

EMÍDIO CANTÍDIO ALMEIDA DE OLIVEIRA

DINÂMICA DE NUTRIENTES NA CANA-DE-AÇÚCAR EM
SISTEMA IRRIGADO DE PRODUÇÃO

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

RECIFE
PERNAMBUCO - BRASIL
JANEIRO - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

O48d Oliveira, Emídio Cantídio Almeida de
Dinâmica de nutrientes na cana-de-açúcar em sistema ir -
rigado de produção / Emídio Cantídio Ameida de Oliveira.
-- 2008.
73 f. il.

Orientador : Fernando José Freire
Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento
de Agronomia.
Inclui apêndice e bibliografia.

CDD 631. 81

1. Nutriente mineral
 2. Cana-de-açúcar
 3. Crescimento
 4. Extração
- I. Freire, Fernando José
 - II. Título

EMÍDIO CANTÍDIO ALMEIDA DE OLIVEIRA

DINÂMICA DE NUTRIENTES NA CANA-DE-AÇÚCAR EM
SISTEMA IRRIGADO DE PRODUÇÃO

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

Orientador:

Fernando José Freire, D. Sc.

Conselheiros:

Gilson Moura Filho, D.Sc.

Mario de Andrade Lira Júnior, PhD.

RECIFE
PERNAMBUCO - BRASIL
JANEIRO – 2008

Ao meu pai, Emídio
À minha mãe, Edelnora
DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de realização profissional.

Aos meus pais pelo amor fraternal e incentivo na minha formação como Engenheiro Agrônomo.

A minha família pela educação, carinho, amizade e motivação na minha formação profissional.

A minha noiva Maria Gabriela Botelho, pela dedicação, companheirismo e incentivo na continuação de minha carreira acadêmica.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela formação e firmamento da vida acadêmica.

Ao professor Fernando José Freire pela orientação, confiança, amizade e apoio para realização e finalização deste trabalho.

Aos Professores Gilson Moura Filho e Mário de Andrade Lira Júnior pelo apoio na condução e finalização deste trabalho.

À Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina, e principalmente ao Eng^o Agrônomo Djalma Euzébio Simões Neto, pelo apoio e parceria na realização das atividades de pesquisa e em campo.

Ao corpo técnico da Usina Petribu pela amizade e apoio na realização das atividades de campo e laboratoriais.

Às estagiárias Bruna Marcela, Carla Costa, Janaina Monte, Ruthanna Isabele, pela amizade, companheirismo e dedicação nas atividades acadêmicas e realização deste trabalho.

Aos estagiários do curso de agronomia e do CODAI pela dedicação e companheirismo durante as atividades deste trabalho.

Aos amigos Alexandre Campelo, Alexandre Rocha e Eduardo Saldanha, pela bela amizade e formação acadêmica.

Aos colegas de curso José de Almeida , Moacyr e Eriberto pela convivência e amizade.

Aos Funcionários da UFRPE, Maria do Socorro, Severino (Sr. Noca) pelo carinho e apoio.

OBRIGADO.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE QUADROS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
I. Variedades de cana-de-açúcar.....	3
II. Crescimento da cana-de-açúcar.....	5
III. Produção de massa seca.....	9
IV. Nutrição de cana-de-açúcar.....	9
V. Acúmulo de nutrientes na parte área da cana-de-açúcar.....	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
I. Caracterização do ambiente experimental.....	15
II. Caracterização das variedades de cana-de-açúcar.....	18
III. Tratamentos.....	21
IV. Práticas culturais e condução do experimento.....	22
V. Avaliações experimentais.....	23
i. Crescimento.....	23
ii. Variáveis de produção.....	23
iii. Variáveis agroindustriais.....	24
VI. Análises químicas	24
VII. Avaliações estatísticas	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
I. Perfilhamento.....	26
II. Crescimento do Colmo.....	29
III. Produção de massa seca.....	34
IV. Teores de nutrientes no colmo em função do tempo.....	40
V. Extração de nutrientes.....	45
i. Nitrogênio.....	45
ii. Fósforo.....	48
iii. Potássio.....	49
iv. Cálcio.....	50
v. Magnésio.....	50
VI. Eficiência de utilização de nutrientes.....	51
VII. Dinâmica da extração de nutrientes por componente da parte aérea cana-de-açúcar.....	54
VIII. Exportação de nutrientes pela cana de açúcar.....	57
IX. Produção agrícola e aspectos tecnológicos em cana-de-açúcar.....	59
CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS	64

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Dados de precipitação e temperatura durante a condução do experimento.....	15
2 Densidade média de plantas por metro linear de diferentes variedades de cana-de-açúcar (Scott-Knott, a 5% de probabilidade).....	27
3 Densidade média de plantas por metro linear em função do tempo em diferentes variedades de cana-de-açúcar de maturação precoce (A) e maturação média a tardia (B).....	28
4 Altura do colmo (A) e diâmetro do colmo (B) em diferentes variedades de cana-de-açúcar (Scott-Knott, a 5% de probabilidade).....	29
5 Comportamento da altura do colmo e diâmetro do colmo em função do tempo em variedades de cana-de-açúcar com maturação precoce (A e C) e com maturação média a tardia (B e D).....	31
6 Acúmulo de massa seca total (colmo + folha + ponteiro) em diferentes variedades de cana-de-açúcar (Scott-Knott a 5% de probabilidade).....	34
7 Acúmulo de massa seca total (colmo + folha + ponteiro) em função do tempo, em diferentes variedades de cana-de-açúcar com maturação precoce (A) e com maturação média a tardia (B).....	35
8 Produção de massa seca do colmo e da (folha + ponteiro), em função do tempo em diferentes variedades de cana-de-açúcar de maturação precoce.....	37
9 Produção de matéria seca do colmo e da (folha + ponteiro), em função do tempo em diferentes variedades de cana-de-açúcar de maturação média a tardia.....	38
10 Teores de nitrogênio e Fósforo no colmo em função do tempo em variedades de cana-de-açúcar com maturação precoce (A e C) e com maturação média a tardia (B e D).....	41
11 Teores de Potássio e Cálcio no colmo em função do tempo em variedades de cana-de-açúcar com maturação precoce (A e C) e com maturação média a tardia (B e D).....	43
12 Teores de Magnésio no colmo em função do tempo em variedades de cana-de-açúcar com maturação precoce (A) e com maturação média a tardia (B).....	44
13 Eficiência na utilização de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em diferentes variedades de cana-de-açúcar.....	52
14 Extração média de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio por componente da parte área da cana-de-açúcar em função do tempo.....	55

LISTA DE QUADROS

	Página
1 Caracterização química e física do solo em três profundidades...	17
2 Estimativa da altura do colmo e diâmetro do colmo e numero de dias para atingir o crescimento máximo em diferentes variedades de cana-de-açúcar.....	33
3 Extração média de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio por componente da parte aérea em diferentes variedades de cana-de-açúcar.....	46
4 Extração e Exportação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em diferentes variedades de cana-de-açúcar.....	58
5 Produtividade agrícola, qualidade do caldo e produção de açúcares em diferentes variedades de cana-de-açúcar.....	60

RESUMO

Um dos principais investimentos do setor sucroalcooleiro são as inovações tecnológicas, buscando-se incrementos na produtividade dos canaviais, a exemplo do melhoramento genético da cana-de-açúcar que vem produzindo novas variedades, mais produtivas e edafo-climaticamente adaptadas. A capacidade produtiva dessas variedades, todavia, pode estar sendo subestimadas, devido à falta de pesquisas nas demais áreas que envolvem todo sistema de produção da cana-de-açúcar. Destacam-se, entre outras, aquelas que envolvem o conhecimento da capacidade de extração dos nutrientes pelas novas variedades liberadas. O objetivo deste trabalho foi estudar e avaliar a capacidade de extração e exportação dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg em onze variedades de cana-de-açúcar, relacionando o crescimento vegetativo e as características agroindustriais de cada variedade. O trabalho foi realizado em condições de campo em regime de irrigado, distribuído em delineamento experimental em blocos casualizados. Inicialmente foi estudado o efeito da irrigação no perfilhamento, crescimento e produção de massa seca em diferentes variedades de cana-de-açúcar. Como indicadores do desempenho das variedades foram analisadas a alocação de cada nutriente no colmo, folha e ponteiro em diferentes estádios de crescimento (120, 180, 240, 300 e 360 DAP). Nos parâmetros de crescimento, a RB92579 e SP81-3250 destacou-se com os maiores valores de perfilhamento e produção de massa seca. Por outro lado, a RB72454 apresentou as maiores médias de altura do colmo enquanto que para o diâmetro do colmo a RB867515 destacou-se entre as demais. Os teores de N, P, K, Ca e Mg no colmo foram decrescentes com o desenvolvimento da cultura. No acúmulo de nutrientes observou-se que a extração seguiu a ordem: $K > Ca > N > Mg > P$. Constatou-se que até os 120 DAP, a extração dos nutrientes N, P e K foi maior nas folhas, enquanto que a extração de Ca e Mg no colmo. Na eficiência de utilização dos nutrientes, as variedades apresentaram diferentes respostas a eficiência. Para N a RB863129 foi a mais eficiente, para P e K foi a RB92579 e para Ca e Mg a SP79-1011. As variedades RB763710, SP81-3250 e RB92579 foram as que apresentaram as maiores produtividades agrícolas. Quanto aos aspectos tecnológicos, as RB72454 e RB763710 apresentaram os menores valores de BRIX, PC, POL e ATR.

ABSTRACT

One of the main investments in the alcohol and sugar sector is the technological innovations searching for increments in the productivity of the sugar cane fields, as an example, the genetic improvement of the sugar cane producing new varieties more productive and environmentally adapted. The productive capacity of these varieties, however, may have being under estimated due to lack of research in the several areas that involve all the production system of the sugar cane. They are distinguished, among others, those that involve the knowledge of the capacity of extraction of the nutrients for the new introduced varieties. This project aimed to study and to evaluate the capacity of extraction and exportation of nutrients N, P, K, Ca and Mg in eleven varieties of sugar cane and to related the vegetative growth and the agro industrial characteristics of each variety. The work was carried out in a complete randomized block design and the plants were grown under irrigated conditions. Performance indicators of the varieties were analyzed to quantify the allocation of each nutrient in the stem, leaves and shoots, at different stages of growth (120, 180, 240, 300 and 360 DAP). In the growth parameters, the RB92579 and SP81-3250 was distinguished with the biggest values of tillering and production of dry matter. On the other hand, the RB72454 presented the largest stem length while for the diameter of the stem RB867515 highlighted are among the others. The concentration of N, P, K, Ca and Mg in the stem decreased with the development of the culture. The accumulation of nutrients showed that the extraction followed the order: $K > Ca > N > Mg > P$. It was observed that until the 120 DAP, the extraction of nutrients N, P and K it was bigger in the leaves, while the largest extraction of Ca and Mg occurred in the stem. The varieties had presented different answers for the efficiency of use of the different nutrients. Regarding to N the RB863129 was most efficient, for P and K it was the RB92579 and for Ca and Mg the SP79-1011. The varieties RB763710, SP81-3250 and RB92579 had been the ones that had presented the biggest agricultural productivities. As far as the technological aspects, RB72454 and RB763710 had presented the lesser values of BRIX, PC, POL and ART.

INTRODUÇÃO

O agronegócio sucroalcooleiro no Brasil movimentava cerca de R\$ 41 bilhões por ano, com faturamentos diretos e indiretos, o que corresponde a, aproximadamente, 3,65% do PIB nacional, além de ser um dos setores que mais empregam no país (JORNAL CANA, 2008).

Na safra 2006/2007, a moagem de 430 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, produziu 30 milhões de toneladas de açúcar e 17,5 bilhões de litros de álcool, gerando ao Brasil cerca de US\$ 8,5 bilhões em divisas com as exportações de 19 milhões de toneladas de açúcar e 3 bilhões de litros de álcool. Atualmente, o parque sucroalcooleiro nacional possui 344 usinas e destilarias em atividade, e ainda conta com projetos em fase de implantação (JORNAL CANA, 2008).

A produção de cana-de-açúcar na região Norte-Nordeste está estimada em 61,61 milhões de toneladas, o que representa 12,75% da produção nacional, com uma área cultivada de 1,22 milhões de hectares, o que corresponde a 17,63% da área plantada no país. Da produção estimada, 36,13 milhões serão destinados à fabricação de açúcar e 25,45 milhões à fabricação de álcool. Desta forma, serão produzidas 4,60 milhões de toneladas de açúcar, o que corresponde a 15,5% da produção nacional mais e 2 bilhões de litros de álcool, que representa 9,6% da produção do país (CONAB, 2007).

Segunda economia do Nordeste, Pernambuco tem um PIB da ordem de R\$ 17 bilhões (2,6% do PIB nacional). O cultivo da cana-de-açúcar no estado de Pernambuco é considerado 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. A área plantada na safra 2007/2008 é estimada em mais de 371,5 mil hectares plantados, o que deverá produzir 21,14 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, sendo 11,8% superior a safra 2006/2007. Do total de cana-de-açúcar destinada ao setor sucroalcooleiro, Pernambuco participará com 3,71% (17,61 milhões de toneladas), cuja destinação final é a produção para atender o consumo nacional e de exportação (CONAB, 2007).

A pesquisa tecnológica para suporte do setor sucroalcooleiro nacional, antes realizado pelo Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (PLANAUSUCAR), hoje está sendo de responsabilidade da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento Sucroalcooleiro (RIDESA), fundada pelas Universidades Federais e que tem como foco, a pesquisa no Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar (PMGCA). A ridesa já introduziu cerca de 17 cultivares para as Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul e 13 para as Regiões Norte e Nordeste.

O foco marcante da seleção de novas variedades está restrito a capacidade de adaptação edafo-climática e características agroindustriais. Estudos de fertilidade de solo e, principalmente, nutrição de plantas, são objetos de estudo esporádicos com pouca ênfase e sistematização. Neste aspecto, pesquisas que possam atuar na identificação do potencial de extração e alocação dos nutrientes pela cana-de-açúcar durante o ciclo da planta, poderão direcionar novos métodos e formas de adubação mais eficazes. A determinação da capacidade produtiva de cada variedade, aliada com o conhecimento das exigências nutricionais, levarão a um melhor aproveitamento de cada insumo adicionado ao sistema solo-planta, convertendo em adubações com menos desperdícios e economicamente viáveis.

Diante do exposto, a presente pesquisa, teve como objetivo avaliar a dinâmica de nutrientes da cultura da cana-de-açúcar em um Argissolo Amarelo distrófico da Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco, submetido ao regime de irrigação plena. Foi monitorado o crescimento e a capacidade de extração e exportação de macronutrientes por onze variedades de cana-planta, identificando a distribuição e acumulação dos nutrientes em diferentes estágios de desenvolvimento. Buscando desta forma, avaliar a eficiência nutricional das diferentes variedades, com intuito de levantar dados de pesquisa que sirvam de parâmetros para futuros estudos de adubação e nutrição da cana-de-açúcar.

REVISÃO DE LITERATURA

I. Variedades de cana-de-açúcar

O melhoramento genético da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) tem início com a escolha dos parentais e obtenção de sementes pela hibridação, mediante a qual se busca ampliar a variabilidade genética. A progênie obtida passa por sucessivas seleções, visando-se isolar os fenótipos desejados, os quais, levados à experimentação em ensaios regionais, possibilitam a indicação de novas variedades comerciais.

Nos últimos anos houve um enorme avanço no melhoramento genético de variedades de cana-de-açúcar, utilizando-se inclusive ferramenta da biotecnologia, permitindo o desenvolvimento de plantas adaptadas as mais variadas condições climáticas, potencialmente produtivas e com resistência a pragas e doenças (SILVA et al. 1999). A necessidade de novas variedades deve-se à "vida" relativamente curta dos cultivares mais utilizados (BRIEGER, 1978), em função do "declínio varietal" decorrente, sobretudo, da disseminação de doenças durante a propagação vegetativa. Dessa forma, recomenda-se a diversificação no plantio de variedades, estabelecendo-se grupos de cultivares com características semelhantes quanto ao uso agroindustrial.

Na busca por variedades mais produtivas e sua interação com o ambiente Landell et al. (1999), estudaram o comportamento de doze clones IAC originários de hibridações realizadas em 1982, quanto a parâmetros de produtividade agroindustrial (produtividades de cana e açúcar, POL% cana, fibra da cana, população de colmos e intensidade de florescimento) e as interações genótipo-ambiente, comparando com as variedades padrões SP70-1143, SP71-1406, IAC64-257 e RB765418 em um Latossolo Roxo na região de Ribeirão Preto (SP). Dentre os clones estudados IAC82 2045 apresentou o melhor desempenho, caracterizando-se como material de alta produtividade agrícola, boa riqueza em açúcar, com a maturação do meio para o final de safra, podendo ser incluído em novos estudos de manejo varietal em outras condições paulistas. O clone IAC82-2120 apresentou boa maturação entre os meses junho e outubro. Mostrando desta forma,

que o efeito do ambiente é significativo, onde cada genótipo tenderá resultados diferenciados em ambientes distintos.

Comparando diferentes genótipos (variedades comerciais e clones promissores) de cana de açúcar em um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) no Estado de Minas Gerais, Nascimento et al. (2002) constataram que as variedades RB845210 e a RB867515, dentre varias estudadas destacaram-se em todos os cortes, porém, devem ser colhidas em épocas distintas para o máximo percentual de acúmulo de sacarose (PC) ser atingido.

Historicamente, no Nordeste, o Estado de Pernambuco se destacou pelo pioneirismo na obtenção de novas variedades de cana-de-açúcar. Na década de 50, o Instituto Agrônomo do Nordeste (IANE) iniciou o programa de seleção de variedades com a introdução de clones CB (Campos, Brasil), que resultou na liberação da variedade CB45-3, expressivamente cultivada em todo Nordeste (JUNQUEIRA e DANTAS, 1964). Na década de 80, foram liberadas as primeiras variedades RBs, pelo PLANAUSULCAR, adaptadas as condições edafo-climáticas de Pernambuco, como as RB72454, RB732577 e RB754665.

Trabalho realizado por Simões et al. (2002), mostrou que onze dos dezesseis clones RBs adaptados as condições ambientais dos tabuleiros costeiros de Pernambuco superaram a média das cultivares padrão, localmente cultivadas quanto a produtividade em tonelada de cana por hectare (TCH).

Soares et al. (2002), ao estimarem a rentabilidade, de vinte e seis variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas no Estado de Alagoas, para as características agroindustriais constataram que apenas as variedades RB92579, RB93509 e RB933103, seriam as mais promissoras quanto a TCH e TPH, obtendo-se assim confiabilidade na seleção de genótipos superiores.

Em síntese, o melhoramento genético de cana-de-açúcar vem se tornando um dos principais instrumentos na melhoria da quantidade e qualidade da cana-de-açúcar produzida nos solos brasileiros, aumentando a rentabilidade das agroindústrias de açúcar e álcool do Estado.

II. Crescimento da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é cultivada numa ampla faixa de latitude, desde cerca de 35° N a 30° S e em altitudes que variam desde o nível do mar até 1.000 metros. A diversidade ambiental dessa ampla faixa de cultivo promove o crescimento e produções distintas devido a variabilidade dos fatores edafo-climáticos.

A precipitação pluvial, temperatura, umidade relativa e insolação são condicionantes climáticos importantes na determinação da disponibilidade hídrica e térmica para a cultura. Estes fatores têm efeito direto no comportamento fisiológico da cultura em relação ao metabolismo de crescimento e desenvolvimento dos colmos, florescimento, maturação e produtividade.

Semelhantemente o solo como suporte essencial ao desenvolvimento dos vegetais, tem nos seus atributos físicos, químicos e microbiológicos extrema relevância a essa cultura quanto ao fornecimento de nutrientes e água.

De acordo com Barbosa (2005) a cana-de-açúcar em função do seu ciclo perene sofre a influência das variações climáticas durante todo o ano. Para atingir alta produção de sacarose a planta precisa de temperatura e umidade adequadas, permitindo assim, o máximo crescimento na fase vegetativa, seguido de restrição hídrica ou térmica para favorecer o acúmulo de sacarose no colmo, próximo ao corte. A cana-de-açúcar encontra suas melhores condições quando ocorre um período quente e úmido, com intensa radiação solar durante a fase de crescimento, seguida de um período seco durante as fases de maturação e colheita. No Brasil, em função da sua extensão territorial, existem as mais variadas condições climáticas e, possivelmente, é o único país com duas épocas de colheita anual - de setembro a abril no Norte e Nordeste e de maio a dezembro no Centro-Sul - correspondendo as épocas secas dessas regiões (ALFONSI et al., 1987).

A temperatura exerce influencia marcante no desenvolvimento da cana-de-açúcar. Segundo Barbieri et al. (1979), temperaturas do ar abaixo de 20° C limitam o crescimento da planta a níveis praticamente nulos. Para a germinação a temperatura de base é de 21 °C, tendo seu ponto ótimo em torno de 32°C.

Fauconier e Bassereau (1975), descrevem que o crescimento da cana é máximo no intervalo de temperatura entre 30 e 34 °C, lento abaixo de 25 °C e acima de 35 °C e cessa acima de 38 °C.

Delgado e César (1977) relatam que é necessário que haja uma deficiência térmica ou hídrica para que a cana-de-açúcar entre em maturação, caso contrário ela permanece vegetando com mínima acumulação de sacarose.

Para Afonsi et al. (1987), a luz é um fator da maior importância para a cana-de-açúcar, devido à alta eficiência fotossintética da cultura, por se tratar de uma planta C4, quanto maior for a intensidade luminosa, mais fotossíntese será realizada.

Silva Júnior (2001), relatou que a luz não influi na germinação. Já o perfilhamento é favorecido por alta intensidade luminosa, o número de brotos vivos depende da quantidade de luz incidente, o teor de sacarose no caldo é diretamente influenciado pela quantidade de luz; e o crescimento do colmo aumenta para dias de comprimento entre 10 a 14 horas e diminui em condições de fotoperíodos longos de 16 a 18 horas.

A cana-de-açúcar é uma planta C4, apresentando altas taxas fotossintéticas, o que redundando em alta eficiência de conversão de energia radiante em energia química. A relação entre taxa de fotossíntese por unidade de área foliar e por unidade de superfície de terreno com a produtividade, ainda depende de melhor entendimento dos aspectos fisiológicos relacionados a transporte e acumulação dos metabólitos, principalmente a sacarose. Para isso, estudos sobre as relações entre a eficiência dos sítios de produção (folhas) e dos sítios de acumulação (colmos) durante o crescimento da cultura devem ser realizados para serem relacionados com aspectos climáticos, principalmente no que se refere à captura da radiação pela planta (MAGALHÃES, 1979).

Segundo Doorenbos e Kassan (1979) os períodos de desenvolvimento da cana-de-açúcar são: estabelecimento em período vegetativo, formação da colheita e maturação.

A análise de crescimento permite avaliar o desenvolvimento final da planta, integralmente, e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total. A partir dos dados de crescimento pode-se inferir na atividade fisiológica, isto é, estimar-se de forma bastante precisa, as causas de variações de

crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas crescendo em ambientes diferentes (BENINCASA, 1988).

A análise de desenvolvimento da cana-de-açúcar tem permitido avaliar os efeitos de diferentes formas de adubação, tratos culturais e expressão genética. Em um contexto mais geral pode ser estudada a produtividade de culturas em diferentes sistemas de produção. Esta análise do crescimento é realizada por meio de avaliações seqüenciais do acúmulo de fitomassa ou de índices fisiológicos dela obtidos (GAVA et al., 2001).

Sob o ponto de vista agrônômico, a análise de crescimento é considerada, como um estudo importante para conhecer as diferenças funcionais e estruturais entre cultivares de uma mesma espécie. Pode ainda ser usada para investigar a adaptação ecológica de cultivares a novos ambientes e o potencial produtivo destes, de forma a poder selecioná-los para melhor atender aos seus objetivos (PEREIRA e MACHADO, 1986; BENINCASA, 1988).

Segundo Portes e Castro (1991) pode-se estimar índices fisiológicos que demonstram a evolução da cultura em intervalos de tempo regulares, como: taxa instantânea de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida ou aparente (TAL), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), duração de área foliar (DAF), índice de área foliar (IAF), que são gerados a partir de dados de área foliar (AF), massa seca (MS) em relação ao tempo (t).

Benincasa (1988) mostra que estes índices podem ser obtidos em diferentes tipos de análise de crescimento: (a) linear, que compreende a análise da altura da planta, comprimento do colmo, comprimento e largura das folhas e diâmetro do colmo; (b) superficial, relacionada à determinação da superfície fotossintética; (c) peso e número de unidades estruturais, que são as determinações do número de colmos ou perfilhos e (d) peso, representado pela produção que é resultado da pesagem dos mesmos.

O perfilhamento é o processo de emissão de colmos ou hastes por uma mesma planta, os quais por sua vez recebem a denominação de perfilhos. Ele ocorre a partir da porção subterrânea e varia de espécie para espécie, cultivares dentro de uma mesma espécie, e manejo cultural.

A intensidade do perfilhamento é variável entre as diferentes variedades, sendo que a posição ereta ou mais inclinada da base dos colmos também é

característica do cultivar, podendo ser afetada pela profundidade de plantio. As gemas dos toletes produzem os colmos primários, cujas gemas desenvolvem colmos secundários e esses os terciários, sendo que os secundários e terciários podem se apresentar mais desenvolvidos (CASTRO, 2000).

O perfilhamento pode ocorrer até quatro meses após o plantio (10 a 20 perfilhos), sendo que, posteriormente, verifica-se decréscimo no número de brotações, em virtude da competição natural. Cultivares de maior perfilhamento produzem geralmente colmos mais finos. Cultivares de baixo perfilhamento devem ser plantados com menor espaçamento, para aumentar o número de colmos industrializáveis por área.

Segundo Castro (2000) a velocidade da emergência da brotação do tolete depende do cultivar (emergência rápida ou lenta), do estado nutricional do tolete (dimensão do entrenó), da umidade no tolete, no solo e no ar, da temperatura (ótimas entre 34 e 37°C, limitantes abaixo de 21°C e acima de 44°C), e da aeração do solo (compactação e drenagem deficientes levam à falta de oxigênio para a respiração dos tecidos e das raízes).

A baixa luminosidade tende a reduzir o perfilhamento da planta. Christoffoleti (1986) relata que plantas que foram deixadas em casa de vegetação, com baixa luminosidade, apresentaram perfilhos mortos, o que não ocorreu quando a mesma variedade foi plantada em ambiente com luminosidade maior.

O perfilhamento também aumenta com o aumento da temperatura até o máximo ao redor de 30 °C (CASAGRANDE, 1991). Por outro lado, os nutrientes mais necessários para bom perfilhamento são o N e o P (DILLEWIJ, 1952, MALAVOLTA et. al., 1967 e CLEMENTS, 1980).

Machado (1987) comenta que a mortalidade dos colmos coincide com o período em que índice de área foliar - IAF aumenta rapidamente sugerindo, que além da competição por água e nutrientes, o sombreamento é um dos fatores mais importantes na determinação deste comportamento.

Tokeshi (1986) verificou, que é importante ressaltar que na curva de perfilhamento da cana-de-açúcar o seu ponto máximo ocorre, em geral, entre quatro e seis meses em cana planta. Quando os perfilhos maiores atingem em torno de 50 cm de altura do colarinho da folha +1, inicia-se a concorrência por luz, água e nutrientes dentro e entre plantas. A tendência é de estabilizar-se o número de perfilhos e mais tarde, com o crescimento dos colmos dominantes,

o seu número decresce com a eliminação dos mais fracos, doentes e mal posicionados.

III. Produção de massa seca

Machado et al. (1982) consideram, que o acúmulo de massa seca em cana apresenta curva sigmóide, podendo ser dividida em três fases: a) fase inicial, na qual o crescimento é relativamente lento, entre o plantio e 200 dias após plantio - DAP, b) fase de crescimento rápido, entre 200 e 400 DAP, na qual 70 a 80% de toda massa seca é acumulada, e c) fase em que o crescimento torna a ser lento, entre 400 e 500 DAP, responsável pela acumulação cerca de 10% de massa seca. Este padrão de crescimento é característico para diversos cultivares, locais e ciclos de cultivos (9 a 18 meses), variando apenas a duração de cada fase, em razão das variações do ambiente e das características varietais.

Alvarez et. al. (2000), trabalhando com cana-soca de primeiro e segundo ano de rebrota, observaram quanto as curvas de crescimento da massa seca nos colmos que no primeiro ano após um crescimento lento inicial, ocorreu um crescimento contínuo acelerado até 399 DAC. No segundo ano de rebrota, ocorreram três fases de crescimento: inicial lento; uma segunda fase de crescimento vegetativo acelerada, seguido de uma estabilização até o final do ciclo (344 DAC).

IV. Nutrição de cana-de-açúcar

A absorção dos nutrientes pelas plantas é um processo ativo, que requer energia para acumular os elementos essenciais nos tecidos da planta acima das concentrações encontradas na solução do solo (EPSTEIN e BLOOM, 2006). O transporte dos íons através da membrana plasmática é baseado em uma liberação dos prótons que resulta em diferença de gradiente de concentração gerando os potenciais químicos e eletroquímicos, fazendo com que os nutrientes, através dos canais iônicos, carreadores e proteínas específicas sejam transportados para o interior das plantas.

A adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas culturais mais estudadas na cultura da cana-de-açúcar, visto que todos os estudos

sobre N apresentam resultados muito variáveis e muitas vezes até contraditórios (KORNDORFER et al., 2002). Segundo Orlando Filho (1983), na cana-de-açúcar, o N assume o papel principal no aumento do comprimento do colmo, fazendo com que a parede celular fique mais delgada, diminuindo a percentagem de fibra na planta. Korndorfer et al. (2002), ao compararem o efeito da adubação nitrogenada em sete variedades de cana-de-açúcar, em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo, constatou que os teores de fibras nas canas tratadas com N diminuiriam com o aumento do N.

Na maturação, o N em excesso, é a maior causa da baixa qualidade, em termos de conteúdo de sacarose. O excesso de N promove o crescimento vegetativo exagerado, o acúmulo desse açúcar nos vacúolos dos colmos. Experimentos realizados na Índia e Venezuela mostraram que o nitrogênio poderia ser aplicado dentro dos primeiros três meses, de uma cultura com doze, para atingir a máxima produção de sacarose (RODRIGUES, 1995).

O fósforo, por sua vez, é o nutriente que as plantas requerem em menor quantidade. Apesar de seu pequeno requerimento pelos vegetais, é um dos nutrientes aplicados em maiores quantidades nos solos brasileiros, face a sua baixa disponibilidade natural e afinidade com a fração mineral (argila) por este elemento, o que torna um dos fatores mais limitantes da produção em solos tropicais (RAIJ, 1991). Com isso, a adubação fosfatada passa a ser imprescindível para a obtenção de produções satisfatórias das diversas culturas.

Para que o fósforo seja absorvido pelas plantas, a taxa de influxo necessita ser maior do que a taxa de efluxo (perdas) (NOVAIS et al., 1999). Após absorvido pela cana-de-açúcar o fósforo participa nos processos metabólicos, concentrando-se principalmente nos centros de maior atividade, como regiões de crescimento e assimilação de carbono (colmos em crescimento, folhas novas), desta maneira quanto mais velhos os tecidos, menores teores de fósforo serão encontrados (DILLEWIJN, 1952).

Segundo Castro (2000), o fósforo é componente dos ácidos nucléicos e dos fosfolipídios, sendo que nas células das plantas sua presença é evidente nos compostos ricos em energia como ATP e GTP, o que explica sua grande

ocorrência em tecidos meristemáticos. A idéia de que os solos brasileiros, de maneira geral, fornecem quantidades suficientes de P para a cultura da cana-de-açúcar é corroborada por vários autores. Bittencourt (1978), por exemplo, afirmou que a cana-de-açúcar parece conseguir absorver P de outras formas consideradas não disponíveis, como aquelas que se encontram combinadas com o Al e Fe.

A necessidade de K pelas culturas é muito maior do que a de P, equiparando-se a demanda do N, quando se considera as quantidades desses três nutrientes para as plantas. O K, segundo Aquino et al., (1993), estimula a o perfilhamento, crescimento vegetativo e aumenta o teor de carboidratos, óleos, lipídeos e proteínas; promove o armazenamento de açúcar e amido; ajuda na fixação do nitrogênio; regula a utilização da água e aumenta a resistência à seca, geada e moléstias, constituindo-se elemento importante na fase de frutificação das plantas.

O K no solo encontra-se disponível para as plantas na forma trocável e solúvel, sendo absorvido pelas plantas na forma de K^+ . Nas culturas como a cana-de-açúcar esse elemento, atua no processo de assimilação do carbono e translocação de fotossintetizados (CLEMENTES, 1959). Quando encontrados em quantidades limitantes na folha da cana, Hartt e Burr (1967) constataram que as células-guarda dos estômatos permanecem fechadas diminuindo à intensidade da fixação fotossintética. Hartt (1929) verificou a importância do potássio na cana-de-açúcar, quando constatou elevação da porcentagem de açúcares redutores e diminuição da sacarose em canas com deficiência em K. Hauch e Dickinson, (1954), estudando plantas com deficiência de K comprovaram que a atividade hidrolítica da invertase é aumentada, promovendo maiores quantidades de açúcares redutores quando comparadas com a quantidade de sacarose.

Há relatos da influência direta e indireta do K, no transporte de sacarose em cana-de-açúcar. Indiretamente, a deficiência de K pode afetar o movimento de sacarose devido à sua influência no crescimento, fotossíntese ou teor de umidade. A teoria eletro-osmótica de Spanner, mostra claramente como a deficiência de K pode reduzir drasticamente a translocação de sacarose no floema. Assim, o movimento da sacarose da folha para o colmo, foi marcadamente diminuído pela deficiência de potássio. Este efeito foi detectado em folhas, com sintomas de deficiências ainda não visíveis ou com alterações

na atividade fotossintética. Severa deficiência de potássio produziu aumento na respiração foliar, diminuição na fotossíntese e na conversão de açúcares intermediários à sacarose, todos esses efeitos adicionados à restrição no transporte de açúcares (RODRIGUES, 1995).

A manutenção do turgor celular requer a presença do íon K, responsável pela abertura estomática, fundamental para a captação do CO₂. Logo, a deficiência de K leva ao fechamento dos estômatos, redução do fluxo CO₂ na folha restrição fotossintética e menor acúmulo de sacarose e matéria seca (CASTRO, 2000; RODRIGUES, 2005).

O Ca faz parte da parede das células vegetais em forma de pectato de Ca, dando estrutura as células e facilitando a absorção de água devido a sua função plasmolítica (ALVAREZ, 1975). O Ca é considerado um nutriente de pouca mobilidade no floema, desta forma os primeiros sintomas de deficiência ocorrem nas folhas mais velhas. Saldanha et al. (2002), ao estudarem a distribuição de Ca na variedade RB763710, observou o acúmulo deste elemento nas folhas senescentes.

De acordo com Alvarez (1975), nas plantas o Mg é encontrado em maior quantidade nos pontos de crescimento, principalmente nas moléculas de clorofilas. Cerca de 2,7% do peso molecular da clorofila são representados pelo Mg. Dentre outras funções, o Mg atua como ativador enzimático do metabolismo energético (enzimas respiratórias, ativadoras de aminoácidos e descarboxilase). Orlando Filho (1983), estudando a cultura da cana-de-açúcar, observou que a deficiência de Mg dar-se início com a morte do ápice nas folhas mais velhas e os colmos tornam-se curtos e de diâmetro reduzido. Saldanha et al. (2002), observou acúmulo de Mg nas folhas senescentes, mostrando, desta forma, que assim como o Ca esse elemento apresenta pouca mobilidade no floema.

V. Acúmulo de nutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar

Mais estudos precisam ser desenvolvidos com cana-de-açúcar enfocando a exigência nutricional e a exportação de nutrientes, especialmente nas variedades mais modernas, as quais sofreram significativa interferência genética através do melhoramento vegetal.

As exigências minerais da cultura da cana-de-açúcar, assim, como as quantidades de nutrientes removidas pela cultura, são conhecimentos fundamentais para o estudo da adubação, indicando a quantidade de nutrientes a serem fornecidos

O potencial de crescimento e de desenvolvimento da cana-de-açúcar é limitado pela habilidade da planta em absorver eficientemente nutrientes disponíveis do solo. Entretanto, as plantas cultivadas utilizam até menos da metade do fertilizante aplicado. Os nutrientes, quando solubilizados, podem ser lixiviados pelas águas superficiais e subterrâneas, permanecer adsorvido a superfície dos minerais ou serem perdidos para atmosfera.

A análise mineral de tecidos é utilizada basicamente para avaliar o estado nutricional das culturas. Quando empregada em complemento à análise do solo, constitui-se numa importante ferramenta de controle da nutrição mineral das plantas. Normalmente, a folha é a parte da planta utilizada na análise. Isto se deve pelo fato da folha apresentar uma alta atividade metabólica, refletindo, em sua composição, as mudanças nutricionais (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Por outro lado, a acumulação dos nutrientes em partes exportáveis da planta (que não retornarão ao solo), como o colmo da cana-de-açúcar permite estimar a quantidade de nutriente extraído pela planta o qual será necessário ser repostado para suprir uma futura necessidade nos próximos ciclos de cultivo. Prado et al. (2002), avaliando a exportação de nutrientes em cana-de-açúcar, constataram que após a adição do calcário e escória siderúrgica, aumentou a quantidade exportada dos nutrientes uma vez que houve um aumento de produtividade, promovendo um acréscimo na parte aérea da planta, relacionada com uma maior produção de colmos.

Coleti et al. (2002), estudando duas recentes variedades de cana-de-açúcar, RB835486 e SP81-3250, observaram que para a cana-planta, a ordem de extração dos nutrientes foi: $K > N > S > P > Mg > Ca$ e

na cana-soca e foi: $K > N > P > Mg > S > Ca$. Estes resultados não seguem a mesma linha dos encontrados por Orlando Filho et al. (1980), estudando as variedades Co419 e CB41-76, que determinaram a seguinte ordem de extração de nutrientes para cana-planta: $K > N > Ca > Mg > S > P$ e de: $K > N > S > Mg > Ca > P$ na cana soca. Podendo-se enfatizar, desta forma, que as plantas melhoradas geneticamente, tornaram-se mais seletivas a determinados nutrientes durante o seu ciclo de vida ou nos diferentes ambientes as quais foram introduzidas. Contudo trabalhos comparativos entre variedades em diferentes ambientes de cultivo, poderiam nortear essa afirmativa.

As medidas de taxa de crescimento e alocação dos nutrientes no decorrer do desenvolvimento fenológico da cultura da cana-de-açúcar permitem análise mais exata da alocação dos nutrientes entre as partes da cana-de-açúcar, contribuindo para o entendimento da capacidade produtiva das novas variedades liberadas nos diferentes ambientes das unidades sucroalcooleiras.

Para cana-soca, Moura Filho et al. (2006) verificaram que a extração total média por tonelada de colmo em três variedades de cana-de-açúcar foi de 0,83 kg de N, 0,20 kg de P, 1,08 kg de K, 0,24 Kg de Ca, 0,24 kg de Mg e 0,26 kg de S.

Barbosa et al. (2002), estudando o acúmulo e alocação de nutrientes N, P, K, Ca e Mg na variedade RB72454, durante todo o seu ciclo de produção, constatou que as maiores taxas de acúmulo de nutrientes ocorreu aos 332 e 370 DAP, com quantidades de 1,42; 0,75; 1,94; 0,84 e 0,51 $kg\ ha^{-1}\ dia^{-1}$ para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Para o N, as maiores taxas de acumulação foram encontradas aos 447 DAP com média de 1,45 $kg\ ha^{-1}\ dia^{-1}$.

MATERIAL E MÉTODOS

I. Caracterização do ambiente experimental

O estudo de diferentes variedades de cana-de-açúcar, quanto ao crescimento vegetativo e capacidade de extração e exportação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em função do tempo de cultivo, foi conduzido, no período de outubro de 2006 a outubro de 2007 (cultivo de verão), um experimento em área agrícola da Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina (EECAC), Unidade de Pesquisa da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no município de Carpina, na Zona da Mata Norte do Estado. De acordo com o sistema de Koppen, o clima dominante na região é o Ams; tropical chuvoso de monção com verão seco, com precipitação anual média inferior a 2.295,5 mm (KOFFLER et al., 1986), situada na latitude de 7°51'133"S e longitude de 35°14'102"W. A precipitação pluvial anual caracteriza-se por médias de 1.000 a 2.000 mm. Durante a condução do experimento os dados de precipitação acumulados foram de 1.732 mm e temperaturas média superiores a 25 °C (Figura 1).

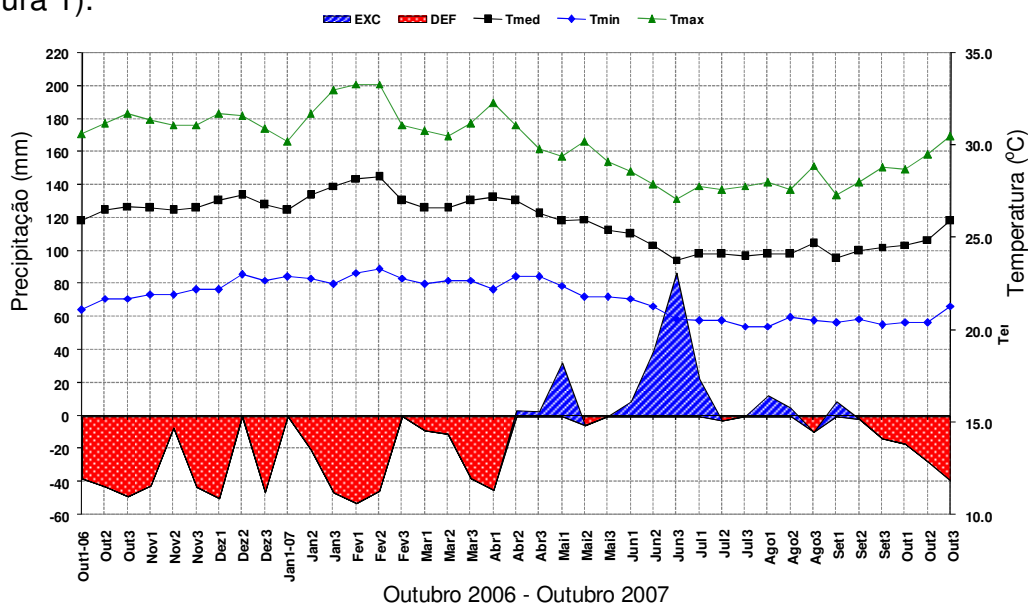


Figura 1. Dados de precipitação pluvial e temperatura média durante a condução do experimento.

O solo em que o experimento foi conduzido foi classificado como ARGISSOLO AMARELO Distrófico de textura franco-arenosa. A caracterização física e química do solo foi realizada em três profundidades ao longo do perfil nas camadas de 0-0,2, 0,2-0,4 e 0,4-0,6 m (Quadro 1). Fisicamente o solo foi caracterizado quanto a sua granulometria, densidade do solo, densidade das partículas, condutividade hidráulica, capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

Todas as análises físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da UFRPE e seguiram metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). Quimicamente os solos foram caracterizados pelo pH (H₂O), Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, (H+Al) e P. O Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ foram extraídos por KCl 1,0 mol L⁻¹; o P e o K por Mehlich-1; e o (H+Al) por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, conforme EMBRAPA (1997). O Ca²⁺ e o Mg²⁺ foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o K⁺ por fotometria de chama, o P por colorimetria e o Al³⁺ e o (H+Al) por titulometria.

Quadro 1. Caracterização química e física do solo em três profundidades

CARACTERÍSTICA	PROFUNDIDADE		
	0 - 0,2 m	0,2 – 0,4 m	0,4 – 0,6 m
pH (H₂O 1:2,5)	5,40	5,20	5,00
H+Al (cmol_c dm⁻³)	6,40	6,80	6,80
Al³⁺ (cmol_c dm⁻³)	0,20	0,50	0,70
Ca²⁺ (cmol_c dm⁻³)	1,60	1,00	0,75
Mg²⁺ (cmol_c dm⁻³)	1,20	0,50	0,50
K⁺ (cmol_c dm⁻³)	0,07	0,05	0,03
Na⁺ (cmol_c dm⁻³)	0,06	0,15	0,12
SB⁽¹⁾ (cmol_c dm⁻³)	2,93	1,70	1,40
T⁽²⁾ (cmol_c dm⁻³)	9,33	8,50	8,20
t⁽³⁾ (cmol_c dm⁻³)	3,13	2,20	2,68
P (mg dm⁻³)	8,00	7,00	6,00
Ca/Mg	1,30	2,00	2,00
Ca/K	22,85	20,00	25,00
V⁽⁴⁾ (%)	31,40	20,00	17,07
m⁽⁵⁾ (%)	6,38	22,72	26,1
Areia (g kg⁻¹)	769,4	689,4	661,0
Silte (g kg⁻¹)	61,4	46,4	54,8
Argila (g kg⁻¹)	169,2	264,2	284,2
Ds⁽⁶⁾ (Mg m⁻³)	1,44	1,36	1,39
Dp⁽⁷⁾ (Mg m⁻³)	2,47	2,41	2,39
Θ_{cc}⁽⁸⁾ (m⁻³ m⁻³)	0,15	0,21	0,21
Θ_{pmp}⁽⁹⁾ (m⁻³ m⁻³)	0,083	0,11	0,14
Lamina útil (mm)⁽⁴⁾	7,4	9,7	7,3
Textura	Franco arenosa	Franco argilo arenosa	Franco argilo arenosa

⁽¹⁾ Soma de base; ⁽²⁾ Capacidade de troca de cátions potencial; ⁽³⁾ Capacidade de troca de cátions aparente; ⁽⁴⁾ Saturação por bases; ⁽⁵⁾ Saturação por alumínio; ⁽⁶⁾ densidade do solo; ⁽⁷⁾ Densidade das partículas; ⁽⁸⁾ Capacidade de campo; ⁽⁹⁾ Ponto de murcha permanente; ⁽⁴⁾ Lâmina útil calculada a partir de 50% da lâmina total.

II. Caracterização das variedades

Variedades de maturação precoce

SP79-1011

Características Agroindustriais: Apresenta produção agrícola e teor de sacarose alto, maturação precoce, período útil de industrialização (PUI) longo, teor de fibra e florescimento médios. Boa brotação na socaria seguido de um médio perfilhamento. Quanto aos tipos de solo essa variedade é pouco exigente em fertilidade. Seu plantio é recomendado em chãs e encostas do Litoral e Mata Norte, como também, na Mata Sul, bem como nos tabuleiros do Litoral Norte e Mata Norte de Pernambuco (ROCHA, 2007).

SP81-3250

Características Agroindustriais: Considerada de boa produtividade agrícola em cana-planta e soca, sendo pouco exigente nutricionalmente, com capacidade de adaptar-se a diferentes solos e climas. Características como: alto teor de sacarose, maturação precoce a média, longo período útil de industrialização (PUI) e teor de fibra alto, leva a recomendar essa variedade para os tabuleiros, as encostas mecanizáveis e chãs (GOMES, 2003).

RB863129

Características Agroindustriais: Apresenta ótima brotação na cana-planta, bom perfilhamento, e ótima brotação nas soqueiras, seguido de um bom fechamento de entrelinhas. Tolerante à seca, apresenta produção agrícola e teor de sacarose altos. Maturação precoce e período útil de industrialização (PUI) longo. Teor de fibra médio e florescimento baixo. Recomendada para cinco regiões edafoclimáticas canavieiras de Pernambuco em função da sua alta adaptabilidade, não apresentando restrições a ambientes de produção. Resistente a escaldadura das folhas e moderadamente resistente a Ferrugem (SIMÕES NETO et al., 2005).

RB872552

Características Agroindustriais: Em diversas condições de cultivo constata-se boa brotação na cana-planta e na soca, bom perfilhamento e fechamento de entrelinhas. Apresenta altas produtividades agrícolas e industriais e, conseqüentemente, elevada produção de açúcar por área, especialmente nos tabuleiros. Maturação precoce e PUI médio. Teor de fibra médio e florescimento baixo. Apresenta baixa exigência em fertilidade do solo. Intermediária a escaldadura das folhas e moderadamente resistente a ferrugem (SIMÕES NETO et al., 2005).

RB943365

Características Agroindustriais: Na cana-planta e na soca, os resultados de brotação, perfilhamento e fechamento de entrelinhas mostram-se bastantes satisfatórios. Com alta produtividade agrícola e industrial, esta variedade destaca-se na sua riqueza em açúcar para início de safra, caracterizado-a como de maturação precoce, sem florescimento e teor de fibra baixo. Por apresentar um PUI curto e exigência em fertilidade do solo, recomenda-se seu cultivo em aéreas de várzea ou fertirrigadas (SIMÕES NETO et al., 2005).

Variedades de maturação média a tardia

RB72454

Características Agroindustriais: Na cana-soca, apresenta boa brotação, com perfilhamento médio e bom fechamento de entrelinhas. Quanto à produtividade e teor de sacarose, os valores, normalmente, encontrados são considerados altos. Caracteriza-se por apresentar maturação tardia e teor de fibra e florescimento baixo. Resistente a escaldadura das folhas e a ferrugem e possui baixa exigência em fertilidade do solo (MATSUOKA, 1999).

RB763710

Características Agroindustriais: Apresenta excelente germinação, perfilhamento e brotação de soqueira que lhe garante alta produtividade agrícola em qualquer tipo de solo. Possui médio teor de sacarose. Maturação e PUI médios, com grande adaptação a solos de baixa fertilidade. Raramente floresce e despalha regularmente. Esta variedade é altamente resistente à ferrugem e ao carvão de cana-de-açúcar, sendo moderadamente suscetível à escaldadura das folhas. Por sua ampla adaptabilidade às diferentes condições de clima e solo, recomenda-se utilizá-la para cultivos em áreas onde as variedades mais ricas mostram fraco desempenho (MATSUOKA, 1999).

SP78-4764

Características Agroindustriais: Sua boa germinação, perfilhamento e brotação de socas, justificam sua elevada produtividade agrícola. Os teores de sacarose variando de médio a alto e, o médio teor de fibra encontrado no final da safra, indicam que essa variedade apresenta maturação de média/tardia. Dificilmente floresce, e se adapta a solos de baixa fertilidade natural. É altamente resistente à ferrugem da cana-de-açúcar e intermediária à escaldadura das folhas. A variedade é recomendada para cultivo na região edafoclimática do Litoral Sul, com cultivo apresentando bons resultados nas condições de chãs e encostas, mecanizáveis ou não, do Litoral Norte, Litoral Sul e Mata Sul, bem como nos tabuleiros do Litoral Norte (ROCHA, 2007).

RB813804

Características Agroindustriais: Excelente germinação, porém mediana perfilhação em cana-planta. Entretanto, tem alta produtividade agrícola, principalmente, pela boa brotação das socas. Alto teor de sacarose, médio teor de fibra e longo PUI caracterizam a boa performance da variedade, que despalha regularmente, e, além disso, apresenta florescimento nas áreas onde é recomendado seu cultivo. É uma variedade altamente resistente à ferrugem da cana-de-açúcar e, moderadamente, suscetível à escaldadura das folhas. Foi liberada pela EECAC para cultivo na região edafo-climática do litoral

Norte, podendo ser multiplicada na Mata Sul e, também, em áreas úmidas da Mata Norte (MATSUOKA, 1999).

RB867515

Características Agroindustriais: Em função da sua rápida velocidade de crescimento, esta variedade tem se destacado com boa brotação na cana-planta e na soca, perfilhamento médio e bom fechamento de entrelinhas, Produção agrícola e teor de sacarose altos, PUI médio, fibra média e maturação tardia. Por apresentar florescimento acima da média, recomenda-se o seu cultivo nos plantios de verão, para colheita no final da safra, podendo ser direcionada para locais de baixa fertilidade do solo (SIMÕES NETO et al., 2005).

RB92579

Características Agroindustriais: Características como alta brotação, alto perfilhamento em cana-planta e soca, proporcionam um bom fechamento de entrelinhas. Considerada de maturação média, esta variedade apresenta no meio de safra, alta produtividade agrícola e teor de sacarose alto, com longo PUI, e médio teor de fibra. Não apresenta restrição a ambiente de produção. Intermediária a escaldadura das folhas e resistente a ferrugem (SIMÕES NETO et al., 2005).

III. Tratamentos

Os tratamentos consistiram de onze variedades de cana-de-açúcar, identificadas quanto ao estágio de maturação (RODRIGUES, 1995). Cinco variedades SP79-1011, SP81-3250, RB863129, RB872552, RB943365 foram consideradas como de maturação precoce, enquanto que seis variedades RB72454, RB763710, SP78-4764, RB813804, RB867515, RB92579 foram utilizadas como de maturação média a tardia. Essas variedades foram avaliadas em cinco períodos de cultivo: 120, 180, 240, 300 e 360 dias após o plantio (DAP), em amostragens destrutivas. Cada tratamento foi composto por quatro repetições, perfazendo um total de 44 parcelas experimentais, distribuídas em um delineamento experimental de blocos ao acaso.

Cada parcela foi constituída de cinco linhas de cana-de-açúcar, espaçadas de 1,10 m entre si, com dez metros de comprimento, perfazendo uma área total de 44 m². A área útil da parcela constou das três linhas centrais, com oito metros de comprimento. Na avaliação do material vegetal destrutivo, tomou-se uma sub-parcela para amostragem no tempo, composta pela primeira e quinta linha de cana-de-açúcar, com oito metros de comprimento.

IV. Práticas culturais e condução do experimento

O preparo do solo consistiu de gradagem para destruição dos restos culturais, seguida da abertura dos sulcos de plantio. Para suprir a carência de Ca e Mg e elevar o pH do solo, aplicou-se calcário dolomítico na dose de 465 kg ha⁻¹. Para calcular a quantidade de calcário, utilizou-se o método da neutralização do alumínio trocável ou elevação dos teores trocáveis de Ca e Mg (CAVALCANTI et al., 1998), considerando-se como nível crítico de (Ca + Mg) o valor de 3,0 cmol_c dm⁻³.

Para a definição da adubação utilizada no experimento, tomou-se como base o manual de recomendação de adubos e corretivos para o Estado de Pernambuco (CAVALCANTI et al., 1998). Como o experimento foi irrigado, realizou-se a adubação aplicando-se no fundo do sulco de plantio: 30 kg ha⁻¹ de N; 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅; e 70 kg ha⁻¹ de K₂O. Aos 90 DAP realizou-se adubação de cobertura aplicando-se 50 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de K₂O nas linhas de cana-de-açúcar, seguida de incorporação manual. Desta forma, o total de nutrientes aplicados foram 80 kg ha⁻¹ de N; 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅; e 120 kg ha⁻¹ de K₂O.

O plantio foi realizado manualmente, onde os colmos foram repartidos, deixando três gemas por rebole. Os mesmos foram distribuídos dentro dos sulcos de plantio, de modo que, atingisse 18 gemas por metro linear.

O estudo foi implantado sob condições de irrigação plena, até os 300 DAP, aplicando-se uma lâmina necessária para suprir a evapotranspiração da cultura.

A lâmina de irrigação foi determinada até 0,6 m, levando-se em consideração a precipitação e eficiência do sistema utilizado, como também, a evapotranspiração da cultura (ET_c e K_c da cana-de-açúcar)

(GOMES, 1994; BERNARDO et al., 2005). Esta prática fez com que houvesse maior controle e eficiência na quantidade de água aplicada na área experimental.

Com base nos dados obtidos na estação meteorológica da EECAC e nos resultados de capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) do solo (Quadro 1), foram determinados os intervalos de irrigação na área experimental. Para a irrigação foi utilizado o método de aspersão do tipo canhão móvel.

V. Avaliações experimentais

i. Crescimento

Para avaliação do crescimento da cana-de-açúcar, identificaram-se dez plantas nas três linhas centrais do cultivo, onde a partir dos 60 DAP, mensalmente foram coletados dados de altura do colmo e diâmetro do colmo. A altura do colmo foi mesurada com auxílio de uma fita métrica a partir do solo até o colarinho da folha (+1) e o diâmetro do colmo foi dimensionado utilizando um paquímetro no terço médio da planta. Também, nas três linhas centrais foi quantificado o perfilhamento médio das variedades, contando-se o número de plantas por metro durante os sete primeiros meses e, uma última avaliação aos 360 DAP.

ii. Variáveis de produção

A partir do quarto mês após o plantio foi coletada a parte aérea de oito plantas de cada variedade de cana-de-açúcar, onde a cada dois metros quatro plantas foram retiradas na primeira linha e outras quatro na quinta linha de cada parcela experimental.

A parte aérea da planta foi separada em ponteiro, folha e colmo. O ponteiro foi constituído das folhas (zero e -1) e do cartucho. Para as folhas, (folha + bainha) levou-se em consideração as folhas secas e verdes até a folha que apresentava o primeiro colarinho visível. Após a retirada do

ponteiro e das folhas, o restante foi considerado como colmo (RODRIGUES, 1995).

Os ponteiros, folhas e colmos, após serem separados, foram pesados para determinação da massa verde total. Em seguida, foram triturados em forrageira e retiradas subamostras para determinação da massa úmida. As subamostras foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante, para obtenção da massa seca. Levando em consideração a massa verde da planta e a umidade existente nas diferentes partes da planta, quantificou-se a produção de massa seca total.

iii. Variáveis agroindustriais

A produtividade agrícola em Toneladas de Colmo por Hectare (TCH) foi avaliada pesando-se os colmos das três linhas centrais, com auxílio de dinamômetro após a colheita. Em seguida, formou-se um feixe de dez colmos, que foram encaminhados ao Laboratório Agroindustrial da Usina Petribú e determinada as seguintes características industriais: Tonelada de POL por Hectare (TPH), Sólidos Solúveis Totais (BRIX), Açúcares Polarizáveis da Cana (PC), Açúcares Polarizáveis (POL), Açúcares Totais Recuperáveis (ATR), Fibra (%).

VI. Análises químicas

Após a obtenção da massa seca das folhas, ponteiros e colmos as subamostras foram passadas em moinho do tipo Willye e foram feitas as determinações de N, P, K, Ca e Mg. O N foi extraído por digestão sulfúrica e os demais nutrientes extraídos por digestão nitroperclórica (MALAVOLTA et al., 1989; MIYAZANA et al., 1992). Seguindo metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974), o N foi determinado por digestão-destilação (Kjeldahl), o P por colorimetria, o K por fotometria de chama e o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica.

A quantidade dos nutrientes extraídos pela planta foi quantificada, tomando-se como base, o total da matéria seca produzida e o teor do nutriente encontrado em cada parte da planta. O total do nutriente extraído foi o somatório de todas as partes. Os nutrientes extraídos e acumulados no colmo aos 360 DAP foram considerados como o montante exportado.

VII. Análises estatísticas

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância em parcela subdividida e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Nott ao nível de 5% de probabilidade. Para avaliar o comportamento dos nutrientes e das extrações nos diferentes tempos, realizou-se análise de regressão. Como critérios para escolha dos modelos de regressão foram escolhidos os que apresentaram significância dos parâmetros até 10% de probabilidade pelo teste de t e maior coeficiente de determinação ajustado. Para as análises foram utilizados os programas estatísticos SAEG (1999) e SAS (1999).

Resultados e Discussão

I. Perfilhamento

Avaliando os resultados encontrados para número médio de plantas por metro linear aos 360 DAP, foi possível observar que houve diferença estatística significativa entre as variedades de cana-de-açúcar (Figura 2). As variedades RB92579 e SP81-3250 apresentaram maiores números de perfilhos, com valores médios superiores a 15 plantas por metro linear. Enquanto que as demais variedades evidenciaram menores perfilhamentos, e mantiveram-se com valores inferiores a 14 plantas por metro linear. Esses resultados corroboram com os encontrados por Silva (2007), que observou maior perfilhamento na variedade RB92579 e menor perfilhamento na variedade RB72454. Outros pesquisadores (OLIVEIRA et al., 2004; BARBOSA, 2005; OLIVEIRA et al., 2007), também, encontraram menores médias de perfilhamento para variedade RB72454.

A alta densidade de perfilhos por metro linear encontrada neste estudo, muito superior à encontrada por outros pesquisadores (OLIVEIRA et al., 2004; ALMEIDA, 2006; SILVA, 2007) é explicada, possivelmente, pelas condições de alta umidade do solo e temperaturas ideais que ocorreram durante o experimento (Figura 1), favorecendo uma maior propagação vegetativa das plantas. As variedades de cana-de-açúcar foram cultivadas sob irrigação plena, onde o solo foi mantido em condições ideais de umidade. Adicionalmente, durante a fase experimental, observou-se temperaturas ideais para houvesse perfilhamento (Figura 1). Segundo Casagrande (1991), há aumento considerável de perfilhamento à medida que a temperatura do ar se eleva até em torno de 30 °C.

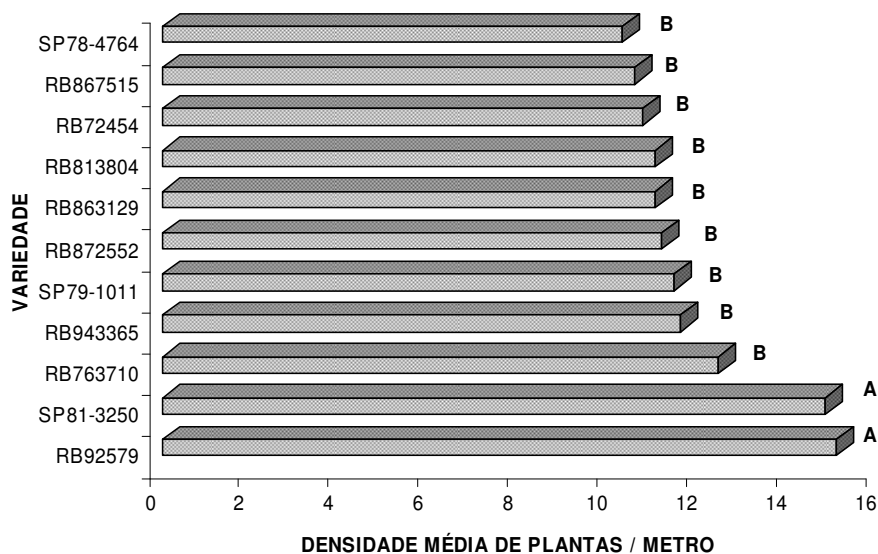


Figura 2. Densidade média de plantas por metro linear em diferentes variedades de cana-de-açúcar (Scott-Knott, a 5% de probabilidade).

Ao analisar-se o perfilhamento em função do tempo (Figura 3), observou-se diferença estatística significativa nas variedades durante as épocas avaliadas. Constatou-se que as variedades SP81-3250 (Figura 3A) e RB92579 (Figura 3B) independente do tempo, apresentaram os maiores valores de perfilhos por metro.

Nas variedades de maturação precoce, foi possível identificar que o perfilhamento máximo ocorreu aos 90 DAP, exceto para variedade SP81-3250 que aconteceu aos 60 DAP (Figura 3A). Nas variedades de maturação média a tardia, verificou-se que o perfilhamento máximo deu-se aos 60 DAP (Figura 3B), exceto para a RB72454 e SP78-4764 que apresentaram a máxima densidade média de plantas aos 90 DAP. Resultados diferentes aos encontrados nessa pesquisa foram obtidos por Oliveira et al. (2004) e Oliveira et al. (2007) que estudando o perfilhamento de três variedades de cana-de-açúcar, em condições de sequeiro, verificaram perfilhamento máximo na variedade RB72454 aos 180 e 230 DAP, respectivamente. Silva (2005A), trabalhando com as variedades RB72454 e SP81-3250, em cana-soca e sob irrigação plena no Estado de Alagoas, verificou que o perfilhamento máximo ocorreu aos 60 DAP. Assim, nas variedades em que o perfilhamento máximo foi observado as 60 DAP apresentaram, também, uma maior capacidade de formar a sua população de perfilhos, em menor espaço de tempo. Possivelmente, os maiores perfilhamentos aos 60 e 90 DAP encontrados nesta pesquisa foram influenciados pelas melhores condições de umidade do solo,

proporcionadas pela irrigação plena, como também, pelas temperaturas observadas durante a fase de perfilhamento (Figura 1). De acordo com Castro (2000) e Oliveira et al. (2004), o perfilhamento pode ocorrer até os quatro meses após o plantio e a partir desse período, inicia-se uma redução no número de perfilhos.

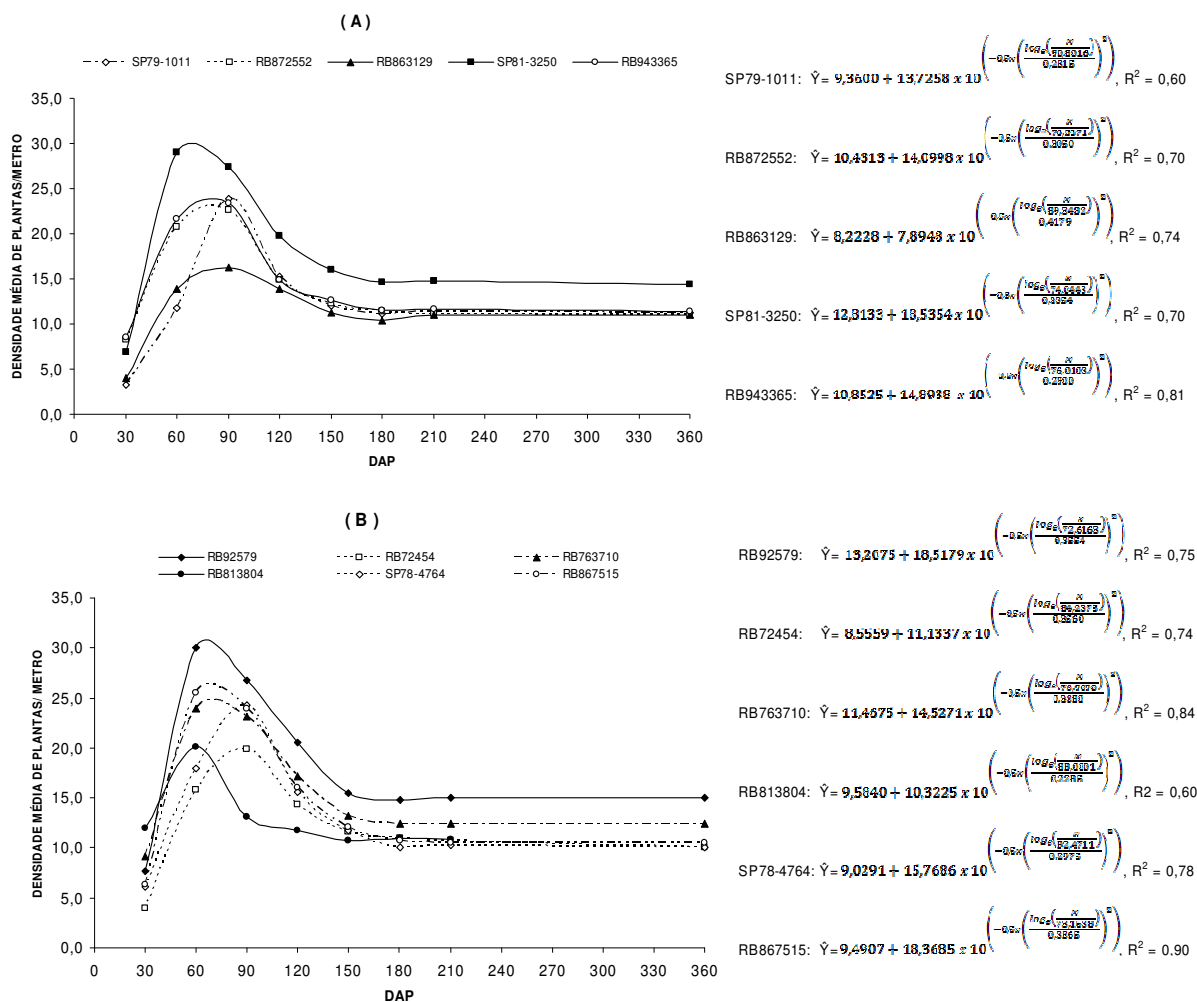


Figura 3. Densidade média de plantas por metro linear em função do tempo em diferentes variedades de cana-de-açúcar de maturação precoce (A) e maturação média a tardia (B).

Observou-se que após o perfilhamento máximo há uma diminuição no número de plantas por metro linear, seguida por um equilíbrio até o final do ciclo (Figura 3A e B). Segundo Silva (2007) a partir do ponto de perfilhamento máximo, a competição entre perfilhos pelos fatores de crescimento (luz, espaço, água e nutrientes) torna-se elevada, refletindo-se na diminuição e paralisação do processo, além da morte dos perfilhos mais jovens.

II. Crescimento do Colmo

A altura do colmo aos 360 DAP apresentou diferença estatística significativa para as variedades (Figura 4A). Pôde-se distinguir dois grupos de variedades com comportamentos semelhantes: as RB72454 e RB813804 com as maiores alturas, seguidas da RB92579, SP78-4764, RB867515, RB872552, RB863129, RB763710 e SP81-3250, com valores de altura intermediários; e com as menores alturas do colmo as variedades RB943365 e SP79-1011. Adicionalmente, observou-se que a SP79-1011 apresentou altura do colmo muito inferior as demais. Ramos (2006), avaliando o comportamento da variedade SP79-1011 em diferentes épocas de plantio e adubação, observou que, independente dos tratamentos, os resultados foram semelhantes aos encontrados neste estudo.

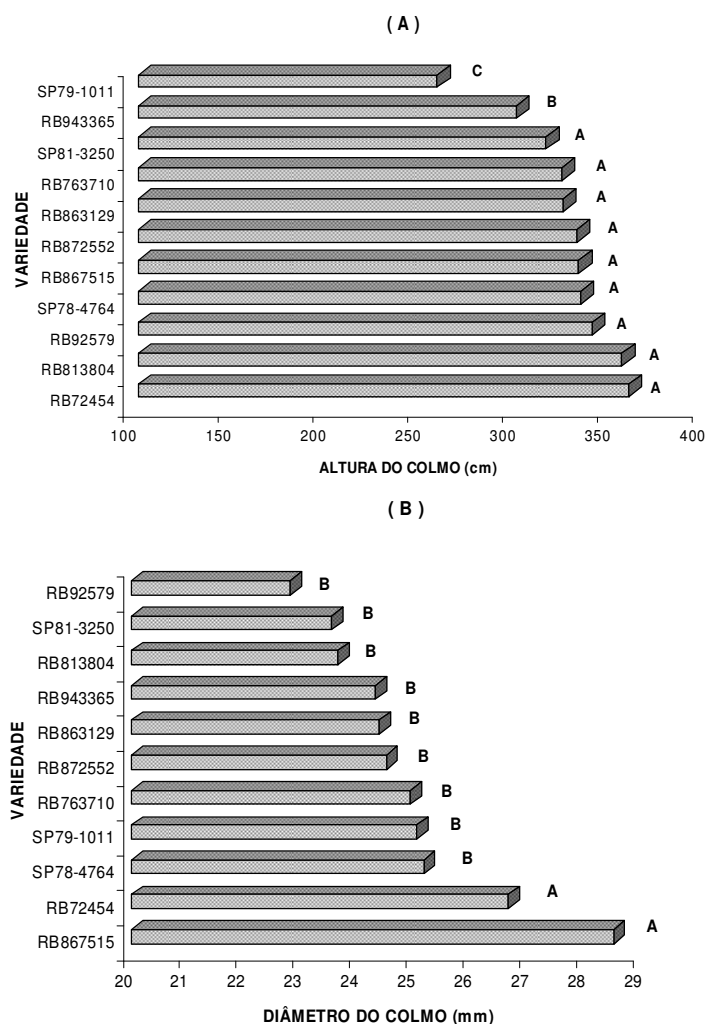


Figura 4. Altura do colmo (A) e diâmetro do colmo (B) em diferentes variedades de cana-de-açúcar (Scott-Knott, a 5% de probabilidade).

Para diâmetro do colmo, a RB867515, destacou-se, apresentando valor médio superior a 28 mm, seguida pela variedade RB72454. As demais variedades, não mostraram diferença significativa com valores de diâmetro variando entre 22 e 25 mm (Figura 4B). Com valores inferiores a 24 mm, apresentaram-se as RB92579 e SP81-3250. De acordo com Silva (2007) variedades que apresentam os menores diâmetros médios tendem a perfilhar mais. Isto, também, foi observado nas RB92579 e SP81-3250 utilizadas neste trabalho (Figura 2 e 4B). Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2004), onde constataram diferenças significativas RB72454.

Avaliando o comportamento da altura do colmo em função do tempo de cultivo (Figura 5 A e B), constatou-se que as variedades apresentaram diferentes tempos de crescimento máximo estimados, variando entre 320 a 480 DAP (10 a 16 meses), independente da época de maturação da planta. Posteriormente, segue-se um crescimento lento e de menor escala, caracterizando uma redução da fase de crescimento vegetativo para uma fase de amadurecimento e início de concentração de açúcar. Segundo Silva (2005B), sob condições de irrigação, após o perfilhamento máximo, inicia-se a fase de crescimento da cultura, desde que as condições de temperatura sejam adequadas. Trabalho realizado por Silva (2007), mostrou que um período de escassez hídrica na fase inicial do crescimento do colmo, levariam as variedades a permanecerem crescendo após 360 DAP.

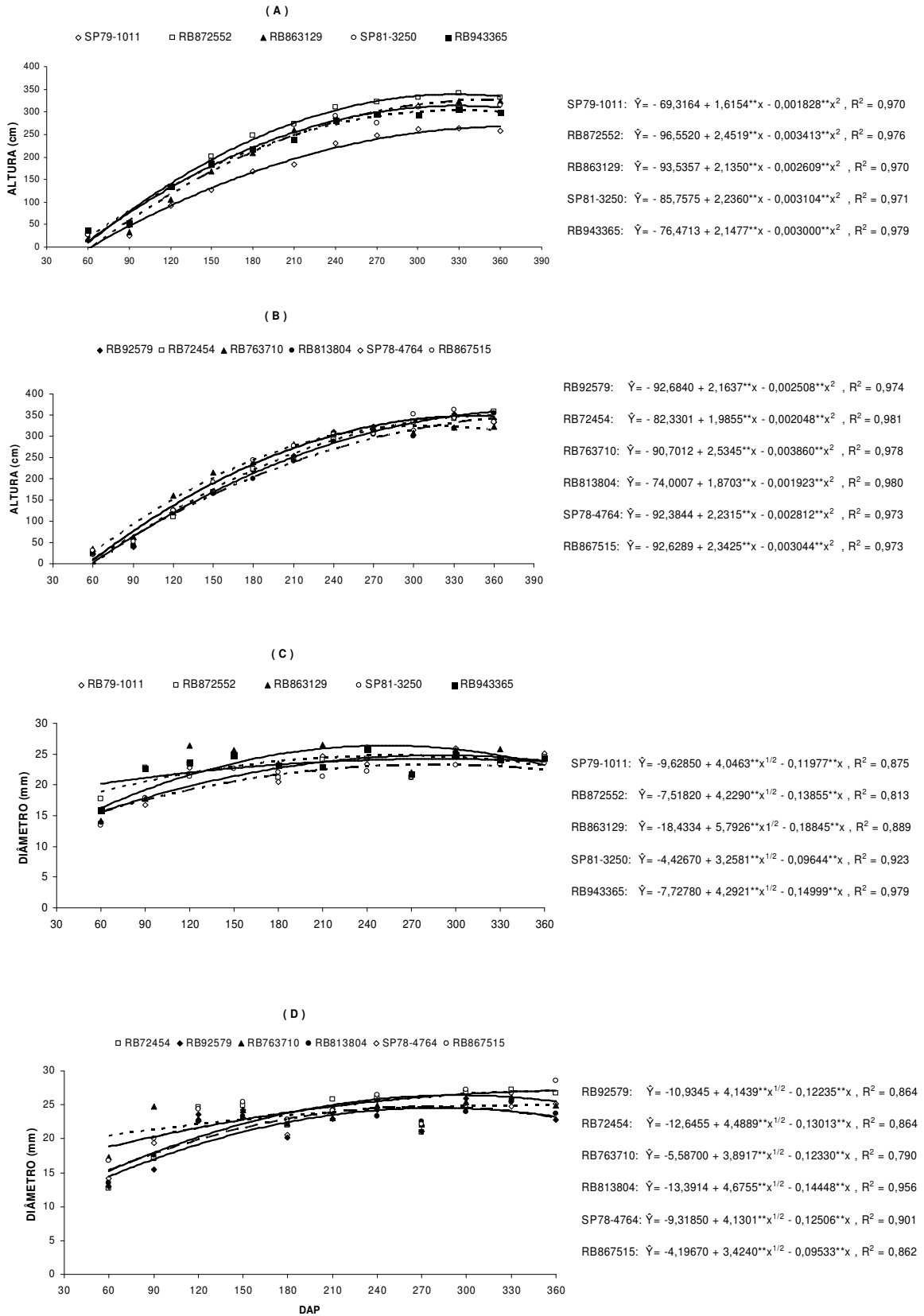


Figura 5. Comportamento da altura do colmo e diâmetro do colmo em função do tempo em variedades de cana-de-açúcar com maturação precoce (A e C) e com maturação média a tardia (B e D).

Entre as variedades precoces, a RB872552 e a SP79-1011 destacaram-se, apresentando a maior e menor altura do colmo, respectivamente (Figura 5A), indicando a baixa resposta dessa variedade a irrigação. Nas variedades de maturação média a tardia, a RB867515 apresentou o maior valor de altura até os 330 DAP, sendo superada pela RB72454 no final do ciclo da cultura (Figura 5B).

Quanto ao diâmetro do colmo, observou-se que entre as variedades de maturação precoce, a RB863129 apresentou o maior diâmetro médio, até os 240 DAP (Figura 5C), passando a ser equivalente as demais variedades aos 360 DAP. Nas variedades de maturação média a tardia, os maiores diâmetros do colmo foram encontrados nas RB867515 e RB72454, aos 320 e 300 DAP, respectivamente (Figura 5D). De forma diferente, Silva (2007), pesquisando o crescimento do diâmetro do colmo de diferentes variedades de cana-de-açúcar plantadas em ARGISSOLO AMARELO Distrófico fragipânico, textura arenosa/argilosa, constatou que as RB867515 e RB72454 apresentaram os maiores diâmetros entre as variedades estudadas aos 360 DAP.

Os dados das estimativas de altura e diâmetro máximo do colmo nas variedades mostraram que o grupo das RB872552, SP81-3250, RB943365, RB763710 e SP78-4764 obtiveram altura máxima do colmo antes dos 360 DAP (12 meses) (Quadro 2). As do grupo das SP79-1011, RB863129, RB92579, RB72454, RB813804 e RB867515 teriam potencial de crescimento máximo estimado, variando entre 400 e 480 DAP (14 aos 16 meses).

Quadro 2. Estimativa da altura do colmo e diâmetro do colmo e número de dias para atingir o crescimento máximo, em diferentes variedades de cana-de-açúcar

Variedade	Crescimento Máximo			
	Idade dias	Altura do colmo cm	Idade dias	Diâmetro do colmo mm
SP79-1011	441,8	287,5	285,6	24,5
RB872552	354,3	343,7	232,9	24,7
RB863129	409,1	343,2	236,2	26,0
SP81-3250	360,1	316,9	285,3	23,0
RB943365	357,9	307,8	204,7	23,0
RB92579	431,3	373,9	286,7	24,1
RB72454	484,7	398,8	297,4	26,0
RB763710	328,3	325,4	249,0	25,2
RB813804	486,2	380,7	261,8	24,4
SP78-4764	356,7	350,3	272,6	24,7
RB867515	384,7	358,0	322,5	26,5

Analisando os valores de diâmetro do colmo, foi possível observar que as variedades atingiram o diâmetro máximo antes dos 360 DAP (Quadro 2). As RB863129, RB72454 e RB867515 apresentaram os maiores diâmetro do colmo com valores médios entre 26,0 e 26,5 mm. Silva (2007), estudando sete variedades de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas, observou que as RB867515 e RB72454 mostraram-se superiores as demais, com valores de diâmetro do colmo variando de 26,6 a 27,7 mm.

III. Produção de massa seca

Analisando os dados de acúmulo de massa seca total para as variedades de cana-de-açúcar, verificou-se efeito significativo nas quantidades produzidas pelas variedades (Figura 6).

Com valores médios de produção superiores a 90 t ha⁻¹ de massa seca total, a RB92579 destacou-se entre as demais variedades, seguida da SP81-3250 com acúmulo médio de 85 t ha⁻¹ de massa seca. Enquanto que as demais variedades acumularam os menores valores de massa seca total. Nota-se que a RB813804 apresentou o menor acúmulo total de massa seca. (Figura 6). Silva (2007), avaliando a produção de matéria seca de sete variedades de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas, também, observou que a variedade RB92579 apresentou os maiores quantidades acumuladas de massa seca.

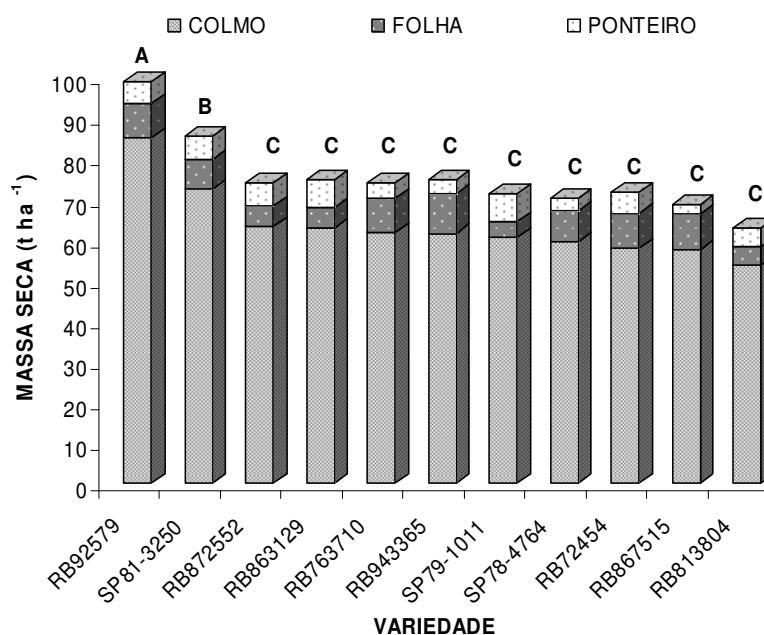


Figura 6. Acúmulo de massa seca total (colmo + folha + ponteiro) em diferentes variedades de cana-de-açúcar (Scott-Knott a 5% de probabilidade).

O grande acúmulo de massa seca total encontrada na variedade RB92579 está relacionado com valores próximos a 85 t ha⁻¹ de massa seca produzida no colmo. A alta produção de massa seca no colmo pode ser explicada, ao comparar-se este resultado, com os dados de perfilhamento (Figura 2), onde esta variedade exibiu a maior quantidade de perfilhos, além de estar entre o grupo das variedades que mais cresceram em altura do colmo (Figura 4A).

Analisando-se o acúmulo de massa seca total em função do tempo constatou-se um incremento nas variedades durante o tempo de cultivo (Figura 7 A e B). Todavia, o modelo linear ajustado para as SP79-1011 e RB863129 e o modelo quadrático para as SP-813250 e RB92579 mostraram que o acúmulo de massa seca total não havia cessado quando foram colhidas.

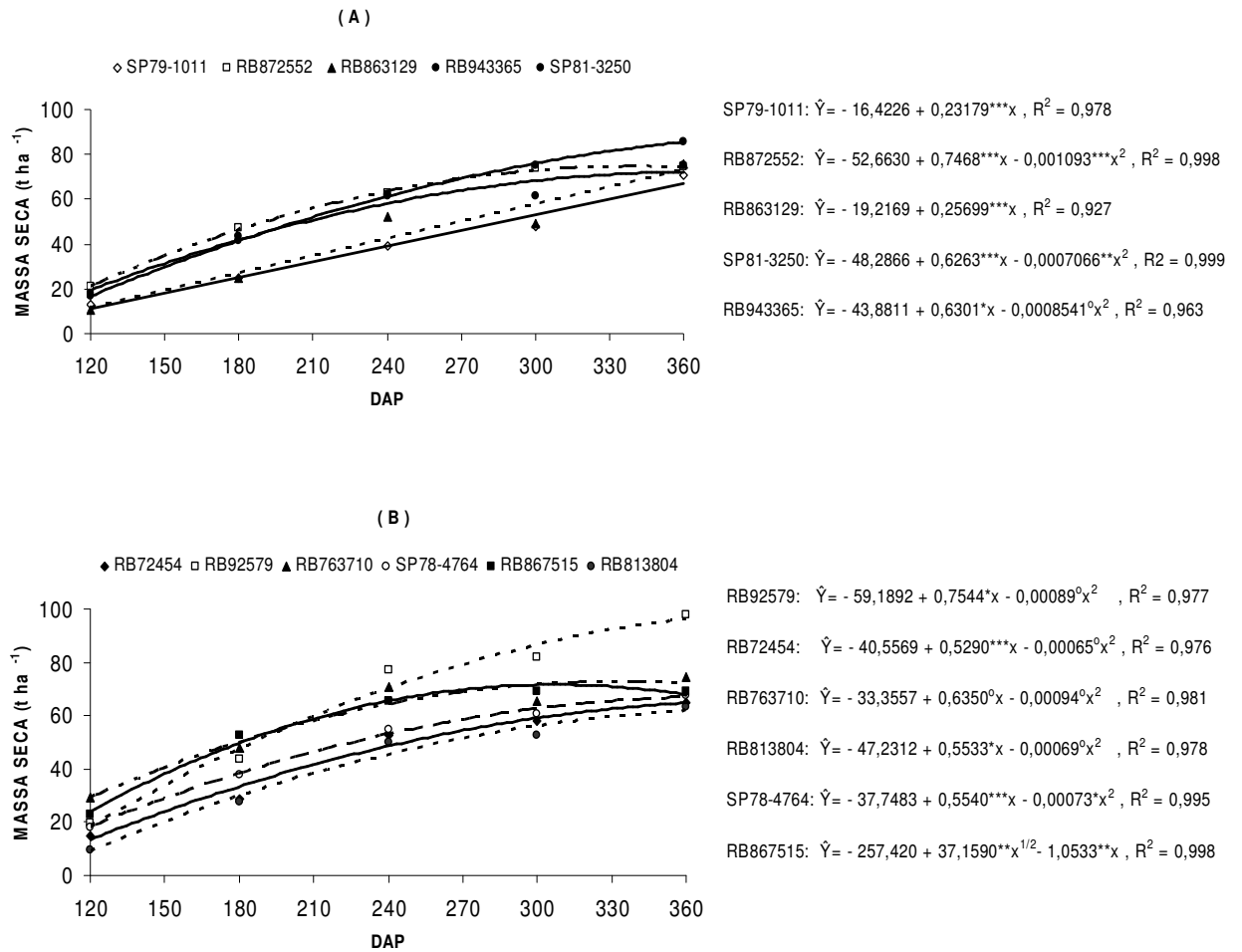


Figura 7. Acúmulo de massa seca total (colmo + folha + ponteiro) em função do tempo, em diferentes variedades de cana-de-açúcar com maturação precoce (A) e com maturação média a tardia (B).

A partir dos resultados obtidos para acúmulo de massa seca total, buscou-se avaliar a produção de massa seca do colmo separada da massa seca da (folha + ponteiro) (Figuras 8 e 9).

Observou-se nas variedades que a produção de massa seca da (folha + ponteiro) foi superior a do colmo até os 120 DAP. Logo em seguida, há uma inversão na quantidade produzida pelo colmo, passando a superar a produção da (folha + ponteiro) e mantendo-se superior até o final do ciclo (Figuras 8 e 9). De acordo com Machado et al. (1982), após 100 dias de ciclo, a massa seca de folhas representa 70% de toda a massa seca da planta. Depois desta fase, ocorreu diminuição progressiva até próximo aos 400 DAP, onde a quantidade de massa seca das folhas representou apenas 9% da massa seca acumulada pela planta. Dados encontrados por Silva (2005B) e Silva (2007), mostraram que a (folha + ponteiro) produziu maiores quantidades de massa seca até os 150 e 180 DAP, respectivamente. Orlando Filho (1978) observou que a produção máxima da (folha + ponteiro) ocorreu até os 300 DAP.

A inversão na massa seca do colmo logo após os 120 DAP, pode ser explicada devido ao manejo hídrico do solo no qual as variedades foram submetidas. Como não houve estresse, a taxa de crescimento permaneceu constante promovendo a formação antecipada de colmos.

Nas variedades precoces, a quantidade de massa seca produzida na (folha + ponteiro) foi semelhante no tempo, com valores médios variando entre 9,5 e 12,0 t ha⁻¹ (Figura 8). Apenas a SP81-3250, apresentou um comportamento que se ajustou ao modelo curvilíneo. Quando a produção de massa seca na (folha + ponteiro) é constante no tempo, o comportamento no acúmulo de massa seca total durante a fase vegetativa das variedades, dependerá da produção de massa seca do colmo. Nesse estudo, observou-se que após os 120 DAP a produção de massa seca no colmo foi rápida, porém diferente entre as variedades.

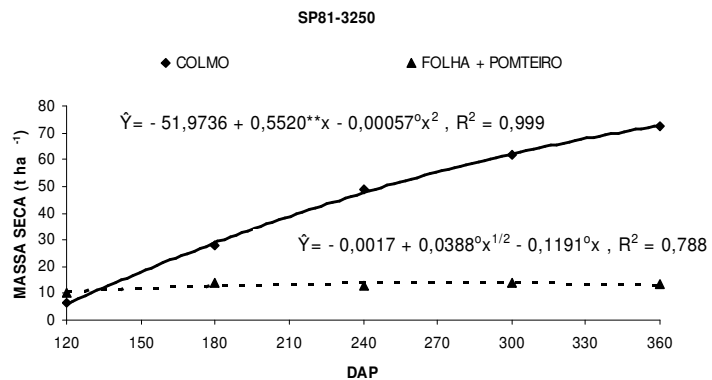
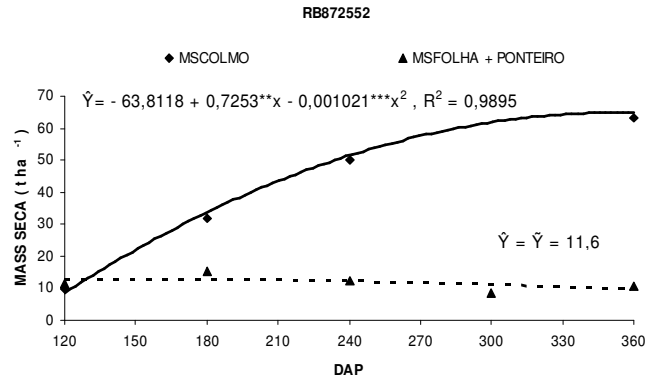
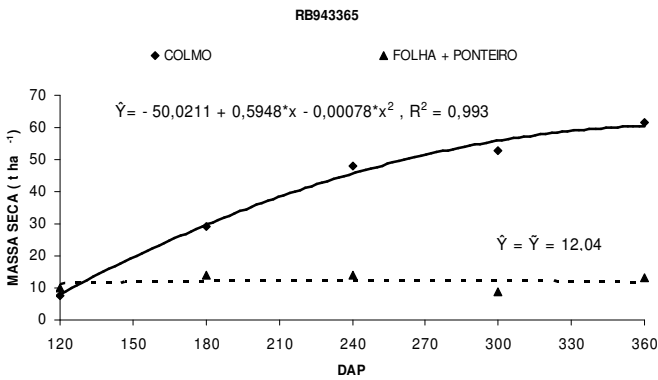
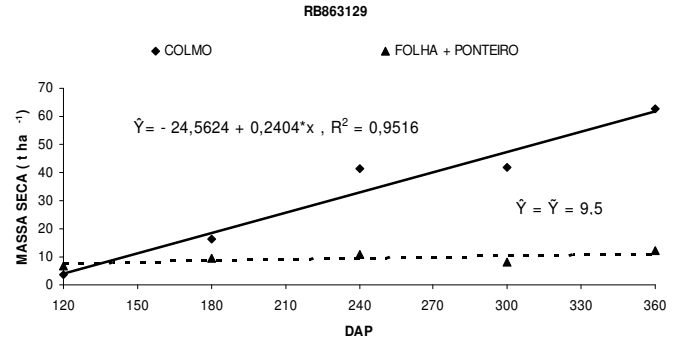
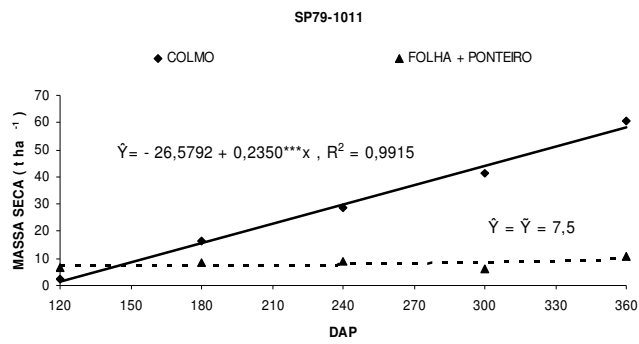


Figura 8. Produção de massa seca do colmo e da (folha + ponteiro) em função do tempo em diferentes variedades de cana-de-açúcar de maturação precoce.

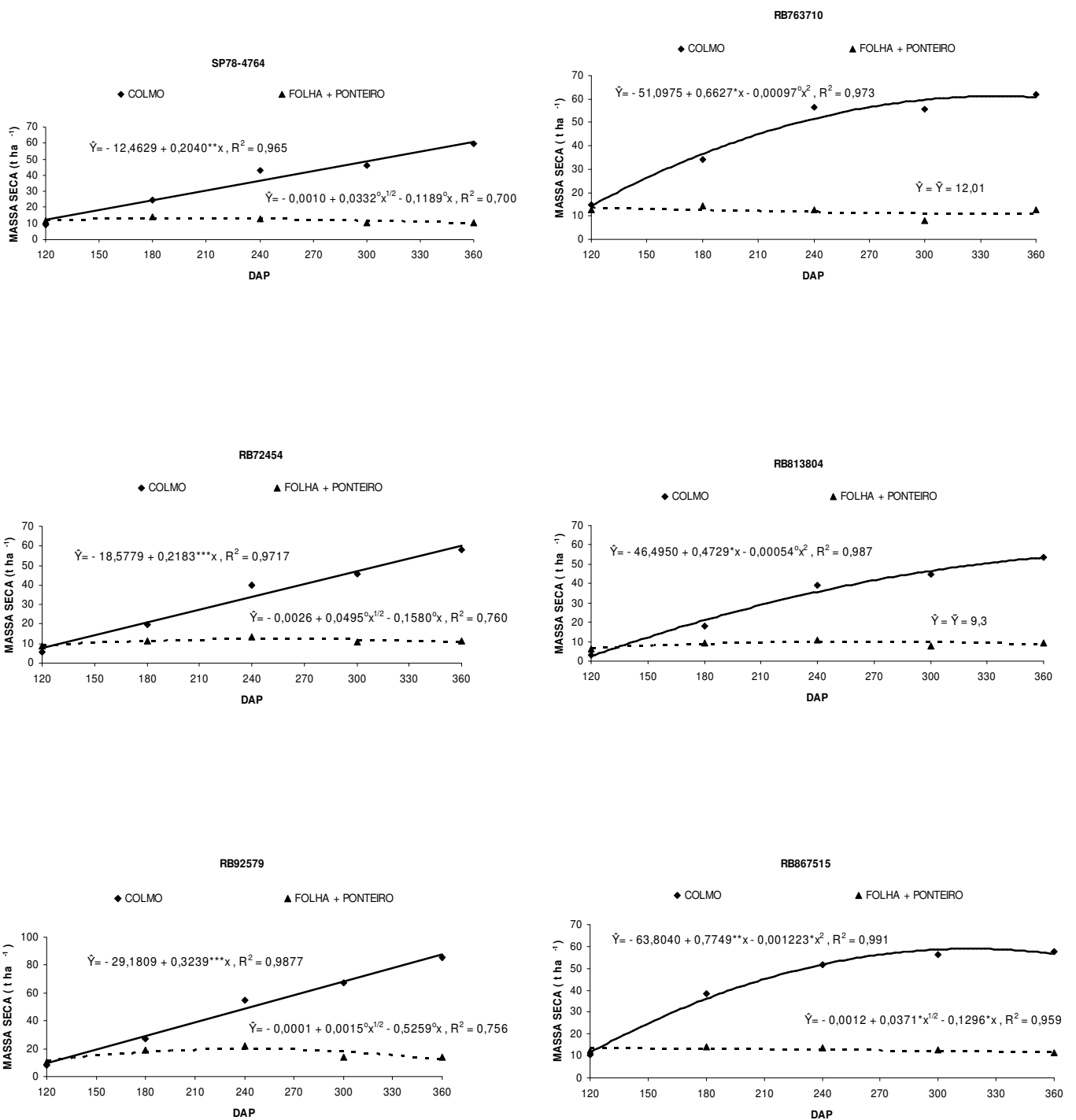


Figura 9. Produção de massa seca do colmo e da (folha + ponteiro) em função do tempo em diferentes variedades de cana-de-açúcar de maturação média a tardia.

As variedades precoces SP79-1011, RB863129 (Figura 8) e as de maturação média tardia SP78-4764, RB72454 e RB92579 (Figura 9) apresentaram um comportamento linear, mostrando que a quantidade de massa seca produzida no colmo aos 360 DAP não foi máxima. Nas variedades RB872552, RB863710 e RB867515, houve um comportamento crescente na produção de massa seca estimada no colmo até os 350, 340 e 320 DAP, respectivamente. Nas variedades RB943365, RB813804 e SP81-3250 houve uma estimativa de produção de massa seca variando entre 381 a 480 DAP, respectivamente (Figura 8 e 9).

Nas SP78-4764, RB72454, RB92579 e RB867515 observou-se que a produção máxima de massa seca na (folha + ponteiro) ocorreu aos 240 DAP (Figura 9). As quantidades produzidas nas RB863710 e RB813804 foram constantes com valores médios de 12,0 e 9,3 t ha⁻¹, respectivamente.

Ao comparar-se os resultados de produção de altura do colmo e massa seca (Figura 4A e 8) das SP79-1011 e RB863129 foi possível constatar que as respectivas variedades ainda encontravam-se em pleno desenvolvimento vegetativo, quando foram colhidas aos 360 DAP. Vale salientar que os resultados obtidos por essas variedades nos levam a presumir em uma baixa resposta à irrigação. Uma vez que essas variedades necessitariam ser irrigadas num período em que já deveriam estar sendo colhidas, elevando o custo do “mm” aplicado. Portanto, é aconselhável retirar as SP79-1011 e RB863129 das áreas irrigadas, podendo substituí-las por variedades como RB872552 e RB943365, também, consideradas de maturação precoce e mais ricas em açúcar (Quadro 5), ou ainda, por variedades de maturação média a tardia como a RB867515 que já havia chegado à máxima produção de massa seca aos 320 DAP.

IV. Teores de nutrientes no colmo em função do tempo

Os dados dos teores de nutrientes no colmo das variedades ao longo do ciclo da cultura apresentaram diferença estatística significativa. Observou-se que os modelos ajustados mostraram que as maiores concentrações ocorreram aos 120 DAP seguido de um decréscimo no final do ciclo (Figuras 10,11 e 12).

De modo geral, há uma redução da concentração em função do tempo de cultivo, indicando uma maior eficiência dos nutrientes com a idade. Assim, há um efeito de diluição do nutriente, uma vez que a produção de massa seca é mais intensa que a absorção e acúmulo dos nutrientes.

Independente da época de maturação das variedades, o teor de N no colmo diminuiu linearmente até o final do ciclo de cultivo. Constatou-se que aos 120 DAP os maiores teores foram encontrados na RB763710, seguida pelas RB943365, RB863129 e SP79-1011 que foram superadas pelas variedades SP81-3250, RB92579 e SP78-4764 aos 360 DAP (Figura 10A e B). Segundo Castro (2006) a distribuição do N na planta coincide com os centros de crescimento ativo e de assimilação de carbono, da mesma forma que o P. O conteúdo desses nutrientes em folhas senescentes é, consideravelmente, menor do que aquele encontrado em folhas verdes, o que caracteriza a translocação destes elementos de tecidos maduros para os mais jovens (Dillewijn, 1952).

Para P, observou-se que os teores no colmo das variedades variaram durante o desenvolvimento da planta, ajustando-se a um modelo que mostrou uma diminuição até os 240 DAP, seguido de um aumento até os 300 DAP, ocorrendo, novamente, um decréscimo na época da colheita (Figura 10C e D).

Nas variedades precoces, a SP79-1011 apresentou os maiores teores de P aos 120 DAP, se igualando as demais aos 360 DAP. A RB943365 mostrou os menores teores em todas as épocas de avaliação (Figura 10C). Nas variedades de maturação média tardia, a SP78-4764 apresentou os maiores teores de P até os 180 DAP, sendo superada pela RB813804 até os 360 DAP (Figura 10D).

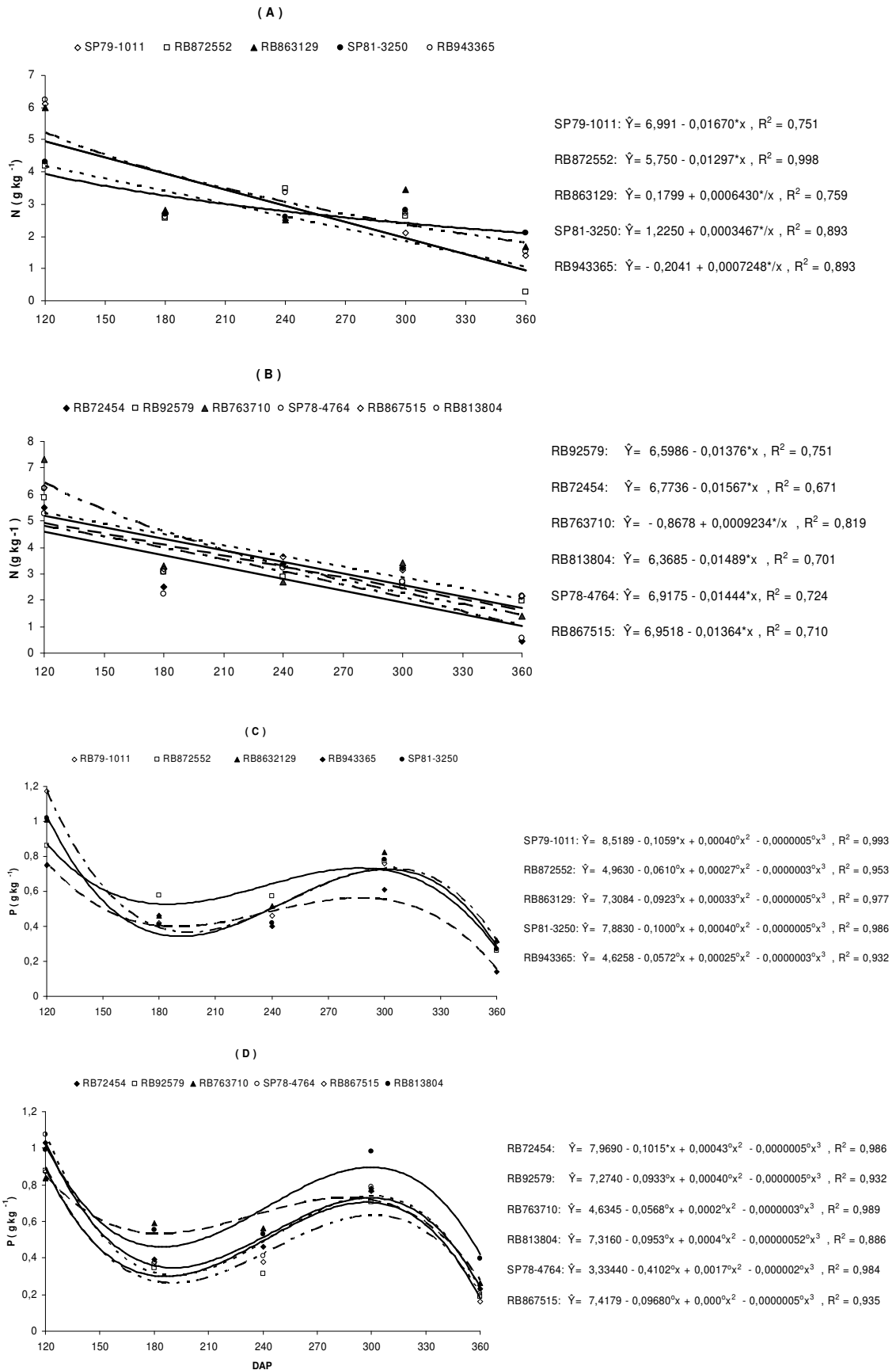


Figura 10. Teores de nitrogênio e fósforo no colmo em função do tempo em variedades de cana-de-açúcar com maturação precoce (A e C) e com maturação média a tardia (B e D).

Quanto ao teor de K no colmo, constatou-se que nas RB872552, RB943365 e RB763710 ajustou-se modelo de efeito linear negativo, mostrando redução dos teores até o final do ciclo de cultivo (Figura 11A e B). Para as demais variedades ajustou-se modelo curvilíneo de efeito quadrático decrescente, que estimou uma redução nos teores de K até os 360 DAP de forma mais amena. Esse decréscimo nos teores no colmo podem ser justificados, uma vez que o K é responsável pelo metabolismo de hexoses e transporte de sacarose, estabelecendo-se uma relação entre a alocação dos teores de K e a síntese protéica que é maior nas folhas do que nos colmos. Adicionalmente, o K é responsável por manter o turgor celular, o que lhe confere elevada participação no processo de abertura e fechamento dos estômatos nas folhas e ponteiros (RODRIGUES, 1995).

No que diz respeito às variedades de maturação precoce, os dados de K no colmo constataram que a SP79-1011 apresentou os maiores teores desse nutriente do início até o final do experimento (120 a 360 DAP). Por outro lado, a RB943365 apresentou os menores teores (Figura 11A). Nas variedades de maturação média a tardia, a RB763710 e RB913804 apresentaram os menores teores no início das avaliações (120 DAP), igualando-se as demais após 360 DAP (Figura 11B).

Os teores de Ca no colmo ajustaram-se a modelos lineares decrescentes, com exceção da SP81-3250 e SP78-4764 em que os modelos foram curvilíneos (Figura 11C e D). Devido à variação dos dados nas RB872552, RB863129 e RB867515 não foi possível ajustar um modelo que matematicamente explicasse o comportamento do teor de Ca em função do tempo, no entanto, os teores foram decrescentes e se assemelharam aos encontrados nas demais variedades. O Ca faz parte da estrutura da parede celular, sendo pouco móvel na planta ou até, considerado, imóvel no floema, concentrando-se em colmos e folhas mais velhas, o que caracteriza a baixa translocação deste elemento de tecidos maduros para os mais jovens (DILLEWIJN, 1952).

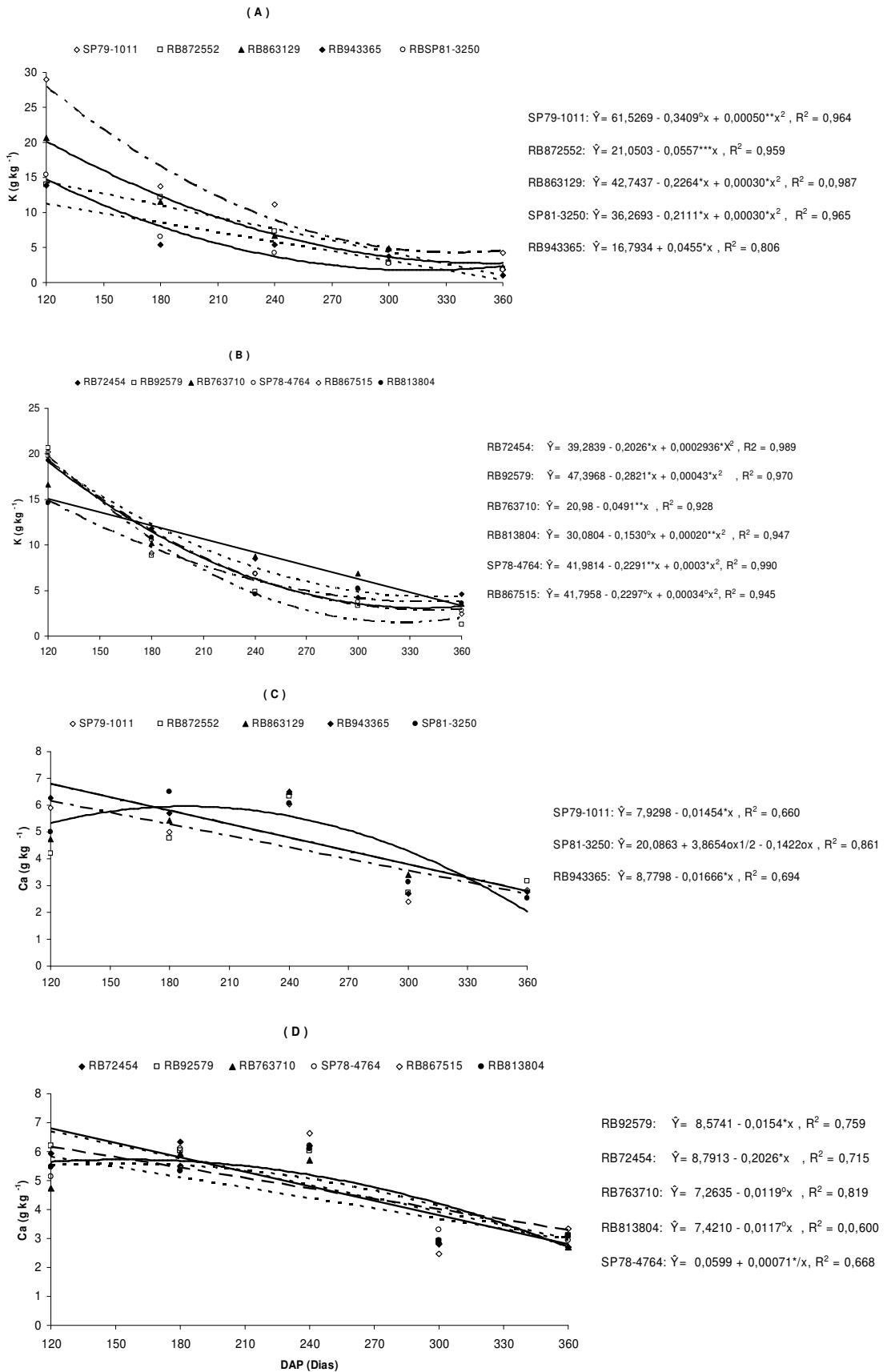


Figura 11. Teores de potássio e cálcio no colmo em função do tempo em variedades de cana-de-açúcar com maturação precoce (A e C) e com maturação média a tardia (B e D).

Os teores de Mg mostraram ajuste de efeito linear decrescente (Figura 12A e B). Estes resultados podem ser explicados uma vez que, segundo Alvarez (1975), o Mg é o principal componente da molécula da clorofila, tendendo a se concentrar nos pontos de maior crescimento, como folhas e ponteiros.

Nas variedades de maturação precoce, a diferença nos teores se intensifica aos 180 DAP, com as RB872552 e RB81-3250 apresentando os maiores teores no colmo e a RB943365 os menores. Aos 360 DAP as variedades apresentaram teores no colmo semelhantes (Figura 12A). Nas de maturação média a tardia constatou-se o mesmo comportamento das precoces, com a RB72454 apresentando os maiores teores no colmo e a RB813804 os menores, igualando-se no final do ciclo de cultivo (Figura 12 B).

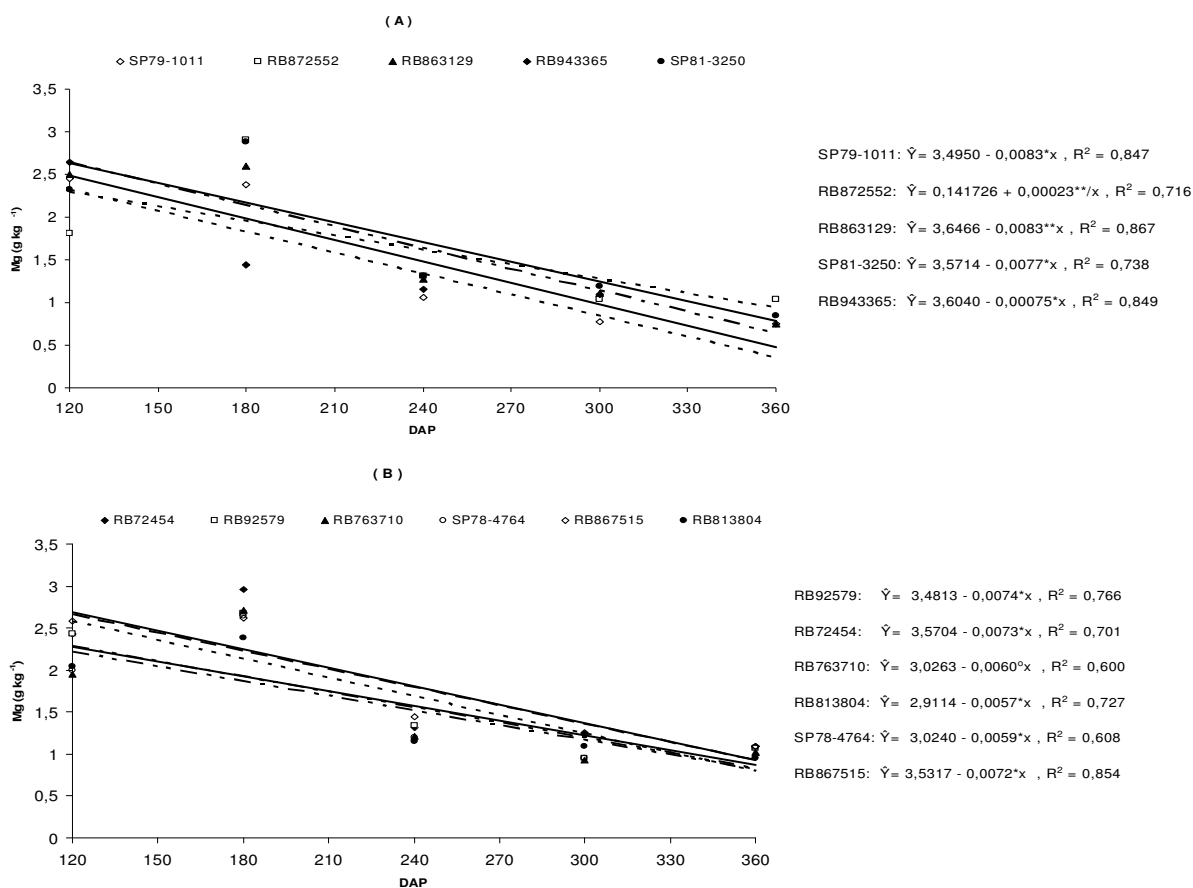


Figura 12. Teores de magnésio no colmo em função do tempo em variedades de cana-de-açúcar com maturação precoce (A) e com maturação média a tardia (B).

V. Extração de nutrientes

Os dados médios da extração dos nutrientes pela parte aérea da cana-de-açúcar, mostraram diferenças significativas entre as variedades (Quadro 3). Pôde-se observar que, de modo geral, a extração dos nutrientes seguiu a ordem decrescente $K > Ca > N > Mg > P$. Resultados encontrados por Orlando Filho (1978) na variedade CB41-76 e Coleti (2002) nas RB835486 e SP81-3250 indicaram a seguinte ordem decrescente de extração $K > N > Ca > Mg > P$.

i. Nitrogênio

Na extração total de N, observou-se que as variedades RB763710, RB92579 e RB867515 destacaram-se com valores entre 240 a 251 $kg\ ha^{-1}$. As RB813804 e SP79-1011 mostraram os menores valores de extração, com 137 e 122 $kg\ ha^{-1}$, respectivamente (Quadro 3). Mendes (2006), estudando o acúmulo de nutrientes em sete variedades de cana-de-açúcar, constatou que a RB867515 extraiu 150 $kg\ ha^{-1}$ de N. Por outro lado, as RB863129, RB72454, RB872552, SP78-4764, SP81-3250 e RB943365, mostraram extrações médias, variando de 168 a 211 $kg\ ha^{-1}$, corroborando com os dados de Barbosa et al. (2002), que estudando a RB72454 em cana-planta, observaram remoção de 134 $kg\ ha^{-1}$. Coleti et al. (2002), avaliando o acúmulo de N na SP81-3250, constatou para cana-planta uma extração de 207 $kg\ ha^{-1}$ de N, semelhante aos dados encontrados nesta pesquisa.

De maneira geral, observou-se que a quantidade de N acumulada pelas variedades foram superiores aos 80 $kg\ ha^{-1}$ incorporados ao solo via fertilizantes. Resultados encontrados por Oliveira et al. (1999), mostraram que a eficiência da adubação nitrogenada pela cana-de-açúcar aproxima-se dos 50%. Assim, levando-se em consideração as quantidades extraídas pelas variedades que apresentaram maior e menor acúmulo de N (Quadro 3), foi possível estimar que a participação do N aplicado via fertilizante foi da ordem de 33 a 16%, respectivamente. Estes resultados corroboram com os encontrados por Barbosa (2002), que estudando a variedade RB72454,

Quadro 3. Extração média de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio por componente da parte aérea em diferentes variedades de cana-de-açúcar

Componente	N											CV (%)
	Variedades											
	RB72454	RB763710	RB813804	RB863129	RB867515	RB872552	RB92579	RB943365	SP784764	SP791011	SP813250	
	----- kg ha ⁻¹ -----											
Colmo	79,20F	135,71A	69,24G	88,32E	141,21A	94,76B	123,58B	99,26D	105,46C	60,23H	111,01C	12,66
Folha	66,36B	75,97B	47,98C	52,00C	80,75A	69,65B	94,89A	85,19A	71,42B	37,83D	55,13C	30,94
Ponteiro	27,39B	29,03B	19,86D	28,47B	29,91B	31,77B	28,18B	27,03B	26,36B	23,95C	40,86A	18,46
Total	172,97C	240,73A	137,09D	168,79C	251,88A	196,19B	246,66A	211,06B	203,51B	122,02E	207,01B	12,12
	P											
Colmo	16,85B	22,91A	18,5B	17,61B	18,21B	22,96A	19,5A	15,43C	17,02B	13,29C	20,77A	26,98
Folha	6,56C	9,03A	6,76C	5,52D	8,29A	7,25B	8,62A	9,21A	8,25A	4,44D	7,66B	26,77
Ponteiro	3,41A	2,84B	2,49B	3,00B	3,02B	3,89A	2,60B	3,31A	2,65B	2,65B	3,80A	46,8
Total	27,95C	37,14A	27,43C	25,29C	29,53B	35,37A	29,19B	27,95C	28,42C	20,38B	30,63B	13,91
	K											
Colmo	217,89C	334,37A	168,48B	194,16C	256,43B	238,53C	197,63C	158,70D	211,34C	207,20C	174,81D	32,88
Folha	129,46B	139,93B	96,21C	95,41C	138,35B	110,87C	154,04A	158,09A	125,08B	82,90C	126,59B	24,81
Ponteiro	39,63B	35,27B	32,20B	42,68B	42,12B	50,04A	43,02B	38,85B	36,69B	39,21B	56,27A	38,15
Total	371,20C	509,59A	296,90D	332,20D	436,90B	399,40C	387,90C	355,60C	373,12C	329,30D	342,0D	22,15
	Ca											
Colmo	140,65C	184,12A	137,09C	142,63C	188,62A	178,64B	204,17A	170,96B	162,34B	110,05D	177,09B	22,65
Folha	35,77C	38,62C	28,59D	30,61D	51,31B	35,08C	58,94A	39,48C	41,36C	22,72D	40,06C	28,97
Ponteiro	11,88B	11,29B	9,61B	12,51B	13,53B	16,03A	13,10B	10,53B	11,80B	11,29B	19,01A	38,86
Total	176,40C	234,04B	165,14C	190,35C	253,40A	229,76B	272,89A	220,0B	210,70B	142,40D	236,17B	15,35
	Mg											
Colmo	48,90B	59,31A	39,31C	40,95C	65,69A	59,07A	63,60A	58,34A	49,03B	28,03D	59,29A	23,54
Folha	31,52A	22,10A	13,43B	14,11B	24,99A	17,70B	22,39A	20,41A	20,94A	9,26B	19,29A	21,92
Ponteiro	4,34B	4,65B	3,53B	4,53B	4,99B	5,89A	4,27B	4,45B	4,25B	38,0B	6,68A	35,58
Total	6,19D	8,35B	56,28E	59,59E	95,68A	82,66C	93,19A	88,23B	77,35C	42,07F	88,10B	16,12

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

verificou aproveitamento de 16% para cana-planta e 80% para cana-soca. Segundo Trivelin (2000), o restante do ganho adquirido pelas variedades pode ser atribuído a outras fontes como: matéria orgânica, fixação de N atmosférico por microrganismos, absorção de amônia da atmosfera e absorção do nitrato pelas raízes mais profundas.

Avaliando-se a distribuição dos nutrientes nas partes da planta, observou-se que, de modo geral, o colmo alocou as maiores quantidades de N, seguido pela folha e ponteiro (Quadro 3).

No colmo, as RB763710 e RB867515 foram superiores na alocação do N, com valores médios variando entre 135 e 141 kg ha⁻¹, respectivamente (Quadro 3). Essa quantidade corresponde a 40 e 60% do N acumulado pela planta. Valores médios encontrados por outros pesquisadores (Orlando Filho, 1978; Barbosa, 2002; Silva, 2007) foram inferiores aos observados nesse estudo. As SP79-1011, RB813804 e RB72454 foram as que menos alocaram N no colmo, apresentando valores médios entre 60 e 70 kg ha⁻¹. Silva (2007), avaliando a extração por sete variedades de cana-de-açúcar, observou remoções semelhantes às encontradas nesta pesquisa com valores de 58 e 66 kg ha⁻¹ de N nas RB72454 e SP79-1011, respectivamente.

Vale salientar a grande capacidade de acúmulo de N pelas folhas de algumas variedades, como por exemplo, RB867515, RB943365 e RB92579, com valores médios de 80 a 94 kg ha⁻¹. Ao somar-se com o acúmulo de N no ponteiro, essa quantidade representa, em média, 49% do total absorvido pela planta. Todavia, a prática de retirar as folhas com fogo na “despalha” antes do corte da cana-de-açúcar, ainda adotado nos canaviais do Nordeste, nos leva a quantificar esse montante como perdas que irão ocorrer por volatilização após a queima. Assim, pode-se constatar que, todo N absorvido pela cana-de-açúcar durante o ciclo da cultura será exportado no colmo e o restante volatilizado. Portanto, para que a fertilidade do solo e a sustentabilidade do sistema solo-planta se mantenha, assim como, a viabilidade do canavial, deve-se manter um programa efetivo de adubação nitrogenada.

ii. Fósforo

Na extração do P pôde-se observar diferença significativa entre as variedades de cana-de-açúcar em todas as partes da planta (Quadro 3). As maiores remoções totais ocorreram nas RB763710 e RB872552, com valores médios de 37 e 35 kg ha⁻¹, respectivamente. Esses valores foram superiores aos obtidos por Silva (2007) que, encontrou remoções totais de 23 kg ha⁻¹. No entanto, Coleti (2002) e Mendes (2006) encontraram quantidades médias extraídas entre 43 e 39 kg ha⁻¹. Com as menores extrações totais de P, apresentaram-se o grupo de variedades RB863129, RB72454, RB813804, RB943365 e SP78-4764 com valores variando entre 25 e 28 kg ha⁻¹. Barbosa (2002) e Mendes (2006), estudando a extração de P na variedade RB72454, observaram remoções da ordem de 40 kg ha⁻¹.

Observou-se que as RB92579, SP81-3250, RB763710 e RB872552 foram as que acumularam mais P no colmo, com médias variando entre 19 a 22 kg ha⁻¹, enquanto que as variedades SP79-1011 e RB943365 foram as que menos acumularam, com valores de 13 e 15 kg ha⁻¹ (Quadro 3).

Nas folhas as maiores remoções ocorreram no grupo de variedades SP78-4764, RB867515, RB92579, RB763710 e RB943365, com valor médio de 8,6 kg ha⁻¹. No ponteiro as variedades que mais acumularam P foram as RB72454, RB872552, RB943365, SP81-3250, com extrações variando entre 3,3 a 3,8 kg ha⁻¹. Dados encontrados por Silva (2007) mostraram que os valores de acúmulo de P no ponteiro encontrados neste estudo podem ser considerados baixos, uma vez que, os dados obtidos pelo pesquisador para RB72454, apresentaram valores médios de 4,7 kg ha⁻¹. Esse mesmo comportamento, foi encontrado por Moura Filho et al. (2006), estudando o acúmulo e alocação de P nas variedades RB72454, SP81-3250 e RB83594 em cana-soca sob gotejamento subsuperficial.

iii. Potássio

Para K os dados mostraram que as maiores extrações totais foram observadas nas RB763710 e RB867515, que acumularam valores de 509 e 436 kg ha⁻¹, respectivamente (Quadro 3). Por outro lado, as demais variedades extraíram, em média, valores entre 329 a 399 kg ha⁻¹. Apenas a RB813804 extraiu quantidades menores que 300 kg ha⁻¹. Resultados encontrados em outros trabalhos (MENDES, 2006; MOURA FILHO et al., 2006; SILVA, 2007) mostram valores de extração de K inferiores ao do presente estudo, e em média, apresentaram remoções de 250 kg ha⁻¹ nas variedades estudadas.

No colmo, as RB867515 e RB763710 seguiram a mesma tendência da extração total, com valores médios de 256 e 334 kg ha⁻¹ de K, respectivamente (Quadro 3). Por outro lado, as RB943365 e SP81-3250 apresentaram os menores valores extraídos (158 e 174 kg ha⁻¹, respectivamente). Nas folhas as maiores extrações foram observadas nas RB86579 e RB943365 com médias de 156 kg ha⁻¹. Com relação ao ponteiro as variedades que mais acumularam K foram as RB872552 e SP81-3250, com extrações variando entre 50 e 56 kg ha⁻¹, respectivamente. Dados de Silva (2007) encontrados em cana de sequeiro mostraram que os valores de acúmulo de K no colmo e folha encontrados neste estudo, são considerados altos, enquanto que os valores do ponteiro foram semelhantes.

Segundo Segato et al. (2006), o aproveitamento da adubação fosfatada varia de 20 a 30% e das adubações potássicas 70%. Considerando que foi incorporado no solo via fertilizantes 15,5 kg ha⁻¹ de P e 70 kg ha⁻¹ de K e, as variedades nesse estudo extraíram, em média, 30 e 420 kg ha⁻¹ dos respectivos nutrientes, pode-se inferir que, nas condições em que o estudo foi conduzido, as quantidades de P e K recomendadas foram inferiores a necessidade da planta. Vale salientar que a adubação realizada, foi superior as usualmente aplicadas nos canaviais do Nordeste. No entanto, o histórico de cultivo da cana-de-açúcar na área em que o experimento foi conduzido, pode justificar os resultados encontrados, uma vez que se estima um retorno médio ao solo de 10 kg ha⁻¹ de P e 163 kg ha⁻¹ de K pelas cinzas da (folha + ponteiro) de cultivos anteriores, além dos teores existentes no solo. Portanto, a prática da adubação reveste-se de extrema importância para manutenção produtiva

dos solos cultivados com cana-de-açúcar, devido à grande quantidade de nutrientes extraídos pela cultura.

iv. Cálcio

Os valores médios de Ca extraídos na parte aérea variaram de 142 kg ha⁻¹ na SP79-1011 a 272 kg ha⁻¹ na RB72579, apresentando, em média, acúmulos da ordem de 211 kg ha⁻¹ (Quadro 3). Esses valores de extração foram superiores aos encontrados por Orlando Filho (1978) e Mendes (2006), que encontraram valores de Ca acumulados variando entre 149 e 138 kg ha⁻¹, respectivamente.

No colmo as RB763710, RB867515 e RB92579, foram as que acumularam maiores quantidades de Ca, com valores variando entre 184 a 204 kg ha⁻¹. As demais variedades extraíram, em média, 196 kg ha⁻¹ (Quadro 3). Silva (2007), avaliando a extração de Ca pela RB867515 em regime de sequeiro, constatou valores inferiores, com média de 13 kg ha⁻¹. Em outros trabalhos (ORLANDO FILHO, 1978; BARBOSA et al., 2002; COLETI et al., 2002), que estudaram a extração de Ca em regime de sequeiro, encontraram valores que variaram entre 25 a 85 kg ha⁻¹. Na folha constatou-se que, a RB92579 extraiu maiores quantidade de Ca, representando, em média, 21% do Ca extraído pela planta. No ponteiro as RB872552 e SP81-3250 foram as que apresentaram as maiores extrações de Ca.

A grande extração de Ca, maior até que a de N, pode ser justificada, pelo transporte do Ca, que se movimenta no solo, predominantemente, por fluxo de massa. Como o estudo foi conduzido sob irrigação plena, acredita-se que a absorção do Ca disponível do solo tenha sido facilitada. Com maiores quantidades absorvidas, haverá uma maior alocação desse nutriente no colmo, uma vez que o mesmo é pouco móvel na planta, tendendo a se concentrar em regiões de menor atividade metabólica.

v. Magnésio

Para o Mg, as variedades RB867515 e RB92579 apresentaram extração média de 94 kg ha⁻¹. A SP-791011 apresentou o menor valor de extração de Mg, seguida das RB813804 e RB863129 com valores variando entre

42 e 59 kg ha⁻¹, respectivamente (Quadro 3). De forma semelhante, Silva (2007), avaliando sete variedades de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas, observou que as variedades RB867515 e RB92579 extraíram maiores quantidades de Mg do que a SP-791011.

Observou-se que a extração de Mg pelas folhas apresentou diferença estatística significativa, destacando dois grupos de variedades. Com extrações de Mg variando de 19 a 31 kg ha⁻¹, as variedades SP81-3250, RB943365, SP78-4764, RB763710, RB92579, RB867515 e RB72454, apresentaram os maiores valores de absorção e acúmulo. Com menores valores extraídos, as SP79-1011, RB813804 e RB813129 acumularam entre 9 a 14 kg ha⁻¹ de Mg (Quadro 3). Barbosa et al. (2002), estudando acúmulo e alocação de nutrientes na RB72454 em regime de sequeiro, encontraram extração de 5,0 kg ha⁻¹ de Mg em folhas ativas. No ponteiro pôde-se observar que as RB872552 e SP81-3250 se destacaram das demais com quantidades médias extraídas de 6,2 kg ha⁻¹. Moura Filho et al. (2006), avaliando a extração dos nutrientes por quatro variedades em regime irrigado, observaram que as RB92579 e SP79-1011 extraíram valores médios de Mg da ordem de 4,6 e 5,7 kg ha⁻¹, respectivamente.

Desta forma, os resultados encontrados nesse estudo nos permitiram identificar que as RB763710, RB867515 e RB92579, extraíram as maiores quantidades de nutrientes, tornando-as mais exigentes quanto a nutrição mineral. Desse modo, recomenda-se o uso de variedades como a RB92579 que produziu grande quantidade de massa seca (Figura 6), além de ser rica em açúcar (Quadro 5), para áreas de alta fertilidade do solo e sob regime de irrigação.

VI. Eficiência de utilização de nutrientes

A eficiência de utilização dos nutrientes apresentou diferença significativa entre as variedades (Figura 13). A RB872552 mostrou-se mais eficiente na utilização do N, produzindo 330 kg de massa seca para cada quilo de N absorvido. As SP79-1011 e RB813804 obtiveram eficiência intermediária na utilização desse nutriente, com valores médios de 310 kg kg⁻¹ de N.

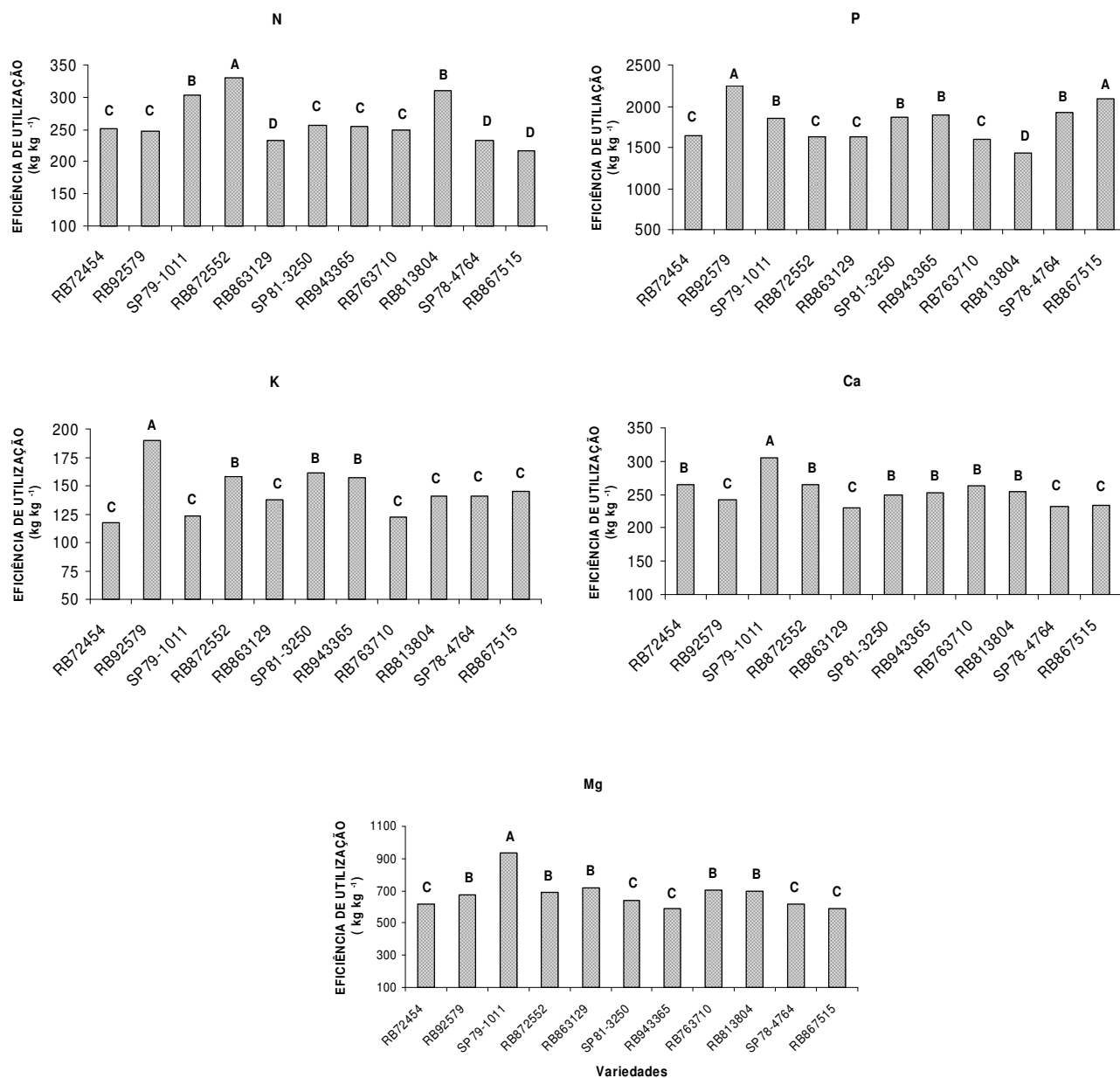


Figura 13. Eficiência na utilização de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em diferentes variedades de cana-de-açúcar.

Verificou-se que as RB867515, RB863129 e SP78-4764 apresentaram as menores eficiências, com valores médios de 217, 232 e 233 kg kg⁻¹ de N respectivamente. Avaliando os resultados de produção de massa seca (Figura 6) e extração dos nutrientes (Quadro 3), observou-se que a RB872552, mesmo mostrando-se mais eficiente, apresentou valores de produção e extração intermediários. Estudando o coeficiente de utilização biológico (CUB) dos nutrientes por diferentes variedades de cana-de-açúcar em regime de sequeiro, Soriano (2007) observou que a RB867515 mostrou baixa eficiência de utilização de N.

Para o P, constatou-se que as RB867515 e RB92579 foram as mais eficientes, com valores médios de 2.095 e 2.247 kg kg⁻¹ de P, respectivamente, enquanto que a RB813804 mostrou-se menos eficiente, onde para cada quilo de P absorvido, houve uma produção de 1.427 kg de massa seca (Figura 13). Da mesma forma que para N, os resultados de eficiência na utilização do P por diferentes variedades de cana-de-açúcar encontradas por Soriano (2007), também, mostraram que a RB92579 e RB867515 foram mais eficientes na utilização do P.

Na análise dos dados de eficiência de K, a RB92579 destacou-se entre as demais, produzindo, em média, 189 kg de massa seca para cada quilo de K, enquanto que as variedades intermediárias produziram, em média, 158 kg kg⁻¹ de K (Figura 13). As variedades menos eficientes produziram 70% menos massa seca quando comparados com a eficiência da RB92579.

A alta eficiência na utilização do P e do K pela RB92579 pode ser justificada ao relacionar-se os resultados de extração desses nutrientes (Quadro 3) com a elevada produção de massa seca (Figura 6). De acordo com Mendes (2006), cultivares de mesma espécie podem apresentar o mesmo acúmulo de um determinado nutriente, todavia a produção de biomassa é a resultante da eficiência nutricional.

Os resultados de eficiência para Ca e Mg mostraram que a SP79-1011 foi mais eficiente na utilização desses nutrientes, apresentando valores médios de 304 e 937 kg kg⁻¹ de Ca e Mg, respectivamente (Figura 13). Contudo, observou-se, também, que a produção de massa seca (Figura 6) e os valores médios de extração (Quadro 3) foram baixos. Comparando-se com as RB92579 e RB867515 foi possível observar que as mesmas apresentaram as maiores medias de extração de Ca e Mg, porém a produção de massa seca,

mesmo sendo elevada, não foi suficiente para evidenciar uma maior eficiência para esses nutrientes. Soriano (2007), também, observou que as variedades menos produtivas de massa verde de colmo e menos extratoras de Ca e Mg foram mais eficientes na utilização desses nutrientes.

Como a variedade SP79-1011 mostrou-se mais eficiente na utilização do Ca e Mg, essa pode ser uma indicação de recomendação dessa variedade em solos ácidos e pobres nesses elementos, ou seja, em ambientes de baixa fertilidade natural.

VII. Dinâmica da extração de nutrientes por componente da parte aérea da cana-de-açúcar.

Avaliando o comportamento da extração de nutrientes nas variedades, por componente da parte aérea (colmo, folha e ponteiro) foi possível constatar diferença significativa entre as partes estudadas (Figura 14).

Observou-se que até os 120 DAP, a extração dos nutrientes N, P e K foi maior nas folhas, enquanto que a extração de Ca e Mg no colmo (Figura 14). Como a quantidade de massa seca produzida nas folhas até 120 DAP foi maior que a do colmo (Figura 8 e 9), acredita-se que nessa época as folhas estariam em plena atividade metabólica, concentrando nutrientes considerados móveis na planta como N, P e K, elevando as quantidades acumuladas nesse componente.

Como o Ca é componente da estrutura da parede celular, a sua mobilidade nas plantas é menor, concentrando-se nos órgãos de menor atividade metabólica, como o colmo da cana-de-açúcar.

De modo geral, observou-se que após 120 DAP, o comportamento da extração dos nutrientes mostrou-se linear decrescente no componente folha e linear crescente no componente ponteiro, com exceção do P e Ca, que apresentaram comportamento curvilíneo de efeito quadrático para esse componente (Figura 14). Assim, constatou-se uma translocação dos nutrientes N, Mg e K, das folhas para o ponteiro durante todo ciclo da cultura, provavelmente, por ser esse componente o de mais intensa atividade metabólica. O P e o Ca, apesar do efeito curvilíneo, o comportamento foi de acúmulo no ponteiro em função do tempo de cultivo.

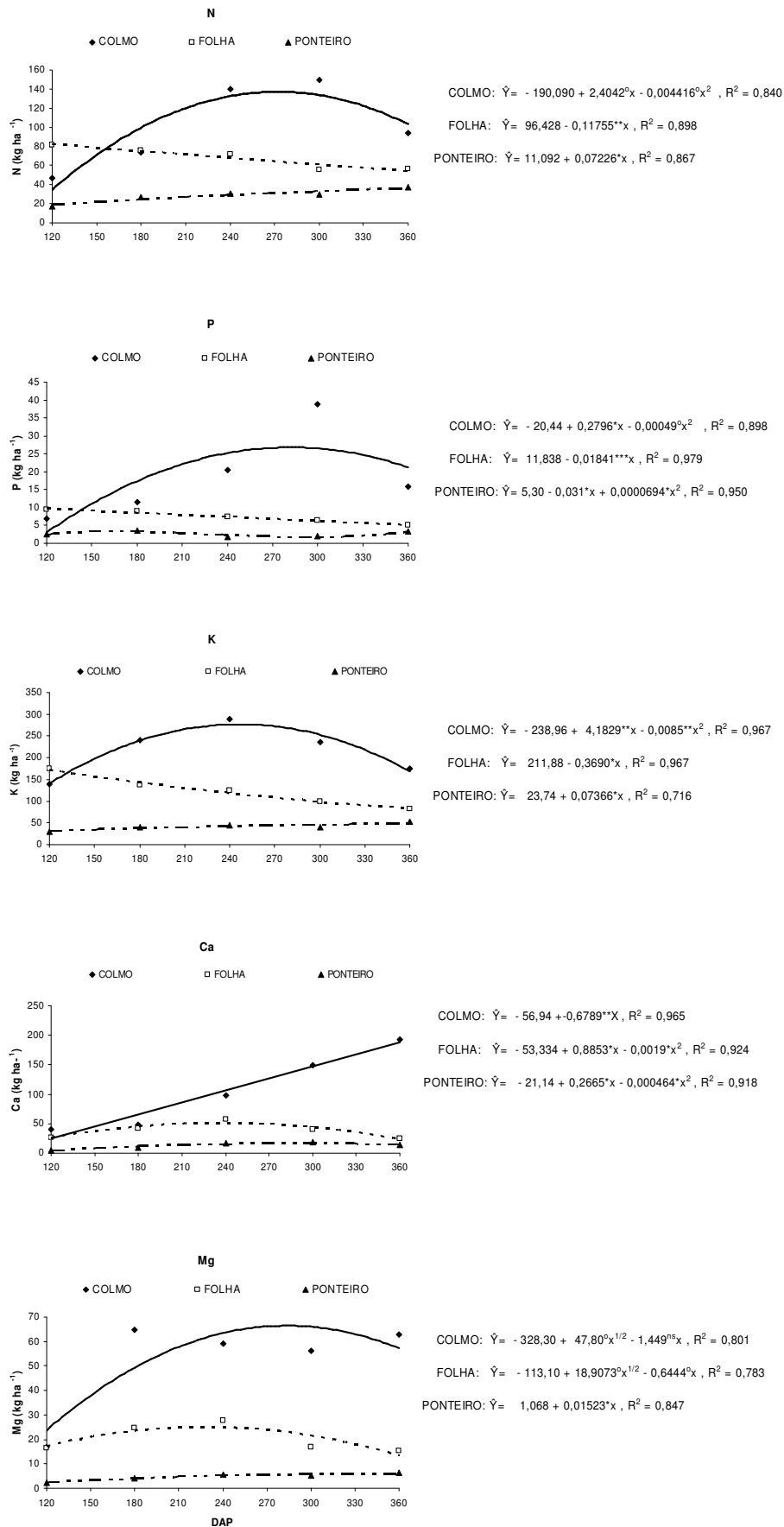


Figura 14. Extração média de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio por componente da parte área da cana-de-açúcar em função do tempo.

A extração dos nutrientes pelo colmo ajustou-se a modelo curvilíneo de efeito quadrático, com exceção do Ca que apresentou modelo linear crescente. Para o N, P, K e Mg a extração máxima estimada ocorreu aos 272, 285, 246 e 272 DAP, respectivamente. Para Ca, a extração não apresenta valor máximo, podendo-se considerar que até, aproximadamente, 360 DAP, as variedades continuaram acumulando Ca no colmo (Figura 14). Orlando Filho (1978) e Silva (2007), avaliando em variedades de cana-de-açúcar o acúmulo dos nutrientes no tempo, observaram que a extração foi crescente até o final dos experimentos.

Na folha constatou-se que o N, P e K são extraídos em maiores quantidades no início do ciclo da cultura, seguido de um decréscimo durante o desenvolvimento da planta. Para o Ca e Mg, observou-se que há um crescimento da extração, estimando-se que esse crescimento vai até 233 e 216 DAP, respectivamente (Figura 14). A partir daí, segue-se uma diminuição nas quantidades extraídas até a colheita

A extração dos nutrientes pelo ponteiro foi crescente durante o desenvolvimento da cultura, mostrando um comportamento de acúmulo de nutrientes nesse componente, inclusive com efeito linear para N, K e Mg (Figura 14).

Os resultados de extração em função do tempo encontrados neste trabalho permitem recomendar adubações, principalmente de N, P e K até os 120 DAP, uma vez que, a máxima extração nas folhas ocorreu nesse período e, segundo Castro (2000), na cana-planta, o perfilhamento máximo pode ocorrer até os 120 DAP, seguido de crescimento vegetativo até 300 DAP. Desta forma, no período que se estende do máximo perfilhamento até o máximo crescimento, a cana-de-açúcar precisaria estar nutrida para uma formação adequada de folhas que são responsáveis pelo crescimento vegetativo e, conseqüentemente, formação de colmos.

VIII. Exportação de nutrientes pela cana de açúcar

Avaliando os resultados de extração e exportação de N, P, K, Ca e Mg, foi possível constatar que houve diferença significativa entre as variedades de cana-de-açúcar (Quadro 4). Para quantificar os nutrientes que foram exportados no colmo aos 360 DAP, tomaram-se como base de comparação os grupos de variedades que apresentaram as maiores e menores médias de extração total.

Com relação ao N foi possível observar que a RB763710, seguida da RB867515 e RB872552 apresentaram as maiores médias de extração, onde as quantidades acumuladas no colmo foram responsáveis por 59% de todo N absorvido (Quadro 4). Nas variedades de menor extração, a exportação foi, em média, de 24%. Valores semelhantes foram observados por Korndorffer et al. (1997) nas variedades RB72454, SP71-6163, SP70-1143 e SP71-1406, em que destacou-se a cultivar RB72454, com 58% do N absorvido alocado nos colmos. Wood et al. (1996) em estudo com a Q117 e Q138 e Gava et al. (2001) trabalhando com a SP80-1842, também, observaram que cerca de 60% do N absorvido acumulou-se nos colmos.

Os resultados de exportação para P mostraram que no final do ciclo (360 DAP), as exportações variaram, em média, entre 18 kg ha⁻¹ nas variedades que mais extraíram P e 10 kg ha⁻¹ nas variedades que menos extraíram, correspondendo, respectivamente, a 53 a 60 % do P absorvido pela planta (Quadro 4). Silva (2007), analisando o acúmulo de P no colmo de sete variedades, observou valores médios crescentes de 36,3 a 51,1% aos 360 DAP. Barbosa et al. (2002) e Coteli (2002), avaliando a extração de nutrientes em cana-planta pelas variedades RB72454 e SP81-3250 sob cultivo de sequeiro, observou que o P alocado no colmo correspondeu, em média, a 79% do total absorvido pela planta.

Quadro 4. Extração e Exportação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em diferentes variedades de cana-de-açúcar

Variedades	Extração	Exportação
N		
----- kg ha ⁻¹ -----		
RB72454	153,10H	84,85G
RB763710	260,06A	167,43A
RB813804	97,92j	27,11J
RB863129	142,31I	36,36H
RB867515	237,46B	152,33B
RB872552	225,99C	105,96E
RB92579	204,90E	129,68D
RB943365	174,97G	89,71F
SP78-4764	222,14D	134,99C
SP79-1011	95,46K	17,72J
SP81-3250	174,97G	85,19G
P		
RB72454	23,06H	12,80H
RB763710	32,90A	19,20A
RB813804	18,64J	9,47K
RB863129	17,52K	11,80I
RB867515	30,0B	18,40B
RB872552	28,30D	17,70D
RB92579	23,30G	16,10E
RB943365	27,10E	14,40G
SP78-4764	29,40C	18,20C
SP79-1011	21,46I	9,40J
SP81-3250	26,40F	16,00F
K		
RB72454	295,00H	171,70G
RB763710	368,00A	225,20A
RB813804	249,50J	96,80K
RB863129	229,10K	136,80J
RB867515	361,80B	222,30B
RB872552	344,21E	285,70F
RB92579	344,80D	197,70D
RB943365	299,50F	165,40H
SP78-4764	359,10C	219,20C
SP79-1011	276,60I	109,40I
SP81-3250	297,40G	190,30E
Ca		
RB72454	201,57H	185,20H
RB763710	320,30A	265,00A
RB813804	199,60I	148,80K
RB863129	192,60J	172,70J
RB867515	271,70B	202,30B
RB872552	230,90F	192,60F
RB92579	259,60D	196,20C
RB943365	228,90F	193,90D
SP78-4764	241,90C	192,60E
SP79-1011	170,70K	184,10I
SP81-3250	209,20G	191,30G
Mg		
RB72454	80,20G	60,80H
RB763710	103,80B	99,00A
RB813804	66,90J	36,10K
RB863129	73,30I	54,00I
RB867515	121,40A	67,90B
RB872552	88,90D	64,10E
RB92579	83,40E	66,80C
RB943365	82,10F	64,50D
SP78-4764	94,73C	63,00F
SP79-1011	61,20K	51,90J
SP81-3250	79,70H	62,10G

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna , não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Analisando o acúmulo de K no colmo, observou-se que nas variedades mais eficientes em extrair K do solo, o colmo é responsável por 61% do total absorvido pela planta (Quadro 4). Entre as variedades menos eficientes, estimou-se que 45% do total extraído, encontrava-se no colmo. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Silva (2007), que observou acúmulo de 46% de K no colmo .

Da mesma forma que o K, a RB763710 seguida da RB867515 e SP78-4764, mostraram as maiores médias de extração de Ca no colmo, com valores variando entre 241 a 320 kg ha⁻¹ (Quadro 4). Para Mg a variedade RB867515 mostrou-se mais eficiente na absorção, apresentando valor médio de 121 kg ha⁻¹. Para ambos os nutrientes, as RB813804, RB863129 e SP79-1011, mostraram-se menos eficientes para extrair Ca e Mg do solo, apresentando médias de extração da ordem de 187 e 67 kg ha⁻¹, respectivamente.

Entre as variedades que apresentaram a maior e menor eficiência na extração do Ca e Mg, pôde-se observar que 79 a 90 % do Ca extraído foi encontrado no colmo, enquanto que para o Mg, esse acúmulo correspondeu, em média, a 71% do Mg absorvido (Quadro 4). Trabalhos realizados por outros pesquisadores (ORLANDO FILHO, 1978; BARBOSA et al., 2002; COLETI et al., 2002) mostraram que as quantidades de Ca e Mg encontradas no colmo variaram entre 61 e 74%.

IX. Produção agrícola e aspectos tecnológicos em cana-de-açúcar

Os dados de produtividade agrícola nas variedades evidenciaram a formação de dois grupos distintos: as RB763710, SP81-3250 e RB92579 foram as mais produtivas, com valores de 211 a 255 t ha⁻¹, seguidas pelas demais variedades, que foram 69% menos produtivas (Quadro 5). Os resultados de produção encontrados nesse estudo são superiores aos de Silveira et al. (2002) que avaliando as variedades RB72454 e RB867515 em regime de irrigação, observaram produtividades médias de 122 e 151 t ha⁻¹, respectivamente. Soriano (2007), que avaliando diferentes variedades de cana-de-açúcar em regime de sequeiro, observou que a variedade RB92579 mostrou o maior valor de produtividade agrícola (101 t ha⁻¹). Assim, pode-se constatar que as produtividades encontradas neste estudo foram superiores as observadas por outros pesquisadores. Como as variedades nessa pesquisa

foram conduzidas em regime de irrigação plena, a disponibilidade hídrica na fase de crescimento não limitou-se a estação chuvosa, promovendo um desenvolvimento adequado da cultura. De acordo com Coelho et al. (2002) a irrigação na fase de crescimento proporciona maiores produtividades, além de uma maior longevidade dos canaviais.

As variedades SP81-3250 e RB92579, obtiveram as maiores produtividades agrícolas, levando a as mesmas a apresentarem os maiores valores de TPH, com média de 37,4 e 42,6 t ha⁻¹, respectivamente. Os valores encontrados para as demais variedades não apresentaram diferença significativa, mostrando valores que variaram entre 24,2 e 33,4 t ha⁻¹. Coelho et al. (2002) que estudando comportamento da variedade RB72454 ao uso da irrigação em diferentes épocas de plantio, observaram valores médios de TPH na ordem de 15,39 t ha⁻¹, valores esses inferiores aos encontrados neste estudo.

Quadro 5. Produtividade agrícola, qualidade do caldo e produção de açúcares em diferentes variedades de cana-de-açúcar

Variedades	TCH	TPH	Caldo			Cana	
			BRIX	POL	Fibra	PC	ATR
	t ha ⁻¹		----- % -----				kg ton ⁻¹
RB72454	191,69B	24,22B	17,45B	14,81B	12,47B	12,64B	124,80B
RB763710	211,93A	27,93B	17,89B	15,11B	11,74B	13,07B	129,52B
RB813804	177,50B	28,46B	20,03A	17,74A	12,04B	15,92A	152,88A
RB863129	181,49B	28,79B	20,14A	17,82A	13,14A	16,04A	150,69A
RB867515	186,08B	29,81B	20,76A	18,23A	12,90A	16,01A	153,67A
RB872552	192,53B	31,57B	20,54A	18,39A	13,15A	16,40A	156,05A
RB92579	255,61A	42,63A	21,13A	18,81A	13,16A	16,67A	159,97A
RB943365	193,19B	33,43B	20,83A	19,00A	14,13A	17,38A	163,88A
SP78-4764	179,25B	28,64B	20,48A	18,20A	13,58A	16,00A	152,84A
SP79-1011	155,05B	25,62B	20,67A	18,57A	13,22A	16,60A	157,58A
SP81-3250	232,54A	37,31A	20,66A	18,08A	12,94A	16,23A	152,83A
CV (%)	12,33	13,07	4,04	5,58	5,96	7,6	6,12

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Quanto aos aspectos tecnológicos, observou-se, também, a formação de dois grupos distintos para as variáveis analisadas (Quadro 5). Avaliando a qualidade do caldo, observou-se que as RB763710 e RB72454 obtiveram os menores valores de BRIX e POL. No entanto, os valores encontrados nas demais variedades são considerados adequados para cana-de-açúcar colhida em início de safra. De acordo com Rodrigues (1995), valores mínimos desejáveis são da ordem de 18 e 14,4%, respectivamente.

Os teores de fibra, encontrados nas variedades, encontraram-se dentro dos níveis ideais estabelecidos para início da colheita da cana-de-açúcar (SEGATO, 2006), não interferindo na eficiência na extração de açúcar.

Na produção de açúcar, observou-se, também, que as RB763710 e RB72454 apresentaram os menores valores de PC e ATR (Quadro 5). As maiores médias desses indicadores foram encontradas nas RB92579 e RB943365 que apresentaram valores de 16,67 e 17,38% e 159,97 e 163,88 kg ton⁻¹, respectivamente. No entanto, esses valores não evidenciaram diferença estatística significativa para as demais variedades. Os resultados encontrados nesse estudo corroboram com as médias encontradas por Soriano (2007), que estudando oito variedades de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas, observou os maiores valores de PC e ATR na RB92579, com valores médios de 19,49 % e 156,97 kg ton⁻¹, respectivamente.

Os dados mostraram que as variedades de maturação média a tardia, exceto as RB72454 e RB763710, não apresentaram diferença estatística significativa das variedades de maturação precoce (Quadro 5), uma vez que os valores de PC e ATR encontrados, podem ser considerados altos para a época em que foram colhidas. Esta constatação, pode ser justificada por uma antecipação na maturação devido as condições hídricas ideais proporcionadas pela irrigação plena do cultivo.

Os resultados obtidos nesse trabalho permitem inferir que a RB92579 se destacou quanto aos parâmetros de perfilhamento, produção de massa seca, crescimento, extração de nutrientes, produção agrícola, qualidade do caldo e produção de açúcar. Portanto, para as condições em que esta pesquisa foi realizada esta variedade é a mais indicada como padrão para futuras comparações com variedades que serão lançadas, principalmente no que diz respeito a estudos de adubação e nutrição da cana-de-açúcar. Tecnicamente,

a RB72579 seria a mais promissora na ocupação de áreas irrigadas e de alta fertilidade do solo.

Nessa mesma pesquisa pôde-se observar, também, que a RB763710, apesar de ter mostrado um dos maiores valores de produção de massa seca, extração de nutrientes e produção agrícola, foi a que menos produziu açúcar (Quadro 5). Assim, a utilização dessa variedade poderia ser mais indicada em programas de melhoramento genético de variedades de cana-de-açúcar, como precursora de crescimento e acúmulo de massa seca, melhorando o padrão de variedades mais ricas em açúcar.

CONCLUSÕES

- I. As variedades RB92579 e SP81-3250 obtiveram maior perfilhamento;
- II. A irrigação proporcionou que o máximo perfilhamento ocorresse entre 60 e 90 DAP;
- III. A variedade SP79-1011 apresentou o menor valor de altura e de produção de massa seca, não sendo recomendada para área de irrigação, devendo ser substituída por variedades como RB872552 ou RB867515;
- IV. Os teores de nutrientes no colmo diminuíram com o crescimento vegetativo da cana-de-açúcar;
- V. Altas quantidades de cálcio trocável do solo, juntamente com prática da irrigação plena, levaram a extração do Ca superar a do N;
- VI. A quantidades extraídas de N, P e K pelas variedades foram superiores as adicionadas via fertilizante;
- VII. Para solos com médios teores de P, a utilização da variedade RB867515 seria mais recomendável;
- VIII. A variedade RB92579 mostrou-se mais eficiente na utilização de K.
- IX. Em solos ácidos com teores de Ca e Mg baixos, a variedade SP79-1011 seria mais recomendável;
- X. Adubações com N, P e K devem ser utilizadas até 120 DAP;
- XI. As quantidades dos nutrientes que se aloca no colmo correspondem a 50% do total absorvido pela planta;
- XII. A irrigação proporcionou produtividades agrícolas elevadas e antecipou o acúmulo de sacarose nas variedades de maturação media tardia.

REFERÊNCIAS

- ANDREIS, H.J. Macro and micronutrient content of millable Florida sugarcane. **Sugar. Jornal.** V. 38, v. 8, p.10-12, 1975.
- ALFONSI, R. R. et al. Condições climáticas para cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização.** Campinas: Fundação Cargil, v. 1, p.42-55. 1987
- ALMEIDA, A.C.S. et al. **Crescimento e absorção de nutrientes em quatro variedades de cana-de-açúcar.** 2006. 21f. Monografia - (Graduação). Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.
- ALVAREZ, F. C. **El registro agronômico de Clementes y su aplicación en Venezuela.** Caracas: Ministério da Agricultura y Cria, 1975. 125p.
- ALVAREZ, V. V. H et al. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.** Viçosa, MG. v. 25, n.1, p. 27-33, jan/mar. 2000 (Boletim informativo).
- ALVAREZ, I.A; CASTRO, P.R.C.; NOGUEIRA, M.C.S. Crescimento de raízes de cana crua e queimada em dois ciclos. **Scientia Agrícola.** Piracicaba, v.57, n.4, p.653-659, 2000.
- ALVAREZ, V. V. H.; FONSENCA, D. M. Determinação de doses de fósforo para determinar a capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v.14, p.49-55, 1990.
- AMORIM, S.R. et al. Macronutrientes em colmos de diferentes cultivares de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 31., 2007 Gramados: **Anais...** Gramado: [s.n], 2007. 1 CD-ROM.
- AQUINO, A. B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará.** Fortaleza: UFC, 1993. 248p.
- ARAÚJO, J. K. S. et al. **Caracterização dos solos das subestações de seleção e experimentação de clones RB (República do Brasil) de cana de açúcar no Estado de Alagoas.** In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL – STAB. 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife, 2002. p. 252- 258
- BARBIERI, V.; BACCHI, O. O. S., VILLA NOVA, N. A. Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharium* spp). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1979. **Anais...** Mossoró-RN.
- BARBOSA, M. H. P. et al. Acúmulo e alocação de nutrientes pela RB72454 no ciclo da cana planta. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL – STAB. 8., 2002, Recife, **Anais...** Recife:[s.n.], 2002. p. 264- 267

BARBOSA, E. A. **Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas - MG.** 2005. 70f. Dissertação - (Mestrado). (UESB). Vitória da Conquista.

BARRETO, G. B. et al. Resultados preliminares de irrigação de cana-de-açúcar pelo sistema de sulcos, em Latossolos Roxo. **Bragantia**. Campinas, v.30, n 21. p 277-288, 1971.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas.** Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

BERNARDO. S. ; SOARES, A. A. MANTOVANE, E. C. **Manual de Irrigação.** Viçosa: MG: ed. UFV, 2005. 611p.

BITTENCOURT, V. C. **Planalsucar.** Comemoração dos 50 anos da Estação Experimental "José Vizioli", Piracicaba, 51-68. 1978.

BRIEGER, F. **Situação do Melhoramento genético da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.** 50 anos da Estação Experimental de Piracicaba. Campinas: Instituto Agrônômico, 1978. 892p.

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

CASTRO, P.R.C. Aplicações da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2000, p.1-9.

CATANI, R. A. et al. A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pela cana-de-açúcar Co419 e o seu crescimento em função da idade. **Anais...** ESALQ, Piracicaba, v.16, p.167-190, 1959.

CAVALCANTI, F.J.A. **Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco.** 2ª aproximação, 2. ed. rev. Recife: IPA, 1998. 198p

CHRISTOFFOLETI, P.J. **Aspectos fisiológicos da brotação, perfilhamento e florescimento da cana-de-açúcar.** Piracicaba, ESALQ, 1986. 80p

CLEMENTS, H. F. Sugarcane nutrition and culture. Lucknow, Indian Institute of **Sugar Reseach**, 1959. 189p.

CLEMENTS, H.F. **Sugar cane crop logging and crop control: principles and practices.** Hawaii: The University Press of Hawaii, 1980. 520p.

COELHO, M.B.; MACIEL, M. L.; BARBOSA, M.H.P. Produção de cana-de-açúcar irrigada no cerrado de Minas Gerais: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL – STAB. 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: [s.n.], 2002. p. 553-560.

COMPANHIA NACIOANAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** cana-de-açúcar, safra 2007/2008. Brasília: Conab, 2007. 13 p.

COLETI, J.T. et al. Remoção de macronutrientes pela cana planta e cana soca, em argissolos, variedades RB83 486 e SP81 3250. CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL – STAB. 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: [s.n.], 2002. p.316-321,

DELGADO, A. A.; CESAR, M. A. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Sertãozinho: Anni, 1977. 3.v.

DILLEWIJN, C. van. **Botany of sugarcane**. Waltham, Chronica Botanica, 1952. 371 p.

DOOREMBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979, 212p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 33).

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212p.

EPSTEIN, E. ; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas; princípios e perspectivas**. Londrina: [s.n.], 2006. 402p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.

FAUCONNIER, R.; BASSEREAU, D. **La cana de azucar**. Barcelona: Blume, 1975. 433p.

FOX, T.C.; GUERINOT, M.L. Molecular biology of cation transport in plants. Annu. **Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** v. 49. p. 669-696, 1998.

GALLO, J.R.; HIROCE, R.; ALVAREZ, R. Levantamento do estado nutricional de canaviais do estado de São Paulo pel análise foliar. **Bragantia**. Campinas, v. 27p. 365-382 , 1989.

GAVA, G. J. de C. et al. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.36, n. 11, 2001.

GOMES, J. F. **Produção de colmos e exportação de macronutrientes primário por cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. 2003. 65 f. Dissertação - (Mestrado). Esalq. São Paulo.

GOMES, H. P. **Engenharia de Irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. João Pessoa: EDUFPB, 1994. 344p.

HART. C. E. Potassium deficiency in sugarcane. **Hawaiian Planter's Record**, Chicago, v. 88, p.229-61, 1929.

HART, C. E.; BURR, G. O. Factores affecting photosynthesis in sugarcane. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings**. Amsterdam, Elsevierp. 1967. p. 593-609.

HAUCK, F. W & DICKISON, J. Conveniencia y experimentacion con potasio en el cultivo de cana de azucar. ATAC: **Rev. Téc. Inform.**. La Habana, v.13. 1954. 626p.

KORNDORFER, G. H: et al. Desempenho de variedades de cana-de-açúcar cultivadas com e sem nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL – STAB. 8., Recife. **Anais...** Recife: [s.n.], 2002. p. 234-238.

KORNDORFFER, G.H.; et al.. Avaliação do nitrogênio da uréia pela cana-planta. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.223-226, 1997.

KOCHIAN, L. V. Molecular, physiology of mineral nutrient acquisition, transport and utilization. In: BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY OF PLANTS. **Americ. Soci. of Plant Physio.** Rockville, 1954. EUA, p. 1204-1249.

JORNAL CANA. Dados e estatísticas.

<<http://www.jornalcana.com.br/conteudo/Conheca%20o%20Setor.asp>>

Acessado em: 10/01/2008

JUNQUEIRA, A. A. B. & DANTAS, B. **A cana-de-açúcar no Brasil, IN: Cultura e adubação da cana-de-açúcar.** São Paulo, Ed.Potassap. 27-60, 1964.

KOFFLER, N. F. ; LIMA, J. F. W. F. ; LACERDA, M. F. ; et al. **Caracterização edafoclimática das regiões canavieiras do Brasil.** 1 ed. Piracicaba: IAA-PLANAULSUCAR. 1986. 78p.

LANDELL, M.G. de A.; et al. Avaliação final de Clones IAC de Cana-de-açúcar da série 1982, em Latossolo Roxo da Região de Ribeirão Preto. **Bragantia.** v. 58, n 2. p 269-280, 1999.

LANDELL, M.G. de A.; ALVAREZ, R.. Cana-de-açúcar. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G. P. , Ed. **O melhoramento de plantas no instituto Agrônomo.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p. 77-93.

LONGO, V. A.; MATSUKA, S. **Morfologia de variedades de cana-de-açúcar: Manual de caracterização.** Piracicaba: PLANALSUCAR, 1984. 16 p.

MACHADO, E.C. Fisiologia de produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.) **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1 p.56-87.

MACHADO, E.C.; et al. Índices biométricos de duas cultivares de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v.17, n.9, p1323-1329, 1982

MALAVOLTA, E.; et al. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais.** São Paulo: Liv. Pioneira: EDUSP, 1967. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI,G.C.; OLIVRIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas.** Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.

- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G.(Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Edusp, 1979. v.1. p. 331-349.
- MATIOLI, C. S.; BARCELOS, J. **Irrigação suplementar de cana-de-açúcar**. Estudo comparativo: Pivô Contral x Auto-propelido. Publicações técnicas: Álcool e Açúcar. v.15. n.73, abril/maio. 48p. 1994.
- MATSOUKA, S. **Guia das principais variedades RB**. Araras: SP 10p. 1999.
- MENDES, L. C. **Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar**. Viçosa: MG. 2006. 46f. Dissertação – (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.
- MIYAZANA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M.F.M. Determination of Ca, Mg K, mn, Cu, Zn, Fé and P in coffee, soybean, corn, sunflower and pasture grass leaf tissues by HCL extration methods. **Camm. Soil. Sci. Plant. Anal.**, New York, v. 15 n. 2 . p. 141- 148, 1984.
- MOURA FILHO, G.; et al. **Crescimento e absorção de nutrientes em quatro variedades de cana-de-açúcar**. In: SEMINÁRIO ALAGOANO SOBRE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR. Maceió: STAB Leste, 2006. CD- Rom.
- NASCIMENTO, R; et al. Estudos comportamentais de variedades e clones de cana-de-açúcar na região de Monte Belo –MG: Três épocas de colheita. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL – STAB. 8., 2002, Recife, **Anais...** Recife [s.n.], 2002p. 331-340.
- NOVAIS, R.F; SMYTH, T. J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG.: UFV, 1999. 399 p
- OLIVEIRA, M. W. ; et al. **Lixiviação de nitrogênio em solo cultivado com cana-de-açúcar**. experimento em lisímetro. Local: STAB, 1999. v. 18.
- OLIVEIRA, R.A.; et al.. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiana, v.37, n.2. p.71-76, 2007.
- OLIVEIRA, R.A.; et al. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, cana planta, no Estado do Paraná: Taxas de crescimento. **Revista Ciencia Agrária**, Curitiba, v.6, n.1-2, p.85-89, 2005.
- OLIVEIRA, R.A.; et al. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, cana planta, no Estado do Paraná. **Revista Ciencia Agrária**, Curitiba, v.5, n.1-2, p.87-94, 2004. (Coleção PLANALSUCAR, n. 2)
- ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba,: [s.n.], 1983. 369p.
- ORLANDO FILHO. J. ; HAAG, H.P.; ZAMBELLO JUNIOR, E. **Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB41-76, em**

função da idade, em solos do estado de São Paulo. PLANAULSUCAR, Piracicaba: fev. 1980. p. 1-128. (Boletim Técnico, n. 2)

ORLANDO FILHO. J. **Abasorção dos macronutrientes pela cana-de-açúcar (Saccharum spp.) var. CB41-76, em três grandes grupos de solos no estado de, no estado de São Paulo.** 1978 .154f. Tese – (Doutorado).

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 33p (Boletim técnico, n. 114).

PORTES, T.A.; CASTRO JÚNIOR, L.G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.3, p. 53-56, 1991.

PRADO, M. de M; FERNADES, F. M; NATALE, W. Calcário e Escória siderúrgica, avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba: v. 59, n.1, p.129-135. mar, 2002.

RAMOS, F. A. P. **Comportamento da cana-de-açúcar, cultivar SP79-1011, submetida a diferentes épocas de plantio em duas condições edafoclimáticas,** 2006. 63f Dissertação – (Mestrado). Areia: PB.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: POTAFÒS, 1991. 343 p.

ROCHA, A. T. **Gesso mineral na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar e implicações na produtividade agrícola e industrial.** 2007. 69 f. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Tese – (Doutorado).

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar.** Botucatu: Instituto de Biociências. 1995. 69p.

SAEG . **Sistema para Análises Estatísticas,** Versão 9.1: Viçosa: MG. Fundação Arthur Bernardes - UFV, 1999.

SAS. Institute, Inc. The SAS System for windows: Estados Unidos,1999. 1CD-ROM.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. **Análise química em plantas.** Piracicaba: Esalq, 1974. 56p.

SALDANHA, E. C M; FREIRE, F.J. & FREIRE, M. B. G. Acumulação de cálcio, magnésio e potássio na cana soca. In JORNADA DE ENINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFRPE. 2., 2002, Recife, **Anais**, Recife, 2002, 1 CD-ROM.

SEGALLA, A.L.; ALVAREZ, R. Contribuição ao desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar em São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 20. n. 6.p. 1-35, 1968.

- SEGATO, S. V.; et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006. 415p.
- SCARDUA, R.; ROSENFELD, U., Irrigação da cana-de-açúcar In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.373-431.
- SILVA, D. K. T. **Crescimento de cultivares de cana-de-açúcar em primeira soca na região noroeste do paraná na safra de 2002/2003..** 2005B. 73p. Dissertação - (Mestrado). Curitiba: UFPA
- SILVA JUNIOR L. D. **Estágio de desenvolvimento e exigências da cultura cana-de-açúcar**. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- SILVA, L. C. **Análise de crescimento e acúmulo nutrientes de sete cultivares de cana-de-açúcar na Região de coruripe**. 2007. Dissertação - (Mestrado), UFAL.
- SILVA, L.C. **Fenologia de quatro variedades de cana-de-açúcar, sob irrigação por gotejamento.**, 21f, 2005A. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo.
- SILVA, M. DE A; ET AL. Avaliação de Clones de híbridos IAC de cana-de-açúcar, série 1985, na região de Jaú (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 58, n 2. p 335-340, 1999.
- SILVEIRA, L. C. I.; et al. Crescimento e produção de sacarose por seis variedades de cana. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL – STAB. 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife [s.n.] 2002. p. 337-340.
- SIMÕES, A.L; MARCIEL, G. A; SIMÕES NETO, D. E & SIMÕES T. N. S. M. Avaliação de clones de cana-de-açúcar (*saccharum spp*) para os tabuleiros costeiros de Pernambuco. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL – STAB. 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: [s.n.], 2002. p. 325-330.
- SIMIÕES NETO, D. E.; MELO, L. J.O. T. **Lançamentos de novas variedades RB de cana-de-açúcar**. Recife:UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. 28p.
- SIZOU. MATSOUKA. **Guia das principais variedades RB**. Araras. São Paulo 1999. 10p.
- SOARES, L. FERREIRA, et al. Estimção do coeficiente de rentabilidade de características agroindustriais de genótipos de cana-de-açúcar em Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL – STAB. 8., 2002, Recife. **Anais...**Recife: [s.n.], 2002 p. 376-379.
- SORIANO, H. L. **Extração e eficiência na utilização de macro e micro nutrientespor variedades RB de cana-de-açúcar** . 22p, 2007. Monografia - (Graduação). Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

TRIVELIN, C. P. **Três casos estudados com uso de traçador ¹⁵N**. Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo – CENA/USP. Para obtenção do título de Livre Docente. Piracicaba, março 2000, 139p.

TOKESHI, H. Perfilhamento e perdas pelo carvão da cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.4, n.5, p.34-44, 1986.

BURNQUI, W.L. Centro de tecnologia do açúcar: COOPERSUCAR. 1996. 10p.

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, **Field Crop. Research**, v.48, p. 223-233, 1996.

APÊNDICE

RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Quadro 1. Resumo da análise de variância de perfilhamento, altura, diâmetro e matéria seca em diferentes variedades de cana-de-açúcar.

Fonte de Variação	Perfilhamento	Altura	Diâmetro	Matéria Seca
	----- Quadrado Médio -----			
Bloco	607,7962 ^{ns}	8233,278 ^{***}	19,6930 ^{***}	133,0754 [*]
Variedade	16319,69 ^{***}	13157,19 ^{***}	32,8629 ^{***}	1320,842 ^{***}
Tempo	139261,5 ^{***}	654330,6 ^{***}	1072,025 ^{***}	222420,08 ^{***}
Tempo*Variedade	1943,048 ^{***}	777,7143 ^{***}	6,8126 ^{***}	133,5299 ^{***}
CV(%)	21,270	9,5822	7,5115	11,137
Média	144,93	200,81	21,584	50,474

^{***}, ^{**} e ^{*}, significativo a 0,1 e 5%, respectivamente. ^{ns} não significativo.

Quadro 2. Resumo da análise de variância dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio no colmo em diferentes variedades de cana-de-açúcar.

Fonte de Variação	N	P	K	Ca	Mg
	----- Quadrado Médio -----				
Bloco	0,06427 ^{ns}	0,071471 ^{**}	43,6375 ^{***}	0,0766 ^{ns}	0,3763 ^{**}
Variedade	2,2474 ^{***}	0,0688 ^{***}	56,0943 ^{***}	0,7060 [*]	0,3014 ^{***}
Tempo	109,7071 ^{***}	3,2672 ^{***}	1750,638 ^{***}	107,1572 ^{***}	21,7672 ^{***}
Tempo*Variedade	1,1696 ^{***}	0,0178 [*]	12,2283 ^{***}	0,6154 ^{**}	0,0958 [*]
CV(%)	9,1782	18,833	21,488	12,475	17,332
Média	3,1756	0,5591	8,4488	4,6372	1,6175

^{***}, ^{**} e ^{*}, significativo a 0,1, 1 e 5%, respectivamente. ^{ns} não significativo.

Quadro 3. Resultado da análise de variância da extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio no colmo, folha, ponteiro e total em diferentes variedades de cana-de-açúcar.

Fonte de Variação	N	P	K	Ca	Mg
----- Quadrado Médio -----					
Colmo					
Bloco	427,1961 [*]	50,7872 [*]	67607,65 ^{***}	6121,732 ^{**}	473,6563 [*]
Variedade	13599,78 ^{***}	175,7227 ^{***}	48570,14 ^{***}	15385,92 ^{***}	2790,139 ^{***}
Tempo	84391,69 ^{***}	6813,855 ^{***}	144233,4 ^{***}	345763,3 ^{***}	17543,96 ^{***}
Tempo*Variedade	3129,730 ^{***}	52,4171 ^{***}	7802,503 [*]	2160,542 [*]	261,9513 ^{**}
CV(%)	12,668	26,982	32,885	22,655	23,542
Média	100,73	18,464	214,51	163,31	51,961
Folha					
Bloco	49,2621 ^{ns}	8,0354 [*]	2572,494 [*]	412,1952 [*]	378,8435 [*]
Variedade	5968,868 ^{***}	44,7305 ^{***}	12017,21 ^{***}	2044,339 ^{***}	733,0942 ^{**}
Tempo	7928,648 ^{***}	137,0231 ^{***}	55692,06 ^{***}	7596,012 ^{***}	976,2596 ^{**}
Tempo*Variedade	1631,207 ^{***}	7,8689 ^{**}	2194,487 ^{***}	356,3948 ^{***}	318,5497 [*]
CV(%)	30,949	26,770	24,816	28,975	81,928
Média	67,022	7,4226	123,36	38,416	19,654
Ponteiro					
Bloco	49,5943 [*]	4,1573 [*]	337,9009 [*]	23,8943 ^{ns}	8,8565 [*]
Variedade	538,3342 ^{***}	4,6863 [*]	918,5013 ^{**}	142,9120 ^{***}	14,9599 ^{***}
Tempo	2382,099 ^{***}	84,1733 ^{***}	2990,198 ^{***}	1294,844 ^{***}	108,9570 ^{***}
Tempo*Variedade	306,8573 ^{***}	3,3972 [*]	399,1552 [*]	74,5043 ^{***}	8,2860 ^{***}
CV(%)	18,465	46,887	38,156	38,866	35,588
Média	28,442	3,0661	41,458	12,786	4,7289
Total					
Bloco	472,0554 ^{ns}	16,7016 [*]	79104,07 ^{***}	766,5961 ^{ns}	200,5580 [*]
Variedade	36618,30 ^{ns}	405,7627 ^{***}	68388,44 ^{***}	31300,09 ^{***}	5974,393 ^{***}
Tempo	74030,60 ^{***}	5205,324 ^{***}	243895,6 ^{***}	437304,8 ^{***}	25976,33 ^{***}
Tempo*Variedade	4311,011 ^{***}	94,7438 ^{***}	12925,83 ^{**}	3627,361 ^{***}	540,6544 ^{***}
CV(%)	12,129	13,914	22,158	15,357	16,123
Média	196,18	29,030	375,86	211,95	76,251

***, ** e *, significativo a 0,1, 1 e 5%, respectivamente. ^{ns} não significativo.