado 25% mais elevado que os observados nos trabalhos de Raij (1997), Barbosa *et al.* (2002), Coleti *et al.* (2002), Vitti e Mazza (2002) e Oliveira *et al.* (2002a). RB867515 destaca-se entre as demais quanto à absorção do potássio.

No acúmulo de cálcio e magnésio, na primeira rebrota, a RB72454 e a RB867515 destacaram-se entre as cultivares avaliadas, mostrando que são eficientes no acúmulo

desses elementos. Em média, ocorreu absorção de 0,51 e 0,25 kg de Ca e Mg, respectivamente, por tonelada de matéria natural.

4.2.3. Produção de biomassa e qualidade do caldo na primeira rebrota

Observa-se que na primeira rebrota houve variação significativa para todos os componentes de produção (MF, MS, TCH e TPH), entre as médias das cultivares de cana-de-açúcar avaliadas. Para os componentes que definem a qualidade do caldo (BRIX, PCC, PR, FB), ocorreu variação entre médias somente para fibra (FB) (Tabela 8).

Tabela 8 – Valores da produção de matéria fresca (MF), matéria seca (MS), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de sacarose aparente por hectare (TPH), porcentagem de sólidos solúveis (BRIX), porcentagem de sacarose (PCC), pureza (PR) e fibra (FB) no ciclo de primeira rebrota

Cultivares	MF	MS	TCH	TPH	BRIX	PCC	PR	FB
	---------- ton ha^{-1} ----------				---------- dag kg^{-1} ----------			
RB72454	98,4 b	27,7 b	76,0 b	10,7 b	18,5	14,1	86,2	8,2 b
RB835486	108,6a	30,9a	84,7a	13,0a	20,1	15,4	89,7	9,6a
RB867515	113,3a	33,2a	91,0a	13,3a	19,5	14,6	87,2	9,4a
RB855536	83,1 c	22,5 c	67,2 b	9,7 b	19,5	14,5	86,0	9,7a
RB928064	95,9 b	25,7 b	74,5 b	11,0 b	19,5	14,8	87,5	9,6a
SP80-1816	96,0 b	27,7 b	77,9 b	12,1a	20,0	15,5	89,0	9,1a
SP80-1842	106,1a	30,2a	89,7a	13,3a	19,5	14,8	87,0	8,9 b
SP80-3280	86,0 c	24,7 c	71,5 b	10,8 b	19,9	15,1	87,3	9,2a
Média	98,4	27,8	79,1	11,7	19,6	14,8	87,5	9,2
CV %	7,52	7,79	8,65	9,62	3,49	4,73	2,83	5,76

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para produção de matéria fresca (MF), matéria seca (MS), tonelada de cana por hectare (TCH) e tonelada de sacarose aparente por hectare (TPH), na primeira rebrota, as cultivares RB835486, RB867515 e SP80-1842 destacaram-se entre as demais. Por outro lado, RB72454, RB855536, RB928064, SP80-1816 e SP80-3280 situaram-se em grupos menos produtivos, nas condições do presente experimento. No caso da SP80-1842, na cana-planta foi a menos produtiva para todos os componentes de produção, mas na primeira rebrota ficou nos grupos mais produtivos, indicando variação em seu comportamento em relação à produção. Quanto à média de produção das cultivares, na primeira rebrota, ocorreu redução de 31,4, 27,0, 30,4 e 39% para MF, MS, TCH e TPH,

respectivamente, em relação à cana-planta, resultado que está de acordo com Orlando Filho (1983) e Demattê (2005), que também constataram decréscimo da produção nas rebrotas.

Na primeira rebrota, ocorreu diferenciação entre as cultivares para os componentes que definem a qualidade da matéria-prima somente para fibra, em que a RB867515 e SP80-1816 mantiveram-se nos grupos mais produtivos. Por outro lado, a RB72454 e SP80-3280 ficaram nos grupos de produção inferior.

4.2.4. CUB da primeira rebrota para produção de TPH

O CUB da primeira rebrota para produção de TPH estão na Tabela 9. Os valores do CUB para nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio para produção de TPH apresentaram diferenças entre as médias das cultivares. Por outro lado, os valores do CUB para cálcio na produção de TPH não apresentaram significância pelo teste F.

Tabela 9 – Valores do CUB do nitrogênio (CUBNTPH), do fósforo (CUBPTPH), do potássio (CUBTPH), do cálcio (CUBCaTPH) e do magnésio (CUBMgTPH) para produção de TPH pela primeira rebrota

Cultivares	CUBNTPH	CUBPTPH	CUBKTPH	CUBCaTPH	CUBMgTPH
	---------- kg de TPH kg^{-1} de nutriente ----------				
RB72454	102 b	420 b	49 c	192	353 b
RB835486	114 b	526a	64 b	248	618a
RB867515	109 b	523a	51 c	213	439 b
RB855536	104 b	435 b	54 c	256	576a
RB928064	100 b	439 b	48 c	223	453 b
SP80-1816	129a	527a	68 b	239	503 b
SP80-1842	108 b	559a	81a	267	565a
SP80-3280	130a	483 b	82a	269	478 b
Média	112	489	62	238	498
CV %	12,22	9,70	12,78	15,04	16,46

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As cultivares mais eficientes no uso do nitrogênio para produção de TPH foram a SP80-1816 e SP80-3280. Os fatores que contribuíram para maior eficiência da primeira cultivar foram a elevada porcentagem de sacarose nos colmos e o baixo acúmulo de nitrogênio na parte aérea por ocasião da colheita; no caso da segunda cultivar, o fator que mais contribuiu para maior eficiência de uso do nitrogênio foi o baixo acúmulo deste elemento na matéria seca no ponto de colheita, fator que certamente foi influenciado pela despalha natural apresentada por essa cultivar.

Na primeira rebrota, o CUB do fósforo na produção de TPH foi semelhante ao observado para a cana-planta, tendo ocorrido tendência de aumento na média das cultivares. As cultivares RB835486, RB867515, SP80-1816 e SP80-1842 destacaram-se quanto ao coeficiente de utilização biológico do P para produção de sacarose aparente.

A média do CUB do potássio na primeira rebrota, para produção de sacarose aparente, diminuiu 21%, quando comparada com a da cana-planta. As cultivares SP80-1842 e SP80-3280 apresentaram-se no grupo de maior coeficiente de utilização do K para produção de sacarose aparente.

A produção média de sacarose kg^{-1} de Ca acumulado na matéria seca aumentou 41% na primeira rebrota.

As cultivares RB835486 e SP80-1842, tanto na cana-planta com na primeira rebrota, mostraram-se eficientes no uso do magnésio para produção de sacarose aparente; por outro lado, a RB72454 apresentou-se ineficiente nos dois ciclos.

5. CONCLUSÕES

Nas condições do presente experimento e com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Os teores foliares encontrados na cana-planta e na primeira rebrota correspondem aos teores encontrados por outros pesquisadores, tanto em épocas remotas recentemente, evidenciando que as cultivares atuais mantêm o mesmo nível de concentração dos nutrientes nas folhas, embora apresente produtividades maiores, o que, de algum modo, destaca os benefícios dos programas de melhoramento.

- Na cana-planta, a cultivar RB867515 apresentou maior eficiência nutricional para fósforo, potássio e cálcio e a RB855536, apenas para fósforo.

- Na primeira rebrota, as cultivares com elevada eficiência nutricional foram SP80-1816 para nitrogênio e fósforo, RB835486 para fósforo e magnésio, RB867515 somente para fósforo e SP80-1842 para fósforo, potássio e magnésio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICHEQUER, A. D.; BOHNEN, H. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 22, p. 21-26, 1998.

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Ed. Brasilform, 2005.

ALLISON, J. C. S.; WILLIAWS, H. T.; PAMMENTER, N. W. Effect of specific leaf nitrogen content on photosynthesis of sugarcane. **Ann. Appl. Biol.**, v. 131, p. 339-350, 1997.

AMARAL, J. F. T. **Eficiência de produção de raízes, absorção, translocação e utilização de nutrientes em cultivares de café arábica**. 2002. 97 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. **Nutrição da cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 1992.

AZEREDO, D. F.; BOLSANELLO, J.; WEBWE, H.; VIEIRA, J. R. Nitrogênio em cana-planta – doses e fracionamento. **STAB**, v. 4, p. 26-33, 1986.

BARBOSA, M. H. P.; OLIVEIRA, M. W.; SILVEIRA, L. C. I., DAMASCENO, C. M.; MENDES, L. C. Acúmulo e alocação de nutrientes pela RB72454 no ciclo da cana-planta. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., 2002. Pernambuco: STAB. **Anais…** Pernambuco: STAB, 2002. p. 234-238.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; CARMO, D. N.; NEVES, J. C. L. Classificação nutricional de sítios Florestais – Descrição de uma metodologia. **Rev. Árv.**, v. 10, p. 112-20, 1986.

BEHLING, J. P.; GABELMAN, W. H.; GERLOFF, G. C. The distribution and utilization of calcium by two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lines differing in calcium efficiency when grown under low-Ca stress. **Plant Soil**, v. 113, p. 189-196, 1989.

BENEDINI, M. S. Calcário e gesso na cana-de-açúcar. **IDEA News**, Ribeirão Preto, n. 48, 2004.

BITTENCOURT, V. C.; FAGANELLO, B. F.; SALATA, J. C. Eficiência da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar (Planta). **STAB**, set./out., 1986.

CACERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **STAB**, v. 13, p. 16-20, 1995.

CAINES, A. M.; SHENNAN, C. Growth and nutrient composition of Ca^{2+} use inefficient genotypes of tomato. **Plant Physiol. Biochem.**, v. 37, p. 559-567, 1999.

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria do Açúcar e do Álcool no Estado de Alagoas, 1998. 422 p.

CARADUS, J. R. Heritability of, and relationships between phosphorus and nitrogen concentration in shoot, stolon and root of white clover (*Trifolium repens* L.). **Plant Soil**, v. 146, p. 209-217, 1992.

CARVALHO, L. C. C. Perspectivas para o setor sucroalcooleiro. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2., 2005. Piracicaba. **Anais.** ESALQ, 9 a 10 junho, 2005. CD-ROM.

CESAR, M. A. A.; DELGADO, A. A.; CAMARGO, A. P.; BISSOLI, B. M. A.; SILVA, F. C. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo industrial. **STAB**, p. 32-38, 1987.

CIARELLI, D. M. **Eficiência na absorção e utilização do fósforo por genótipos de milho (*Zea mays* L.) em solução nutritiva**. 1989. 110 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1989.

CLARK, R. B. Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation, and use of elements required for plant growth. **Plant and Soil**, v. 72, p. 175-196, 1983.

COLETI, J. T.; CASAGRANDE, J.C.; STUPIELLO, J.J.; RIBEIRO, L. D.; OLIVEIRA, G. R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca. Em argissolos, variedades RB835486 e SP81-3250. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., 2002. Pernambuco: STAB. **Anais…** Pernambuco: STAB, 2002. p. 316-321.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 5ª aproximação**. Viçosa, 1999. 176 p.

COSTA, M. C. G. **Eficiência agronômica de fontes nitrogenadas na cultura da cana-de-açúcar em sistema de colheita sem despalha a fogo**. 2001. 79 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Piracicaba, 2001.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH_3 de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **R. Bras. Ci. Solo**. v. 27, p. 631-637, 2003.

DELGADO, A. A.; MARQUES, T. A.; BARRICHELO. L. E. G.; MENCK, P. C. M.; PAIVA, L. A. A. Composição da variedade de cana-de-açúcar IAC 64-257. **STAB**, nov./dez., v. 13, n.2, p. 23-27, 1994.

DEMATTÊ, J. L. I. Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. **Informações Agronômicas**, n 111, set., 2005.

DIAS, F. L. F.; MAZZA, J. A.; MATSUOKA, S.; PERECIN, D.; MAULE, R. F. Produtividade de cana-de-açúcar em relação ao clima e solos da região Noroeste do Estado de São Paulo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 23, p. 627-634, 1999.

EBERHARDT, D. S.; SILVA, P. R. F.; RIEFFEL NETO, S. R. Eficiência de absorção e utilização de nitrogênio por plantas de arroz e de dois ecótipos de arroz vermelho. **Planta Daninha**, v. 17, p. 309-323, 1999.

EL WALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guides for sugarcane fertilization. **Agron. J**., v. 76, p. 466-470, 1984.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1977. 212 p. (Documento 1).

ESPIRONELO, A.; GALLO, J. R.; LAVORENTI, A.; IGUE, T.; HIROCE, R. Efeitos da adubação NPK nos teores de macronutrientes das folhas de cana-de-açúcar (cana-soca). **Bragantia**, Campinas, v. 45, n. 2, p. 377-382, 1986.

FAGERIA, N. K. Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas. **Pesq. Agropec. Bras**., Brasília, v. 35, n. 10, p. 2115-2120, 2000.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2. n. 1, p. 6-16, 1998.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Avaliação preliminar de cultivares de arroz irrigado para maior eficiência de utilização de nitrogênio. **Pesq. Agropec. Bras**., Brasília, v. 17, n. 12, p. 1709-1712, 1982.

FAGERIA, N. K.; SANT'ANA, E. P.; CASTRO, E. M.; MORAES, O. P. Resposta diferencial de genótipos de arroz de sequeiro à fertilidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 19, p. 261-267, 1995.

FERNADES, A. C. **Cálculos na agroindústria de cana-de-açúcar**. 2. Ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240 p.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. 1. Ed. Viçosa: UFV, 2001. 122 p.

FREIRE, F. J. **Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar**. 2001. 87 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

FURLANI, A. M. C.; CLARK, R. B.; MARANVILLE, J. W.; ROSS, W. M. Sorghum genotype differences in phosphorus uptake, phosphorus efficiency, phosphorus mobilization and utilization. **J. Plant. Nut**., v. 7, n.7, p. 1113-26, 1984.

FURLANI, A.M.C.; USBERTI FILHO, J.A. Capim-colonião: eficiência na absorção e na utilização de fósforo em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 2, p. 413-423, 1990.

GALLO, J. R.; HIROCE, R.; ALVAREZ, R. Levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo pela análise foliar. **Bragantia**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 365-382, set. 1968.

GARDINER, D. T.; CHRISTENSEN, N. W. Characterization of phosphorus efficiencies of two wheat cultivars. **Soil Sci. Soc. Am. J**., v. 54, p. 1337-1340, 1990.

GOLDEN, E. E.; ABDOL, I. B. Effects of N and fertilizers and soil type on yield components and nutrient uptake of four sugarcane varieties. **La. Agric. Exp. Stn Bul.,** 1977. 60 p.

GOMES, J. F. F. **Produção de colmos e exportação de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-açúcar *(Saccharum*** spp.***)***. 2003. 65 f. Dissertação (Mestrado Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Eficiência no uso do nitrogênio por cultivares de aveia branca de acordo com a adubação nitrogenada. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p. 1033-1038, 2003.

KORNDORFER, G. H.; ALCARDE. J. C. Acúmulo e teor de fósforo em folhas de cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 16, p. 217-222, 1992.

KORNDORFER, G. H.; COLOMBO, C.; CHIMELLO, M. A., LEONE, P. L. C. Desempenho de variedades de cana-de-açúcar cultivadas com e sem nitrogênio. **STAB**, v. 20, n.3, jan./fev., 2002.

LAUCHLI, A. Soil science in the next twenty five years: does a biotechnology play a role? **Soil Sci. Soc. Am. J**., Madison, v. 51, p. 1405-1409, 1987.

LUCA, E. F.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T. *et al*. Eficiência de absorção e utilização de fósforo (32P) por mudas de eucalipto e arroz. **Sci. Agric**., v. 59, n. 3, p. 543-547, 2002.

MACHADO, J. C.; OLIVEIRA, M. W.; BARBOSA, M. H. P.; MENDES, L. C.; SILVA, F. L.; ROZANE, D. E. Adubação fosfatada, produção de sacarose e qualidade do caldo da RB72454 no ciclo de cana-planta e primeira rebrota. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 29., Ribeirão Preto-SP, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto-SP: SBCS, 2003.

MALAVOLTA, E. e MALAVOTA, M. L. Diagnose foliar – Princípios e aplicações. In: BULL, L. T.; ROSOLEM, C.A. (Ed.). In: ____. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: FEPAF, 1989. 360 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. Ed. Piracicaba: ABPPF, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1989. 201 p.

MARINHO, M. L.; ALBUQUERQUE, G. A. C. Resposta da cana-de-açúcar a níveis de P e correlação com análises foliar. In: CONGRESSO NACIONAL STAB, 1., Maceió-AL, 1979. **Anais...** Maceió-AL: STAB, 1979.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. Ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F.; SACRAMENTO, L. V. S.; RODRIGUES, L. A. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo: II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 17, p. 239-244, 1993.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA Jr., G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Sci. Agríc**., v. 58, n. 2, p. 295-301, 2001.

MEINZER, F. C. AND ZHU, J. Nitrogen stress reduces the efficiency of the C4 CO2 concentrating system, and therefore quantum yield, in Saccharum (sugarcane) species. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 324, p. 1227-1234, July, 1998.

MEYR, J. H. An evaluation of DRIS based of leaf analysis for sugarcane in South Africa. **Proc. S. Afr. Sugar Technol**. p. 169-176, June, 1981.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e plantas em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, M. W.; BARBOSA, M. H. P.; MURILO, C.; ANDRADE, M. B. M.; MENDES, L. C. Análise quantitativa do crescimento da variedade de cana-de-açúcar RB72454. In: ENCONTRO DE BOTÂNICOS DE MG, BA e ES. **Resumos** do XXIII Encontro de Botânicos de MG, BA e ES. UFV/SBB. v.1, p. 89-89. 2001.

OLIVEIRA, M. W.; MENDES, L. C., BARBOSA, M. H. P., VITTI, A. C., FARIA, R. O. Avaliação do potencial produtivo de sete variedades de cana-de-açúcar sob irrigação complementar. **Anais...** In: XXV REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, IV Reunião Brasileira de Biologia do Solo. Rio de Janeiro, v. 1, p. 95a, 2002.

OLIVEIRA, M. W.; OLIVEIRA, T. B. A.; CHAVES, J. B. P.; MENDES, L. C.; GAVA, G. J. C. Tecnologia e custo de produção de cana-de-açúcar utilizada na alimentação de vacas leiteiras. In: Zootec 2004a, Brasília. **Anais**…CD-ROM.

OLIVEIRA, M. W.; SILVEIRA, L. C. I.; MENDES, L. C.; ROZANE, D. E.; MARQUES, W. P.; ALBINO, G. D. Doses de escória de siderurgia e a neutralização da acidez de dois solos. In: Zootec 2004b, Brasília. **Anais**…CD-ROM. .

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; MORTATI, T. The leaching of N, K, Ca and Mg from a sandy soil cultivated with sugarcane. **Pesq. Agropec. Bras. Ci. Solo**, v. 37, p. 861-868, jun. 2002b.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G.; VITTI, A. C. Lixiviação de nitrogênio em solo cultivado com cana-de-açúcar: experimento em lisímetro. **STAB**, v. 18, 1999.

ORLANDO FILHO, J.; BITTENENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G. F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB**, maio-junho, v. 14, n. 5, p. 13-17,1996.

ORLANDO FILHO, J.; CAMPOS, H. Número ideal de folhas para a diagnose foliar em cana-de-açúcar (soqueira). **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 4, p. 23-31, 1975b.

ORLANDO FILHO, J.; CAMPUS, H. Número ideal de folhas para a diagnose foliar em cana-de-açúcar (cana-planta). **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 1, p. 10-17, 1975a.

ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H. P.; ZAMBELLO JÚNIOR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB41-76, em função da idade, em três solos do Estado de São Paulo. **Boletim técnico Planalsucar**, v. 1, n. 4, p. 1-127, 1980.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. A. Adubação nitrogenada em cana-planta: perfilhamento e produtividade agrícola. **STAB**, jan./fev., v. 13, n. 3, p. 16-18, 1995.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JR., E. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba-SP, 1983. 369 p.

PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar**: cultivo e utilização. Vols. I e II, Campinas: Fundação Cargill, 1987. 856 p.

PARENTONI, S. N.; GAMA, E. E. G.; SANTOS, M. X.; LOPES, M. A.; ALVES, V. M. C. *et al.* Adaptação de milho a solos ácidos: Tolerância à toxidez de alumínio e eficiência no uso de nutrientes no programa de pesquisa da EMBRAPA – Milho e Sorgo. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DEL MAIZ, 18., Sete Lagoas-MG: 1999. **Anais...** Sete Lagoas-MG, 1999, p. 179-199.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Eficiência da escória de siderurgia em latossolo vermelho na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **STAB**, mar./abr., v. 19, n. 4, 2001.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 129-135, jan./mar. 2002.

RAIJ, B. V. Nova tabela de adubação e calagem para a cana-de-açúcar. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA. Piracicaba-SP, 1997. **Anais...** Piracicaba-SP: ESALQ/IAC, 1997. p. 40-42.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. Ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p. 233-239 (Boletim Técnico, 100).

REIS JR., R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesq. Agropec. Bras. Brasília**, v. 38, n. 3, p. 379-385, mar. 2003.

ROBERTSON, M. J.; WOOD, A. W.; MUCHOW, R. C. Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Austrália. I. Radiation use, biomass accumulation and partitiining. **Field Crops Res**., v. 48, p. 11-5, 1996.

ROSSIELLO, R. O. P. **Bases fisiológicas da acumulação de nitrogênio e potássio em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp, cv. NA 56-79) em resposta à adubação nitrogenada em cambissolo**. 1987. 172 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", 1987.

ROZANE, D. E.; OLIVEIRA, M. W.; BARBOSA, M. H. P.; MENDES, L. C.; SILVA, F. L.; SILVEIRA, L.C.I. Acúmulo de matéria seca e de sacarose em cana-de-açúcar adubada com diferentes doses de N. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 29., CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 29., Ribeirão Preto-SP: SBCS, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto-SP: SBCS, 2003. v. 1 (CD-ROM).

SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. V. Balanço de K em quatro ciclos de cultivo. **Pesq. Agropec. Bras**., v. 26, n. 9, p. 1323-1335, 1991.

SALDANHA, E. C. M.; ESPIG, S. A.; BROGGI, F.; ROCHA, A. T.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S. Diagnóstico nutricional e distribuição de cálcio, magnésio e potássio em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, Ribeirão Preto-SP: UNESP, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto-SP: UNESP, 2003. (CD-ROM).

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. M.; ALVES, G. D. Capacidade de suprimento de nitrogênio e resposta à fertilização de vinte solos de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**. Campinas, v. 19, p. 269-279, 1995.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index; a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal Plant Nutrition**, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV. 1990.165 p.

SILVA, I. R.; FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. et al. Eficiência nutricional para potássio em espécies florestais nativas. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 257-264, 1996.

SILVEIRA, J. A. G. **Interações entre assimilação de nitrogênio e o crescimento da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) cultivada em condições de campo**. 1985. 152 f. Tese (Doutorado Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, 1985.

SILVEIRA, L. C. I.; OLIVEIRA, M. W.; BARBOSA, M. H. P.; ANDRADE, M. B. M.; MENDES, L. C. Crescimento e produção de sacarose por seis variedades de cana. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., Pernambuco-PE: STAB. **Anais...** Pernambuco-PE: STAB, 2002.

STUPIELLO, J. P. A Expansão Canavieira no Brasil. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2., Piracicaba-SP: ESALQ. **Anais...** Piracicaba-SP: ESALQ, 2005. (CD-ROM).

SVHJORRIG, J. K.; NIELSEN, P. Root length and phosphorus uptake by four barley cultivars grow under moderate deficiency of phosphorus in field experiments. **J. PL. Nutr.**, New York, v. 10, p. 1289-1295, 1987.

TOMAZ, M. A.; SILVA, S. R.; SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P. Eficiência de absorção e uso de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de *Coffea arábica*. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, n. 5, p. 885-892, 2003.

TRANI, P. E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. C. **Análise foliar**: amostragem e interpretação. Campinas: Fundação Cargil, 1983. 18 p.

TRIVELIN, P. C. O. **Utilização do nitrogênio pela cana-de-açúcar**: três casos estudados com uso do traçador ^{15}N. 2002. Livre Docência. Piracicaba-SP, 2002.

TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, R. L.; RODRIGUES. J. C. S. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-^{15}N e uréia-^{15}N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 30, n. 12, p. 1375-1385, dez. 1995.

URQUIAGA, S.; CRUZ, K. H. S.; BODDEY, R. M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: nitrogen-15 and nitrogen-balance estimates. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, n. 1, p. 105-114, 1992.

VASCONCELOS, A. C. M. **Comportamentos de clones IAC e variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Paranapanema**. 1998. 108 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Estadual de São Paulo, 1998.

VASCONCELOS, A. C. M.; GARCIA, J. C. Desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, n. 110, junho, 2005.

VITTI, A. C. **Utilização pela cana-de-açúcar (cana-planta) do nitrogênio da uréia (^{15}N) e do mineralizado no solo em sistemas de manejo com ou sem a queima.** 1998. 93 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

VITTI, A. C. **Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: manejo e efeito na produtividade**. 2003. 114 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, v. 97, p. 1-16. 2002 (Encarte Técnico).

VITTI, G.C.; TAVARES JR, J. E.; LUZ, P. H. C.; FAVARIN, J. L.; COSTA, M. C. G. Influência da mistura de sulfato de amônio com uréia sobre a volatilização de nitrogênio amoniacal. **R. Bras. Ci. Solo**. v. 26, p. 663-671, 2002.

WILLADINO, L.; SAMPAIO, E. V.; SALCEDO, I. H. Comparação d dez variedades de cana-de-açúcar quanto à absorção de fósforo na fase inicial de crescimento. **STAB**, jan./fev., 1988.

WOOD, A. W.; MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J. Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Australia. III. Accumulation, partitioning and use of nitrogen. **Fields Crops Research**, v. 48, p. 223-233, 1996.

APÊNDICE

APÊNDICE A

RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CANA-PLANTA

1. Teores foliares de N, P, K, Ca e Mg na cana-planta

Tabela 1A – Resumo da análise de variância dos teores de N, P, K, Ca e Mg na folha +3 na cana-planta

Fonte de Variação	GL	N	P	K	Ca	Mg
		Quadrado Médio				
Bloco	3	1,385803	0,005521	4,187653	0,209228	0,01686
Cultivar	7	3,455178*	0,005521	2,417614	0,549775*	0,35960**
Erro	21	1,346339	0,007780	1,062408	0,154269	0,009122
CV (%)		8,44	4,85	7,35	7,81	9,16
Média		1,38	0,18	1,40	0,50	0,10

** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

2. Acúmulo de nutrientes na matéria seca da cana-planta

Tabela 2A – Resumo da análise de variância do acúmulo de nitrogênio (AC. N), fósforo (AC. P), potássio (AC. K), cálcio (AC. Ca) e magnésio (AC. Mg) na matéria seca, no ciclo de cana-planta

Fonte de Variação	GL	AC. N	AC. P	AC. K	AC. Ca	AC. Mg
		Quadrado Médio				
Bloco	3	22,74	1,409720	456,544036	972,57207	33,260671
Cultivar	7	1218,06**	9,566028**	4333,63783**	1512,53452**	181,840391**
Erro	21	285,19	1,820927	627,749229	72,772113	9,443235
CV (%)		12,32	3,40	9,86	6,15	10,02
Média		137,0	39,7	254,1	138,8	30,7

** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

3. Produção de biomassa na cana-planta

Tabela 3A – Resumo da análise de variância da produção de matéria fresca da parte aérea (MF), matéria seca da parte aérea (MS), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de sacarose aparente por hectare (TPH), no ciclo de cana-planta

Fonte de Variação	GL	MF	MS	TCH	TPH
		---------- Quadrado Médio ----------			
Bloco	3	73,750842	7298031,3645821	239,329311	8,136850
Cultivar	7	729,10817**	76510475,45983**	457,739539**	14,621993**
Erro	21	133,856432	13.480453,888393	91,664354	2,5990802
CV (%)		8,06	9,67	8,42	8,37
Média		143,5	38,0	113,7	19,2

** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

4. Qualidade do caldo na cana-planta

Tabela 4A – Resumo da análise de variância dos sólidos solúveis (^{o}Brix), sacarose aparente (PCC), pureza (PR) e fibra (FB), no ciclo de cana-planta

Fonte de Variação	GL	^{o}Brix	PCC	PR	FB
		---------- Quadrado Médio ----------			
Bloco	3	3,662500	0,817242	10,598346	0,904592
Cultivar	7	3,863571**	2,84222**	13,619041	1,104879**
Erro	21	0,473452	0,708375	14,581517	0,286896
CV (%)		3,15	4,97	4,29	5,72
Média		21,9	17,0	89,1	9,4

** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

5. Eficiência de utilização de nutrientes para produção de sacarose aparente na cana-planta

Tabela 5A – Resumo da análise de variância para eficiência de utilização de nitrogênio (CUBNTPH), fósforo (CUBPTPH), potássio (CUBKTPH), cálcio (CUBCaTPH) e magnésio (CUBMgTPH), para produção de sacarose aparente pela cana-planta

Fonte de Variação	GL	CUBNTPH	CUBPTPH	CUBKTPH	CUBCaTPH	CUBMgTPH
		---------- Quadrado Médio ----------				
Bloco	3	0,000631	0,005087	0,000190	0,001560	0,042492
Cultivar	7	0,000898*	0,007427**	0,000494**	0,001030**	0,054322**
Erro	21	0,000307	0,001759	0,000077	0,000190	0,009819
CV (%)		12,30	8,66	11,38	9,79	15,09
Média		0,143	0,484	0,077	0,141	0,657

** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRIMEIRA REBROTA

1. Teores foliares de N, P, K, Ca e Mg na primeira rebrota

Tabela 6A – Resumo da análise de variância dos teores de N, P, K, Ca e Mg na folha +3 na primeira rebrota

Fonte de Variação	GL	N	P	K	Ca	Mg
		---------- Quadrado Médio ----------				
Bloco	3	3,415803	0,003761	1,666636	0,336571	0,004286
Cultivar	7	2,072600	0,036021	5,373828**	1,119698*	0,208625**
Erro	21	0,957320	0,022950	1,052786	0,418252	0,049689
CV (%)		4,96	10,49	9,40	9,04	9,91
Média		1,97	0,14	1,09	0,72	0,23

** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

2. Acúmulo de nutrientes na matéria seca da primeira rebrota

Tabela 7A – Resumo da análise de variância do acúmulo de nitrogênio (AC. N), fósforo (AC. P), potássio (AC. K), cálcio (AC. Ca) e magnésio (AC. Mg) na matéria seca, no ciclo de primeira rebrota

Fonte de Variação	GL	AC. N	AC. P	AC. K	AC. Ca	AC. Mg
		---------- Quadrado Médio ----------				
Bloco	3	95,068661	0,562228	834,740446	12,406695	12,806503
Cultivar	7	816,563135**	7,278175**	6722,58659**	257,91763**	78,85869**
Erro	21	58,539778	0,603016	413,741215	33,897909	4,761267
CV (%)		7,20	3,23	10,30	11,58	8,96
Média		106,2	24,0	197,4	50,3	24,4

** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

3. Produção de biomassa na primeira rebrota

Tabela 8A – Resumo da análise de variância da produção de matéria fresca da parte aérea (MF), matéria seca da parte aérea (MS), tonelada de cana por hectare (TCH), tonelada de sacarose aparente por hectare (TPH), no ciclo de primeira rebrota

Fonte de Variação	GL	MF	MS	TCH	TPH
		---------- Quadrado Médio ----------			
Bloco	3	35,283820	7107509,833333	11,060013	0,375353
Cultivar	7	448,677235**	49572705,0E6**	296,276970**	7,603528**
Erro	21	54,764058	4701854,261905	46,808736	1,274908
CV (%)		7,52	7,79	8,65	9,62
Média		98,4	27,8	79,1	11,7

** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

4. Qualidade do caldo na primeira rebrota

Tabela 9A – Resumo da análise de variância dos sólidos solúveis (BRIX), sacarose aparente (PCC), pureza (PR) e fibra (FB), no ciclo de primeira rebrota

Fonte de Variação	GL	^{o}Brix	PCC	PR	FB
		---------- Quadrado Médio ----------			
Bloco	3	0,863646	0,122103	0,879437	1,346738
Cultivar	7	1,082098	0,926475	6,461720	0,940041*
Erro	21	0,465313	0,492732	6,144440	0,282618
CV (%)		3,49	4,73	2,83	5,76
Média		19,6	14,8	87,5	9,2

** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

5. Eficiência de utilização de nutrientes para produção de sacarose aparente na primeira rebrota

Tabela 10A – Resumo da análise de variância para eficiência nutricional de nitrogênio (CUBNTPH), fósforo (CUBPTPH), potássio (CUBKTPH), cálcio (CUBCaTPH) e magnésio (CUBMgTPH), para produção de sacarose aparente pela primeira rebrota

Fonte de Variação	GL	CUBNTPH	CUBPTPH	CUBKTPH	CUBCaTPH	CUBMgTPH
		---------- Quadrado Médio ----------				
Bloco	3	0,000273	0,001134	0,000117	0,001110	0,008877
Cultivar	7	0,000538*	0,010880**	0,000758**	0,002952	0,029689**
Erro	21	0,000187	0,002248	0,000063	0,001284	0,006718
CV (%)		12,22	9,70	12,78	15,04	16,46
Média		0,112	0,489	0,062	0,238	0,498

** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo