



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS
AGROTECNOLÓGICAS
DE DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇÚCAR INFLUENCIADAS
POR DIFERENTES ÉPOCAS DE
SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE
ADUBAÇÃO.**

FRANKLIN MEIRELES DE OLIVEIRA

2011

FRANKLIN MEIRELES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AGROTECNOLÓGICAS
DE DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR INFLUENCIADAS
POR DIFERENTES ÉPOCAS DE SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO E
NÍVEIS DE ADUBAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título “Magister Scientiae”

Orientador
Prof. Dr. Ignacio Aspiazú

JANAÚBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

O48a Oliveira, Franklin Meireles de.
Avaliação das características agrotecnológicas de duas variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes épocas de supressão de irrigação e níveis de adubação [manuscrito] / Franklin Meireles de Oliveira. – 2011. 110 p.

Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semi-Árido, Universidade Estadual de Montes Claros-Unimontes, 2011.
Orientador: Prof^o. D.Sc. Ignácio Aspiazú.

1. Cana-de-açúcar. 2. Manejo. 3. Semiárido I. Aspiazú, Ignácio. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.61

FRANKLIN MEIRELES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS
AGROTECNOLÓGICAS DE DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇÚCAR INFLUENCIADAS POR DIFERENTES ÉPOCAS DE
SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO**

APROVADA em 31 de janeiro de 2011.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título “Magister Scientiae”

**Prof. Dr. Ignacio Aspiazú
(Orientador-UNIMONTES)**

**Prof. Dr. Marcos Koiti Kondo
(Coorientador-UNIMONTES)**

**Prf. Dr. Rodinei Facco Pegoraro
(Coorientador-UNIMONTES)**

**Prof. Dr. Iran Dias Borges
(Coorientador-Universidade Federal
São João Del Rei)**

**JANAÚBA
MINAS GERAIS-BRASIL
2011**

A toda minha Família,
Principalmente à minha mãe, à minha namorada,
Pelo apoio, amor e incentivo nos momentos fáceis e difíceis dando mais
forças para a realização deste trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade da vida e por me proporcionar mais esta vitória;

À minha mãe, Idaélia Machado Meireles, que sempre me incentivou nos estudos e foi base em toda minha vida acadêmica; obrigado por mais esta oportunidade de conquistar esta vitória tão importante na minha vida, sou muito orgulhoso em ter uma mãe assim;

Ao apoio incondicional de toda minha família, Cristiane, Dayane e Lucyanne (irmãs), Gilson (cunhado), Idalva (madrinha), e os sobrinhos Enzo, Dandara e Taerê;

À minha namorada, Poliana Batista de Aguiar, pelo carinho, atenção, auxílio e incentivo na minha vida;

Ao Professor Ignacio Aspiazú, pela valiosa orientação e enormidade de ensinamentos;

Aos Professores Marcos Koiti Kondo e Rodinei Facco Pegoraro, pela co-orientação e ensinamentos acrescentados cada vez mais nos meus conhecimentos;

Ao Professor Iran Dias Borges, que iniciou minha orientação e projeto.

Ao Professor Sidnei Reis, pelo auxílio no procedimento estatístico aplicado no trabalho.

À Usina São Judas Tadeu (SADA Bioenergia) e o funcionário e amigo Edilson Viana, pelo auxílio e empenho na execução das análises do experimento.

À UNIMONTES e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, pela estrutura e oportunidade.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da UNIMONTES, Klevisson José da Silva, Valmir da Silva Medeiros, Messias e, em especial, ao Fábio Aparecido, pelo apoio na condução e coletas dos dados experimentais.

Ao amigo do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Guilherme Borém.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse sonho, meu eterno agradecimento.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURA.....	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1 - INTRODUÇÃO.....	14
2- REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1- Cana-de-açúcar.....	18
2.2 Crescimento e Desenvolvimento da Cana-de-açúcar.....	19
2.3 Nutrição de cana-de-açúcar com Nitrogênio e Potássio.....	23
2.3.1 Nitrogênio.....	23
2.3.2 Potássio.....	33
2.4 Variedades de cana-de-açúcar.....	39
2.5 Exigências hídricas da cana-de-açúcar.....	41
2.6 A cana-de-açúcar no Norte de Minas Gerais.....	42
2.7 Qualidade industrial da Matéria-Prima.....	44
3 – MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.1 Local, solo e clima.....	49
3.2 Delineamento experimental.....	49
3.3 Níveis de adubação.....	50
3.4 Irrigação.....	52
3.5 Coletas e análise de dados agronômicos.....	54
3.6 Coleta e análise de dados tecnológicos.....	55
3.6.1 Brix do caldo.....	55
3.6.2 Pol no caldo extraído – Pol % caldo.....	55

3.6.3	Peso do Bolo Úmido.....	56
3.6.4	Fibra na cana-de-açúcar - F	56
3.6.5	Cálculos do coeficiente -C	56
3.6.6	Brix na cana-de-açúcar – Brix % cana	57
3.6.7	Pol na cana-de-açúcar – Pol % cana.....	57
3.6.8	Pureza	57
3.6.9	Açúcares redutores no caldo extraído – AR % caldo	58
3.6.10	Açúcares redutores na cana-de-açúcar – AR % cana	58
3.6.11	Açúcares redutores totais no caldo extraído – ART % caldo.....	58
3.6.12	Açúcares redutores totais na cana-de-açúcar – ART % cana.....	58
3.6.13	Açúcares totais recuperáveis-ATR.....	58
3.6.14	Álcool hidratado	59
3.7	Análises estatísticas	59
4	- RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
4.1	Análises de Variância	60
4.2	Variáveis Agronômicas.....	62
4.3	Variáveis Tecnológicas	76
5	- CONCLUSÕES	93
6	- REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	94

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar.....	41
TABELA 2. Valores de adubação mineral em kg ha ⁻¹ de fontes de cloreto de potássio e sulfato de amônio nos tratamentos.	50
TABELA3. Resultados da análise química do solo da área experimental, realizada em novembro de 2007. UNIMONTES, Janaúba, MG.....	51
TABELA 4. Características agrônômicas das variedades utilizadas no projeto.....	51
TABELA 5. Resumo das análises de variância para as variáveis Pureza, Brix, Pol da cana, Pol do caldo e açúcares redutores (AR), Janaúba, MG, 2011.....	60
TABELA 6. Resumo das análises de variância para as variáveis fibra, litros de álcool esperado (L ALCOOL), altura, diâmetro de colmo(DIAM COLMO) e número de perfilho (Nº PERFILHO). Janaúba-MG, 2011. .	61
TABELA 7. Resumo das análises de variância para as variáveis número de colmos industrializáveis (Nº COLMO), produtividade (PRODUT), Açúcares teóricos recuperáveis (ATR) e Umidade. Janaúba-MG, 2011.	62
TABELA 8. Médias dos valores de diâmetro de colmo (DIAM DE COLMO), número de perfilho por m (Nº PERFILHO) e número de colmos por m (Nº COLMOS) no desdobramento do período de irrigação e precipitação (DIAC) com variedades dentro de cada nível de adubação.	63
TABELA 9. Médias dos valores de diâmetro de colmo (DIAM DE COLMO), número de perfilho por m (Nº PERFILHO) e número de colmos por m (Nº COLMOS), interagindo com cada nível de adubação	

dentro dos períodos (Dias de irrigação mais precipitação após corte “DIAC”) e variedades.	67
TABELA 10. Média dos valores de fibra, altura, produtividade total de cana (PRODUT TOTAL), no desdobramento do período de irrigação e precipitação (DIAC) com variedades dentro de cada nível de adubação.	70
TABELA 11. Média dos valores de fibra, altura em m e produtividade total (PRODUT TOTAL) em toneladas de cana por hectare (PRODUT TOTAL),) interagindo com cada nível de adubação dentro dos períodos (Dias de irrigação mais precipitação após corte “DIAC”) e variedades.	74
TABELA 12 Médias dos valores de Brix em caldo, Pol da cana e Pol do caldo no desdobramento do período de irrigação e precipitação (DIAC) com variedades dentro de cada nível de adubação.....	78
TABELA 13. Médias dos valores de brix em caldo, Pol da cana e Pol do caldo interagindo com cada nível de adubação dentro dos períodos (Dias de irrigação mais precipitação após corte “DIAC”) e variedades.	80
TABELA 14. Médias dos valores de porcentagens de Açúcares redutores (AR), Açúcares redutores totais (ART) e kg de açúcar por tonelada de cana, Açúcares teórico recuperáveis (ATR) do caldo no desdobramento do período de irrigação e precipitação (DIAC) com variedades dentro de cada nível de adubação.....	83
TABELA 15 Médias dos valores de porcentagens de açúcares redutores(AR) , açúcares redutores totais (ART)e kg de açúcar por tonelada de cana, açúcares teórico recuperáveis (ATR) do caldo, interagindo com cada nível de adubação dentro dos períodos (Dias de irrigação mais precipitação após corte “DIAC”) e variedades.	84

TABELA 16.Médias dos valores de porcentagem de Pureza, litros álcool esperado por tonelada de cana (LITRS ALCOOL), e porcentagem da Umidade no desdobramento do período de irrigação e precipitação (DIAC) com variedades dentro de cada nível de adubação. 88

TABELA 17. Médias dos valores de porcentagem de pureza, litros álcool esperado por tonelada de cana (LITRS ÁLCOOL), e porcentagem da Umidade interagindo com cada nível de adubação dentro dos períodos (Dias de irrigação mais precipitação após corte “DIAC”) e variedades. 90

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1. Dados médios de temperatura, em graus Celsius (°C), e precipitação pluvial acumulada por quinzena, em milímetros (mm), em Janaúba-MG, de 01/10/2009 a 30/09/2010. Dados obtidos na Estação Climatológica da EPAMIG, Nova Porteirinha-MG, 2011.....	53
---	----

RESUMO

OLIVEIRA, Franklin Meireles. **Avaliação das características agrotecnológica de duas variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes épocas de supressão de irrigação e níveis de adubação.** 2011. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.¹

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma espécie adaptada às condições climáticas tropicais e tem apresentado papel fundamental no desenvolvimento econômico da região Sudeste do Brasil, avaliada por meio de análise de crescimento, das respostas fisiológicas e da produção. O Brasil desponta como principal produtor desta cultura tendo em toda sua área territorial condições favoráveis para seu cultivo. Porém, estudos apontam que muitos produtores da região Nortemineira, por enfrentarem variados problemas, destacando-se a baixa produtividade dos canaviais decorrentes do uso de variedades inadaptadas principalmente a clima, que se caracterizam por apresentar um elevado déficit hídrico anual (acima de 400 mm), precipitações irregulares e a falta de instrução científica da cultura para a região. Dessa, forma este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho agrotecnológico de duas variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes épocas de supressões de irrigação e níveis de adubação. As características avaliadas foram: altura de planta (m), diâmetro do colmo (mm), nº de perfilho por m, Brix em caldo, Pol da cana, Pol do caldo, fibra, pureza, açúcar redutor, umidade, açúcar redutor total, açúcar total recuperável, litros de álcool esperado e Produtividade total. O experimento foi instalado em área da Fazenda Experimental da Unimontes, em Janaúba na região Norte de Minas Gerais, em um Latossolo Vermelho Distrófico, e a área de cana-soca de 2º corte, com espaçamento de plantio de 1,4 m. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições, em parcelas subdivididas (2 x 3 x 6), duas variedades de cana-de-açúcar RB85 5453 e SP80

1816 e três épocas diferentes de supressão de irrigação (DIAP), e o fator da subparcela seis níveis de adubação mineral. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando houve diferença significativa pelo teste F, realizou-se a comparação das médias pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$) para todas as variáveis estudadas, utilizando-se do programa software SISVAR. As variedades apresentam comportamento diferente em maturidade, tendo a variedade RB85 5453 maiores valores em qualidade tecnológica e menores índices em produtividade, um comportamento varietal em que se pode planejar o canavial com colheita da variedade RB85-5453 mais cedo e a SP 80-1816 media/tardia. As variedades obtiveram media geral de 24,3° Brix, 17,6 % Pol da cana, 21 % Pol do caldo, 85,4 % em pureza, 0,6 % AR, 19 % ART, 172,4 kg ATR t⁻¹, 66,5 % de umidade, 12,2 % em fibra, 3,08 m na altura, 29,2 mm, 18,9 perfilhos/m, 11,1 colmos/m, 159,8 t ha⁻¹ e 105,09 l de álcool/t. As variedades responderam às diferentes épocas de supressão de irrigação (DIAP). O nível 6 de adubação proporcionou melhor desempenho nas condições de realização deste trabalho. As variedades RB85-5453 e SP80-1816 são promissoras para região Nortemineira, tendo boa adaptação às condições edafoclimáticas, porém a variedade SP80-1816 é a mais indicada para a região, pois conseguiu altos níveis em produção, boa qualidade do seu caldo e ainda mostrou capacidade de resistência à restrição hídrica nas condições de realização deste trabalho, assim atendendo às exigências de produção sucroalcooleira no seu terceiro ciclo de produtividade.

¹ Comitê Orientador: Prof. Ignacio Aspiazú – DCA/UNIMONTES (orientador); Prof. Marcos Koiti Kondo – DCA/UNIMONTES (co-orientador); Prof. Rodinei Facco Pegoraro – DCA/UNIMONTES (co-orientador); Prof. Iran Dias Borges-DCA/UFSJD (co-orientador)

ABSTRACT

OLIVEIRA, Franklin Meireles. **Evaluation of the agrotechnological characteristics of two sugarcane varieties influenced by different times of irrigation suppression and fertilization levels.** 2011. Dissertation (Master's degree in Plant Production in the Semiarid) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.¹

Sugarcane (*Saccharum spp.*) is a species adapted to tropical climate conditions and has played key role in the economic development of the Brazil's Southeast, as assessed by analysis of growth, physiological responses and yield. Brazil stands out as main grower of that crop, having in all its territorial area favorable conditions for its culture. However, studies show that many farmers in the North of Minas Gerais State, due to face various problems, especially the low productivity of sugarcane from the use of varieties inadapted to climate, which is characterized by a high annual water deficit (over 400 mm), irregular precipitation and a lack of scientific knowledge about the crop for the region. Thus, the study aimed to evaluate the technological performance of two sugarcane varieties influenced by different times of irrigation suppression and fertilization levels. The evaluated characteristics were: plant height (m), stem diameter (mm), number of tillers per m, Brix in juice, cane Pol, juice Pol, fiber, Purity, reducing sugar, Humidity, total reducing sugar, expected liters of alcohol and total yield. The experiment was carried out at Experimental Farm of the Unimontes in Janaúba in the North of Minas Gerais, on . soil type Oxisol, and area of ratoon sugarcane of 2nd cut, with plant spacing of 1.4 m. The design was in randomized blocks, with three replications in split plot (2 x 3 x 6), two sugarcane varieties, RB85 5453 and SP80 1816 and three times of irrigation suppression (DIAP), and the subplot factor of six levels of mineral fertilization.

Data were subjected to analysis of variance and, when there was significant difference by the F test, the means were compared by the Scott Knott ($p < 0,05$) for all of the studied variables, by the SISVAR software. The varieties showed different behavior in maturity, since the variety RB85-5453 presented highest values in technological quality and lower rates of productivity, a variety behavior in which it is possible to anticipate its harvest and also to harvest the SP80-1816 in a regular or delayed way. The varieties showed average of 24, 3 °Brix, 17,6 % sugarcane Pol, 21 % juice Pol %, 85,4 % in Purity, 0,6 % RS, 19 % TRS, 172,4 kg TRS t^{-1} , 66,5 % moisture, 12,2 % Fiber, 3,08 m in height, 29,2 mm, 18,9 tillers / m, 11,1 stems / m, 159,8 $t ha^{-1}$ and 105.090 L alcohol / t. The varieties reacted to different periods of irrigation (DIAP). The level 6 of fertilization provided the best performance in the conditions of this work. The variety RB 85-5453 and SP 80-1816 are promising for the North of Minas Gerais, with good adaptation to its soil and climate conditions, but the SP80-1816 is the most indicate for the region, since it had gotten high levels of yield and good quality of its juice besides showing resistance to water restriction in the conditions of this work, thus attending the requirements of the sugar and alcohol production in its third cycle of productivity .

¹ Guidance committee: Prof. Ignacio Aspiazú – SAD/UNIMONTES(advisor); Prof. Marcos Koiti Kondo – SAD/UNIMONTES (co-advisor); Prof. Rodinei Facco Pegoraro – SAD/UNIMONTES (co-advisor). Prof.Iran Dias Borges-DCA/UFSJD (co-advisor).

1 - INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil vem obtendo aumentos significativos em sua participação mundial na produção de cana-de-açúcar e seus derivados. Considerada um dos produtos de maior competitividade no cenário do agronegócio, a cana-de-açúcar representa 8 % do Produto Interno Bruto (PIB) agrícola nacional. A área destinada ao setor sucroalcooleiro no centro-sul do país chega a 8,2 milhões de hectares ou 10,2 % a mais que a safra anterior. O estado de São Paulo continua com a maior parte da área, com 4,4 milhões de hectares. Em seguida vêm Minas Gerais (706 mil hectares), Paraná (613,7 mil hectares), Goiás (599,3 mil hectares) e Alagoas (438,6 mil hectares) (ÚNICA, 2010).

A atividade é responsável pela geração de cerca de 1 milhão de empregos diretos, dos quais 511 mil apenas na produção de cana-de-açúcar. O restante está distribuído na agroindústria de açúcar, de álcool e outros produtos relacionados a esta cultura (CORPERSUCAR, 2010). O cultivo da cana-de-açúcar é muito importante economicamente, pois, em escala industrial, é produzido açúcar e álcool, tanto para o mercado interno quanto para o mercado externo, além de ser uma ótima fonte de energia térmica e de obtenção de biocombustível. Para pequenos produtores rurais é fonte de alimentação animal e matéria-prima de produtos comerciais como cachaça, rapadura e açúcar mascavo. A região Norte de Minas vem expandindo suas fronteiras para a cultura da cana principalmente por ter o seu clima favorável ao cultivo, o semiárido. Novas tecnologias que proporcionem o melhor cultivo, principalmente relacionadas à água aplicada e adubos químicos, são muito bem vindas à região que sofre principalmente com a má distribuição das chuvas.

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) é cultivada em cerca de 0,7 % do território nacional, produzindo 651,51 milhões de toneladas de cana na safra 2010. Do total de cana a ser esmagada, 54,9 % (357,5 milhões de toneladas) são

destinadas à produção de 28,4 bilhões de litros de álcool. Deste volume, 20,2 bilhões de litros são do tipo hidratado e 8,2 bilhões de litros do anidro. Os 45,1 % (294 mil toneladas) restantes vão para a produção de 38,1 milhões de toneladas de açúcar (ÚNICA, 2010). Esta cultura se encontra difundida em uma ampla faixa de latitude, de 35° N a 30° S, sendo cultivada em altitude variando do nível do mar até 1.000 m (MAGALHÃES, 1987).

A cana-de-açúcar para produção de álcool e açúcar é cultivada, em média, por quatro a cinco cortes. Assim, os ciclos da cana-soca podem representar até 90 % da área cultivada. Apesar dessa representatividade, recomendações de adubação para soqueiras têm sido pouco estudadas, sobretudo tendo em vista que atualmente se pretende aumentar a eficiência e diminuir custos do sistema de produção dessa cultura (WEBER *et al.*, 2001).

A cultura é bastante exigente quanto à nutrição, sendo que na ordem de extração de nutrientes, verifica-se que o potássio é extraído em maior quantidade que o nitrogênio (K>N>Ca>Mg>P).

Segundo Araújo (2006), a escolha da cultivar para plantio é um dos pontos que merece especial atenção, não só pela sua importância econômica, como geradora de massa verde e riqueza em açúcar, mas também pelo seu processo dinâmico, visto que anualmente surgem novas variedades, sempre com melhorias tecnológicas quando comparadas com aquelas que estão sendo cultivadas.

Para que o setor sucroalcooleiro alcance os níveis de produtividade necessários ao equilíbrio, e rentabilidade de sua cadeia de produção, a introdução de novas variedades se torna fundamental, assim como a adoção de apropriados níveis de irrigação e adubação sempre visando ao melhor desempenho da cultura. O semiárido brasileiro vem sofrendo com as baixas e irregulares precipitações ocorridas na região nos últimos anos, que ocasionaram queda na produção de cana-de-açúcar, levando os produtores a recorrerem a

novas técnicas, como a irrigação, para a melhoria do cultivo. No entanto, para uma melhor eficiência do uso da água de irrigação, é importante a fertilização equilibrada, de maneira eficiente e lucrativa.

Pesquisas mostram que somente com um níveis mais adequados de variedades de cana-de-açúcar, o produtor pode obter uma economia de até 9,8 % no custo da produção de álcool, associado a aumento de 15 % em produtividade. Esses ganhos podem resultar em um crescimento de 23 % na produtividade e 77 % no teor de sacarose da cana (RESENDE SOBRINHO, 2000). Para a obtenção de derivados de cana-de-açúcar de qualidade, torna-se necessário que a variedade apresente características como: boa produtividade de colmos por hectare; alto teor de sacarose; teor médio a baixo de fibra; resistência às principais doenças e pragas; fácil despalha; resistência ao tombamento; boa adaptação aos diferentes tipos de solo e clima; ausência de florescimento, boa brotação de soqueira; rápido crescimento inicial e fechamento; ausência de joçal; ausência de rachaduras e período longo de utilização industrial (FERNANDES, 2005).

O níveis adequados implicam conhecer os padrões de crescimento de cada variedade, fazendo com que as fases de máximo desenvolvimento coincidam com os períodos de maior disponibilidade hídrica e radiação solar, permitindo que a cultura expresse todo seu potencial genético (KEATING *et al.*, 1999 e STONE *et al.*, 1999). Para a cana-de-açúcar, uma precipitação pluvial anual a partir de 1.000 mm, bem distribuída, é suficiente para a obtenção de altas produções. Isso permite que os níveis hídricos sejam realizados com eficiência e suprimentos hídricos adequados durante o desenvolvimento vegetativo (principalmente nas fases de germinação, perfilhamento e alongamento dos colmos) e alguma restrição no período de maturação, para forçar o repouso fisiológico e o enriquecimento em sacarose (INMAN-BAMBER e SMITH, 2005).

Nesse sentido, há necessidade de trabalhos de pesquisa intensivos com relação ao sistema produtivo desejável pelas propriedades agroindustriais, capacidade de brotação, elevado número de açúcares (BRIX, AR, POL, ATR), alta produtividade correlacionados com adequada época de supressão de irrigação e níveis de adubação.

Devido ao grande potencial de produção de matéria seca e de energia por unidade de área, a cana-de-açúcar tem se destacado entre as principais gramíneas tropicais, principalmente quanto à definição de variedades com características mais adequadas à produção sucroalcooleira. O gerenciamento da produção deve contemplar os níveis de novas variedades baseado na diversidade de materiais genéticos, adaptados às condições edafoclimáticas regionais, principalmente nas regiões de expansão da cultura, como a região do norte de Minas Gerais.

Dentro desse enfoque, procurando atender às necessidades atuais, de forma a oferecer opções de cultivo de cana-de-açúcar associadas a irrigação e adubação, o presente trabalho teve por objetivo estudar o comportamento de duas variedades comerciais de cana-de-açúcar, quanto às características agronômicas (biométricas) e tecnológicas influenciadas por diferentes épocas de supressão de irrigação e distintos níveis de adubação, nas condições edafoclimáticas da região Norte do Estado de Minas Gerais.

2- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1- Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) é uma planta alógama, pertencente à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, subclasse Commelinidae, ordem Cyperales, família Poaceae, tribo Andropogonae e subtribo Saccharininae (CASTRO *et al.*, 2001). É considerada originária do Sudeste Asiático, na grande região da Nova Guiné e Indonésia (DANIELS e ROACH, 1987). Inicialmente, cultivava-se principalmente a espécie *Saccharum officinarum* (L.), entretanto, as cultivares dessa espécie passaram a sofrer dificuldades de adaptação ecológica e severos danos provocados por doenças. Híbridos interespecíficos, oriundos dos programas de melhoramento genético, resistentes e melhores adaptados às diversas condições ambientais permitiram a expansão da cultura pelo planeta, (FIGUEIREDO *et al.*, 1995 e MATSUOKA *et al.*, 1999). A classificação botânica das espécies mais aceita é a de Jeswiet, desde 1925 (CASTRO *et al.*, 2001). As principais espécies de cana-de-açúcar são as seguintes segundo Matsouoka *et al.* (1999), *Saccharum officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinensis* e *S. robustum*.

O sistema radicular desenvolve-se entre 30 e 50 cm de profundidade, sendo que dependendo do tipo de solo algumas raízes podem alcançar maiores profundidades. Os rizomas, com aspecto de colmo subterrâneo, têm entrenós curtos, e são formados por células capazes de se multiplicarem rapidamente. Após o corte dos colmos, a porção subterrânea garante a emissão de novos rebentos (MONTE, 2004).

Segundo Monte (2004), o colmo juntamente com as folhas e a inflorescência forma a parte aérea da planta. O colmo é dividido em nós e

entrenós, sendo constituído de um cilindro sólido e fibroso, com espaços livres entre os tecidos vasculares ocupados por um parênquima com células ricas em carboidratos. O comprimento pode oscilar entre 2,0 e 5,0 m, mas em alguns casos alcançam até 6,0 m, principalmente quando ocorre tombamento. Para esse mesmo autor, a cana-de-açúcar apresenta folhas alternadas, longas, medindo de 1,00 a 1,80 m de comprimento por 5 a 7 cm de largura. A inflorescência é a panícula terminal, muito ramificada, de forma piramidal, com 50 a 80 cm de comprimento, denominada pendão.

O processo produtivo canavieiro visa a três objetivos básicos, de acordo com Câmara (1993):

Produtividade: Alta produção de fitomassa por unidade de área, isto é, elevado rendimento agrícola de colmos industrializáveis, em cujas células parenquimatosas é armazenada a sacarose.

Qualidade: Riqueza em açúcar dos colmos industrializáveis, caracterizando matéria-prima de qualidade. Quando associada à produtividade, reflete-se na produção por unidade de área.

Longevidade do canavial: Visa a aumentar o número de cortes econômicos, refletindo-se num prazo maior de tempo entre as reformas do canavial, resultando em melhor economicidade do empreendimento.

2.2 Crescimento e Desenvolvimento da Cana-de-açúcar

A cada ciclo de desenvolvimento, a cultura é submetida a diferentes condições ambientais e de níveis, em relação à época de plantio, variedade, época e tipo de colheita e estágio de desenvolvimento da cultura (MARCHIORI, 2004). Diversos fatores podem interferir na produtividade e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar que, no final, representa a integração das diferentes condições a que a cultura ficou sujeita (GILBERT *et al.*, 2006). Em

consequência dessas e de outras causas de variação ao longo do ciclo, surge a necessidade de previsão das respostas da cultura a diferentes estímulos (MARCHIORI, 2004).

Entre as inúmeras medidas de níveis, que podem permitir ganhos reais de produtividade da lavoura, a época de colheita tem merecido atenção especial. Rezende Sobrinho (2000) afirma que o aumento da produtividade, no setor sucroalcooleiro, é conseguido com a introdução de novas variedades de cana-de-açúcar e com níveis corretos da cultura, buscando a época de colheita em que a produtividade agroindustrial se encontra maximizada.

O acúmulo de matéria seca na cultura de cana-de-açúcar é dividido em três fases: 1º fase, inicial, de crescimento lento, na qual ocorre a brotação das gemas, por meio do consumo das reservas presentes no tolete; 2º fase, de crescimento, na qual se acumula de 70 – 80 % do máximo de matéria seca; 3º fase, de maturação, na qual o crescimento é reduzido e se inicia o acúmulo de sacarose, resultando no acúmulo de 10 % de matéria seca do total (MACHADO, 1987).

O plantio é realizado por meio dos toletes ou da cana-de-açúcar inteira, de preferência com idade entre 11 e 12 meses. Quando plantada a cana-de-açúcar inteira, antes da cobertura com solo, é feito o seccionamento do colmo em toletes, com 3 a 4 gemas. Esse procedimento tem por objetivo quebrar a dominância apical exercida pelos hormônios auxinas.

Com altas condições de umidade e temperatura inicia-se o brotamento das gemas presentes nos toletes e também se inicia o desenvolvimento das raízes a partir do tolete. Nessa fase de desenvolvimento inicial, o broto depende das reservas presentes no tolete. Após 20 a 30 dias se inicia a emergência do perfilho primário na superfície do solo e, simultaneamente ao seu crescimento, a partir da base do colmo observa-se o desenvolvimento de novas raízes.

A brotação constitui fase importante, pois uma boa brotação reflete um bom começo, que trará à área cultivada plantas vigorosas, que resultarão, no final do ciclo, em colheita compensadora (SILAVA *et al.* , 2003 e 2004). A boa capacidade de brotação é uma característica desejável nas variedades, principalmente quando essa fase envolve épocas com condições ambientais desfavoráveis (CASAGRANDE, 1991).

Depois de 20 a 30 dias da emissão do perfilho primário, observa-se o desenvolvimento de outros perfilhos. À medida que se desenvolvem os perfilhos, novas raízes são formadas. De 90 a 120 dias após o plantio, aproximadamente 100 % do sistema radicular concentra-se nos primeiros 30 cm de solo e as raízes originárias do tolete não existem mais. Quando a planta atinge o máximo da produção de perfilhos, a competição pelos fatores de crescimento se intensifica de maneira que o processo de perfilhamento cessa e os perfilhos que estão mais desenvolvidos continuam o crescimento em altura e espessura. Sem a utilização da energia química produzida no processo da fotossíntese para emissão e crescimento de um grande número de perfilhos, inicia-se o processo de acúmulo de sacarose nos entrenós basais dos colmos mais velhos. Influenciado pela temperatura e umidade, o processo de maturação aumenta, sendo então os colmos considerados industrializáveis (SEGATO *et al.*, 2006).

Após o corte da cana-planta, permanecem no solo as socas ou soqueiras da cana-de-açúcar. O corte possibilita a renovação da parte aérea e do sistema radicular da planta; contudo este se apresenta mais superficial do que a cana-planta com 60 % das suas raízes a uma profundidade de 30 cm (SEGATO *et al.*, 2006) e caracterizando o ciclo da cana-soca de aproximadamente 12 meses.

O ambiente em que a cultura está instalada promove diferentes resultados nas plantas de cana-de-açúcar dependendo do seu estágio fenológico. A umidade do solo proporciona eficiência na absorção dos nutrientes que são fundamentais para o bom desenvolvimento da planta. A restrição hídrica pode

causar limitação no comprimento dos entrenós do colmo. A temperatura é o fator imprescindível para o acúmulo de sacarose e, na fase inicial de brotação, temperaturas altas (30°C) são fundamentais. A luminosidade é relevante devido ao processo de fotossíntese, e a baixa luminosidade reduz drasticamente a emissão de novos perfilhos. Os nutrientes presentes no solo são de grande importância no processo de crescimento e maturação. A pouca disponibilidade de nitrogênio no solo afeta o desenvolvimento vegetativo da planta e é essencial na fase logo após a germinação e se estende até o 3º - 5º mês de estabelecimento da cultura (MARCHIORI, 2004 e SEGATO *et al.*, 2006).

Com seu desenvolvimento completo, tem-se o número de colmos por m, o diâmetro e a altura de colmos. A quantificação dessas variáveis permite estimar a produtividade agrícola. Tal estimativa tem grande importância na condução dos trabalhos de melhoramento genético, tanto no estabelecimento dos cruzamentos, visando à maximização da produtividade, como nas fases de seleção, ao permitir a realização de várias estimativas do potencial produtivo de novos clones, sem a necessidade de destruição das parcelas experimentais. Também têm grande aplicabilidade na estimativa de produção comercial, permitindo o planejamento de entrega de matéria-prima na indústria (VASCONCELOS, 1998).

Santiago *et al.* (2008), trabalhando com a variedade de cana-de-açúcar RB83594 em cultivo de sequeiro na região de Boca da Mata-AL, encontraram redução de 22,5 % na produtividade, entre o segundo e o terceiro ciclo de cultivo. Por outro lado, Melo *et al.* (2008), pesquisando a mesma variedade, observaram aumento de 20,3 % no rendimento agrícola entre o terceiro e o quarto ciclo de cultivo, e relataram que esse acréscimo foi devido ao aumento na precipitação pluvial entre os ciclos de cultivo.

Landell (2005), em lançamento de quatro novas variedades de cana-de-açúcar (IACSP93-3046, IACSP94-2094, IACSP94-2101 e IACSP94-4004),

verificou que as variedades apresentaram produtividades superiores aos padrões considerados (RB72454 e SP80-1816).

2.3 Nutrição de cana-de-açúcar com Nitrogênio e Potássio

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.

2.3.1 Nitrogênio

A grande importância do nitrogênio para a cana-de-açúcar está no fato de ela ser uma planta de metabolismo de carbono do tipo C₄, caracterizada por altas taxas de fotossíntese líquida e eficiência na utilização do nitrogênio e da energia solar, sendo altamente eficiente na produção de fotoassimilados. Como o nitrogênio é parte constituinte de todos os aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, participando direta ou indiretamente de vários processos bioquímicos, a sua carência promoverá a diminuição na síntese de clorofila e aminoácidos essenciais e também na energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, refletindo diretamente no desenvolvimento e produtividade da cultura (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

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

nitrogênio apresentam resultados muito variáveis e muitas vezes até contraditórios (KORNDORFER *et al.*, 2002).

Segundo Orlando Filho (1996), na cana-de-açúcar, o nitrogênio 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, constataram que os teores de fibras nas canas diminuíram com o aumento do nitrogênio.

Na maturação, o nitrogênio em excesso é a maior causa da baixa qualidade, em termos de conteúdo de sacarose. O excesso de nitrogênio promove o crescimento vegetativo exagerado, diminuindo 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 nitrogênio é o quarto elemento mais abundante nas plantas em geral, depois do carbono, hidrogênio e oxigênio. É constituinte obrigatório de proteínas e ácidos nucleicos, participando direta ou indiretamente de diversos processos bioquímicos e enzimáticos, entre outros, faz parte da molécula de clorofila (MALAVOLTA, 1980; CARNAÚBA, 1990).

A cana-de-açúcar é uma planta da família Poaceae que apresenta grande resposta na produção de fitomassa com o aumento do teor de nitrogênio na planta (BOLTON e BROWN, 1980). Além desta característica, a cana-de-açúcar é uma planta do ciclo C₄ que, em comparação às plantas C₃, produzem duas vezes mais material seco por unidade de nitrogênio presente na folha.

O nitrogênio é absorvido pelas plantas nas formas minerais, NO³⁻ ou NH⁴⁺, sendo que o principal meio de translocação é o fluxo de massa, e a

distância linear média percorrida pelo NO_3^- no solo é da ordem de $4,2 \text{ mm dia}^{-1}$ (NOVAIS e SMITH, 1999). Normalmente, a absorção deste elemento aumenta a atividade meristemática da parte aérea, resultando em maior perfilhamento e área foliar da cana-de-açúcar, além de aumentar a longevidade das folhas (SILVEIRA *et al.*, 2002). No quarto mês do ciclo da cana-de-açúcar, as quantidades de nitrogênio extraídas do solo por colmos e folhas já são elevadas, sugerindo a necessidade de adição de nitrogênio no solo logo no início do ciclo de produção (ORLANDO FILHO *et al.*, 1999).

Os trabalhos da Cooperativa de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo-COPERSUCAR (2000a), sobre recomendação de adubação de plantio, têm indicado o seguinte: as doses de nitrogênio estariam na faixa de 0 a 60 kg ha^{-1} ; na média, tem-se usado $30 \text{ a } 40 \text{ kg ha}^{-1}$; com aplicação realizada somente no fundo do sulco, e no caso de uso de leguminosa como cultura antecessora não se aplicaria nitrogênio. É fato devidamente conhecido e comprovado nos meios acadêmicos e práticos que as respostas à adubação nitrogenada no plantio (cana-planta) não são conclusivas, enquanto nas socas são mais consistentes. É necessário entender que o nitrogênio aplicado, quando em contato com o solo, entra no complexo matéria orgânica, morta ou viva, sofrendo as reações de imobilização e mineralização, cuja dimensão ainda é pouco conhecida nos solos de cerrado, principalmente na cana-de-açúcar (DEMATTE, 2005).

Nesta linha de trabalho, Morelli *et al.* (1997) obtiveram produtividade de 148 t ha^{-1} no primeiro corte, em Latossolo de textura médio-arenosa, com dose zero de nitrogênio.

O aparente não empobrecimento em nitrogênio no solo e a manutenção da produção da cana sugerem que a cultura pode obter o nitrogênio a partir de outros meios (reserva de nitrogênio do tolete) ou o próprio solo fornecer o nitrogênio por outros caminhos (matéria orgânica e fixação assimbiótica). Como

fontes alternativas de nitrogênio para a cana citam-se: N mineralizado dos restos de cultura da própria cana; N mineralizado da matéria orgânica do solo (taxa de mineralização anual é de 2 % %); N armazenado no tolete de plantio; práticas agrícolas (a calagem, associada à mobilização do solo e ao período quente e úmido por ocasião do preparo dos solos, de setembro a março, acelera o processo de mineralização, liberando nitrogênio mineral para o sistema, e o uso de gesso favorece o desenvolvimento radicular em profundidade) e a fixação biológica (DEMATTE, 2005).

Carneiro (1995) demonstrou que a reserva de nitrogênio do tolete foi fundamental no suprimento deste nutriente para a cana-planta, aos seis meses de idade, tendo praticamente 50 % desta reserva sido translocada para os tecidos da cana-soca, num total de 12 kg, o que representa em torno de 10 % das necessidades da cultura.

Contrariamente à cana-planta, as soqueiras respondem favoravelmente à adubação nitrogenada. Isso ocorre porque nas regiões do Brasil onde a cana-de-açúcar é cultivada ocorrem, durante o ciclo das soqueiras, períodos climáticos secos e frios ou secos e quentes, pouco favoráveis à mineralização do nitrogênio orgânico. Além disso, durante o ciclo das socas, o solo é pouco ou nada mobilizado por ocasião do cultivo, e os corretivos, quando aplicados, não são incorporados (DEMATTE, 2005). Conforme a COPERSUCAR (2000a), verificam-se respostas crescentes até a dose de 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio, média de quatro experimentos e três safras.

Weber *et al.* (2001) avaliaram a influência da adubação NPK sobre a produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar que não haviam sido adubadas em colheitas anteriores, conduzindo dois experimentos no campo, em Latossolo Roxo, na Usina Casquel, Cambará-PR, utilizando a variedade RB72454. Os resultados obtidos em canaviais de terceira soqueira mostraram que as maiores produtividades foram alcançadas com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, 100 kg

ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, com ganho de 53,9 % na produtividade em relação à testemunha (sem aplicação de NPK). Em canaviais de quarta soqueira, um dos experimentos apresentou acréscimos na produtividade de até 76,2 %, com as combinações das doses de 100 kg ha⁻¹ de N e 150 kg ha⁻¹ de K₂O.

Fontanari (1984), estudando a adubação nitrogenada em soqueiras, em solo classificado como Terra Roxa Estruturada, observaram respostas lineares até 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio com utilização da ureia aplicada em profundidade.

Orlando Filho *et al.* (1999) desenvolveram um trabalho com objetivo de estudar o efeito de doses (0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N), fontes (ureia, uran e nitrato de amônio) e formas de aplicação (com e sem incorporação) de nitrogênio na produtividade agrícola e industrial da cana-planta e três soqueiras subsequentes cultivadas em solo de elevada fertilidade. De acordo com os resultados, verificaram que houve resposta linear às doses de nitrogênio até a dose de 120 kg de N ha⁻¹, tanto para cana-planta como as demais socas, independentemente de fontes e modos de aplicação. A pol e a % de fibra da cana não foram afetadas pelos tratamentos.

Teixeira (2005) avaliou a resposta da cana soca à adubação nitrogenada e potássica com aplicações de 0, 50, 100, 150, 200, 250 kg ha⁻¹ de N e K₂O, em dois solos do Estado do Paraná, em um Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho, e em duas variedades, a RB 83-5486 em segunda soca e a variedade RB 72-454 em terceira soca. Observou para o experimento de doses de nitrogênio, cultivado em solo Latossolo Vermelho- Amarelo, com a variedade RB 83-5486, que não houve diferença significativa para o número de colmos. Já em relação à massa de um colmo, os tratamentos com as doses de 50, 150 e 250 kg de nitrogênio ha⁻¹ não diferiram estatisticamente e foram superiores aos demais tratamentos. Para produtividade de colmos, as doses de 50 e 250 kg ha⁻¹ de N (73,45 e 75,25 t ha⁻¹, respectivamente) foram as únicas que propiciaram diferença significativa com relação à testemunha, e que proporcionaram os

melhores resultados, com ganhos de produtividade acima da testemunha em 25,04 % e 28,11 %, respectivamente. As doses de potássio não tiveram nenhuma influência sobre o número de colmos, massa média do colmo e a produtividade de colmos, porém com um melhor resultado com aplicação da dose de 150 kg ha⁻¹ de K₂O com teor inicial de 0,6 mmol_c dm⁻³ de potássio.

Moura *et al.* (2005) também estudaram o efeito de diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicados em cobertura, no desenvolvimento, produtividade e na qualidade da primeira soca (SP 79-1011) cultivada com e sem irrigação em um Argissolo Vermelho-Amarelo no município de Capim-PB. Verificaram que, na ausência de irrigação, as doses de nitrogênio influenciaram significativamente o número e a massa de colmos, os quais apresentaram comportamento linear positivo. A produtividade de colmos apresentou comportamento linear positivo para ambos os regimes, com uma produtividade de 107,69 e 77,05 t ha⁻¹, para regime irrigado e não irrigado, respectivamente. Para rendimento bruto do açúcar, houve comportamento linear positivo apenas para o regime irrigado.

Prado e Pancelli (2008) avaliaram a nutrição nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar em sistema de colheita sem queima prévia do canavial, através de análises químicas do solo, da diagnose foliar, de avaliações biológicas e da produtividade de colmos, em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, com a variedade SP 79-1011. Utilizaram o nitrogênio na forma de ureia em cobertura incorporada a 10 cm de profundidade, verificando os efeitos das doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg de ha⁻¹ de N, e aplicando-se 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 130 kg ha⁻¹ de K₂O de maneira uniforme em todos os tratamentos. A adubação nitrogenada não alterou os teores de macro e micronutrientes nas folhas da cana-de-açúcar, tanto no primeiro como no segundo corte da soqueira, exceto do nitrogênio. A aplicação de nitrogênio incrementou de forma quadrática o teor foliar de nitrogênio na primeira (17,1 a 18,2 g kg⁻¹), e linear na segunda soqueira

(15,2 a 17,8 g kg⁻¹). A adubação nitrogenada afetou significativamente o desenvolvimento (número de colmos industrializáveis, altura, diâmetro de colmos) e a produtividade de colmos na segunda soca, refletindo no aumento de forma linear na produtividade de colmos. A ausência de resposta da primeira soca ao nitrogênio deve-se, possivelmente, à maior precipitação pluvial que pode ter elevado as perdas de nitrogênio no sistema solo-planta e à resposta da soqueira ao nitrogênio. A produtividade média obtida no experimento, referente à primeira soca, foi de 125 t ha⁻¹, e para segunda de 69 t ha⁻¹.

Marcelo (2008) estudou os efeitos da aplicação de fontes (ureia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg N ha⁻¹ de N) em terceira soqueira da variedade SP79-1011, sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo vermelho-amarelo distrófico, na região sudoeste de Minas Gerais. Não encontrou efeitos dos tratamentos sobre a produtividade e o número de colmos por metro. Variando entre as fontes de 10,51 e 10,40 perfilhos por metro para uréia e nitrato de amônio, respectivamente, e de 66,15 e 66,72 t de colmos ha⁻¹ para uréia e nitrato de amônio, respectivamente. No entanto, Alonso *et al.* (1984) analisaram diversas fontes de nitrogênio, e modo de aplicação (com e sem incorporação), em Terra Roxa Estruturada, notando que não houve diferença estatística na produtividade de soqueiras entre diferentes modos de aplicação e fontes; todavia, houve tendência com maior efeito para uréia. Ratificando os dados obtidos, Andrade *et al.* (2000) compararam fontes (uréia e aquamônia) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 160 e 200 kg ha⁻¹ de N) em primeira soqueira de cana-de-açúcar da variedade SP 79-2233, em um Latossolo Vermelho-Escuro. Independente das fontes e doses, não houve aumento na produtividade de colmos e de açúcar teórico recuperável, não afetando também as características tecnológicas da cana-de-açúcar.

A adubação nitrogenada está normalmente associada a um maior crescimento vegetativo e, portanto, maior umidade na cana. De acordo com

Costa (2001) citando Das (1936), o nitrogênio aumenta o comprimento dos colmos da cana-de-açúcar, o que provoca redução na espessura da parede celular, podendo levar à redução na porcentagem de fibras na planta. Existem relatos de que ocorre aumento linear na quantidade de açúcar produzido por hectare com as doses de nitrogênio, apesar de resultar, também, em elevação no teor de umidade de colmos, levando à redução no teor de sacarose (KORNDÖRFER; MARTINS, 1992).

Tanto o excesso quanto a deficiência de nitrogênio têm influência na qualidade tecnológica dos colmos. Na deficiência de nitrogênio, decresce o teor de umidade da planta, diminuindo a qualidade do caldo, aumenta o teor de fibra, diminui a concentração de sacarose, ocorre acúmulo de sacarose nas folhas e alta relação folha:colmo. Com excesso de nitrogênio, ocorre seu acúmulo no colmo, piora a qualidade do caldo e atrasa a maturação (CARNAÚBA, 1990).

Para cada unidade de aumento percentual na produtividade agrícola devido ao nitrogênio, ocorre um decréscimo de 0,01 % no teor de açúcar dos colmos. Embora o teor de açúcar (pol % cana) diminua ou não se altere, a quantidade total de açúcar produzido por hectare pode ser maior, devido ao aumento da produtividade. A época de aplicação do adubo nitrogenado também exerce influência marcante na qualidade da matéria-prima. Quanto mais tarde for realizada a adubação nitrogenada, mais tempo será necessário para atingir o ponto ideal de maturação. O atraso na maturação acaba concentrando o corte e a industrialização da cana no final da safra, o que de um modo geral, traz sérias dificuldades operacionais (KORNDÖRFER, 1994).

Prado e Pancelli (2006) avaliaram a nutrição nitrogenada em duas soqueiras subsequentes de cana-de-açúcar em sistemas de colheita mecanizada sem queima na qualidade tecnológica da variedade SP79-1011. Constataram que a qualidade tecnológica da primeira soca não foi afetada pelas doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), apresentando as seguintes

características: °Brix (18,1 a 18,6 %); pol da cana (14,71 a 16,16 % %); fibra (10,94 a 11,10 % %); pureza (82,02 a 86,91 %) e açúcar teórico recuperável (ATR) (123,74 a 133,82 kg t⁻¹). Para a segunda soca, houve efeito significativo apenas para a pol da cana e o ATR. Nota-se que o efeito da aplicação do nitrogênio sobre ATR deve-se ao incremento na produção de colmos, uma vez que a adubação nitrogenada afetaria diretamente a produção de colmos, justificando seus efeitos na qualidade da cana, cujas características tecnológicas foram assim descritas: Brix (18,25 a 18,75 %), pol da cana (14,75 a 15,75 %), fibra (11,15 a 13,35 %), pureza (82,25 a 86,25 %) e açúcar teórico recuperável (ATR) (133,82 a 152,61 kg t⁻¹). Resultados semelhantes foram constatados por Resende *et al.* (2006), em que a aplicação de nitrogênio (80 kg ha⁻¹ de N) afetou de forma positiva as características tecnológicas da cana-de-açúcar; entretanto, o ganho de produtividade de colmos proporcionado por esta prática favoreceu a produção de açúcar e compensou tais efeitos.

Costa *et al.* (2003), estudando a eficiência agrônômica de diferentes fontes nitrogenadas aplicadas na dose correspondente de 100 kg de N em terceira soqueira da variedade SP80-1842, em um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arenoso, colhida sem queima prévia, verificaram os seguintes teores para atributos de qualidade da cana variando de 19,3 a 20,1 % para brix; 16,7 a 17,9 % para pol do caldo; 85,4 a 87,6 % para pureza do caldo; 13,4 a 14,1 % para pol da cana; 0,6 a 0,7 % para açúcares redutores e 14,8 a 16,1 % para fibra, não havendo influência dos tratamentos sobre eles.

Marcelo (2008) analisou a aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹) em terceira soqueira da variedade SP 79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico na região sudoeste de Minas Gerais. Não verificou influência das fontes, doses e interação fontes x doses nas

qualidades tecnológicas da cana-de-açúcar, com uma média de 23,2 % para brix, 17,57 % para pol da cana, 87,03 para pureza da cana e 166,6 kg t⁻¹ de ATR. Resultados semelhantes foram constatados por Campanhão (2003), que verificou que a influência da presença ou não da palhada no cultivo da soqueira e aplicação de nitrogênio não influenciaram a qualidade da matéria-prima analisada no momento da colheita.

A qualidade tecnológica da cana-de-açúcar depende de uma série de fatores, tais como variedade, condições climáticas, ciclo da cultura e nível de adubação. A interação ou o conjunto desses fatores é que define o potencial da matéria-prima para a produção de açúcar ou álcool. A adubação é uma prática que pode interferir diretamente neste processo. Assim como a fertilização de nitrogênio pode ou não interferir no processo de maturação, induzindo vigoroso crescimento vegetativo, resultando em plantas com maior teor de umidade e teores mais baixos de sacarose devido, em parte, ao efeito de diluição (KORNDÖRFER, 1994). Contudo, as adubações nitrogenadas e potássicas não podem ser encaradas de forma isolada, em decorrência da interação de uma série de fatores que vão contribuir para que altas produtividades sejam alcançadas.

Diante do exposto, a fertilização da cultura com nitrogênio constitui uma prática importante para o aumento da produtividade e longevidade das soqueiras de cana-de-açúcar. A melhor recomendação para adubação nitrogenada em soqueiras ainda é a baseada na expectativa de produtividade e no uso da relação 1,0 a 1,2 kg de N por tonelada de colmo. Se a expectativa de produtividade de um segundo corte for de 90 t ha⁻¹ de colmos, deve-se usar 100 kg ha⁻¹ de N, se a expectativa for de 60 t ha⁻¹, deve-se usar cerca de 70 kg ha⁻¹ de N (DEMATTÊ, 2005). O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) recomenda a dose média de 100 kg de N ha⁻¹ em soqueiras de cana-de-açúcar, independente de qualquer fator (RAIJ e CANTARELLA, 1997). Desse modo, pode-se presumir que, em

diversas condições, essa recomendação de adubação nitrogenada ora é subestimada ora é superestimada.

2.3.2 Potássio

O potássio também é um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas e muito exigido durante as fases de crescimento reprodutivo e vegetativo, pois atuam na regulação osmótica, mecanismos estomáticos, fotossíntese, ativação enzimática e crescimento meristemático. Sua importância foi acentuada após a verificação da relação positiva com a formação de sacarose, pois o mesmo é requerido como ativador de muitas enzimas e citado como sendo fundamental nas reações que promovem a elaboração de proteínas (FIGUEIREDO, 2006).

A necessidade de potássio pelas culturas é muito maior do que a de P, equiparando-se à demanda do nitrogênio, quando se consideram as quantidades desses três nutrientes para as plantas. O potássio, 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 a seca, geada e moléstias, constituindo-se elemento importante na fase de frutificação das plantas.

Há relatos da influência direta e indireta do potássio no transporte de sacarose em cana-de-açúcar. Indiretamente, a deficiência de potássio pode afetar o movimento de sacarose devido à sua influência no crescimento, fotossíntese ou umidade. A teoria eletro-osmótica de Spanner mostra claramente como a deficiência de potássio 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 potássio, responsável pela abertura estomática, fundamental para a captação do CO₂. Logo, a deficiência de potássio leva à diminuição da abertura dos estômatos, redução do fluxo CO₂ na folha, restrição fotossintética e menor acúmulo de sacarose e matéria seca (CASTRO, 2000; RODRIGUES, 2005).

O potássio é absorvido pelas plantas na forma iônica e, assim como o fósforo, depende da difusão para chegar às raízes. Entretanto, a alta solubilidade dos sais de potássio confere a ele concentrações elevadas, o que caracteriza maior mobilidade em relação ao fósforo, permitindo movimentação na forma de sais e lixiviação através do solo. Como a maioria dos solos brasileiros cultivados com cana apresenta baixa quantidade de potássio não trocável, o equilíbrio entre K-não trocável e K-trocável não é importante. Por conseguinte, o K-trocável, o fator quantidade, seria a única reserva disponível que controlaria o potássio em solução (DEMATTE, 2005).

Quanto às formas de aplicação de potássio, no sulco ou em área total, tem sido mais frequente sua aplicação localizada no sulco de plantio. A fonte mais empregada é o cloreto de potássio (KCl), visto que, dentre as fontes de potássio, ele tem um papel dominante na agricultura, respondendo por cerca de 95 % de todo o potássio usado principalmente devido ao seu menor custo em comparação às outras fontes potássicas e à sua alta concentração do nutriente (60 – 62 % de K₂O). É solúvel em água, portanto, se houver umidade adequada no solo, o fertilizante se dissolverá na solução do solo, permitindo pronta absorção pelas plantas (ORLANDO FILHO *et al.*, 1994).

A deficiência deste elemento intensifica-se quando a cultura apresenta entre sete e nove meses de idade, uma vez que o potássio se acumula mais nos órgãos novos, estes podem inclusive retirar potássio das folhas velhas e do colmo. Quando, entretanto as folhas começam a se tornar fisiologicamente inativas ocorre ao que parece, migração do elemento que se dirige aos colmos, sendo que as plantas deficientes em potássio se apresentam com o crescimento reduzido e os colmos se tornam finos. A cana-de-açúcar responde intensamente à aplicação do potássio, se destacando dentre os nutrientes usados na adubação, pois esse é exportado em maior quantidade por essa cultura, além de influenciar sua qualidade. Um princípio normalmente usado para orientar a recomendação de adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar é a avaliação da disponibilidade desse nutriente no solo. Normalmente, são determinados os teores considerados trocáveis no solo, e as interpretações dessas análises são baseadas em faixas de fertilidade, admitindo-se valores mínimos críticos abaixo dos quais o desenvolvimento vegetal é limitado (ORLANDO FILHO e RODELLA, 1996).

Castro e Meneghelli (1989) constataram que alguns solos com baixos teores de K^+ trocável não proporcionam resposta à adubação potássica, enquanto outros, com teores de K^+ considerados satisfatórios proporcionam resposta positiva à aplicação de adubo potássico. Esse critério tradicionalmente usado não é totalmente satisfatório e diversos autores tentaram melhorá-lo com a introdução da relação entre K, Ca e Mg no solo (ORLANDO FILHO e RODELLA, 1996). Assim, deverão ser estudadas técnicas que permitam calibrar a recomendação de adubação potássica na cana-de-açúcar que possibilitem o uso racional de adubos e, conseqüentemente, a redução de custos de produção e perdas de fertilizantes nessa cultura.

Quando o suprimento de K^+ é abundante, ocorre muitas vezes o consumo de luxo, merecendo atenção pelo efeito sobre a composição mineral da planta e

pela sua possível interferência na absorção e disponibilidade fisiológica de Ca^{2+} e Mg^{2+} (MARSCHNER, 1995).

Contudo, Rosseto *et al.* (2004) pesquisaram a resposta da cana-de-açúcar à calagem e à adubação potássica e as possíveis interações, verificando que, na maioria dos casos, as respostas da cana ao potássio foram lineares, tanto na cana-planta como em soqueiras, não havendo interação entre calcário e potássio em nenhum dos experimentos.

As respostas ao potássio nas soqueiras são semelhantes às respostas na cana-planta. Maiores ganhos de produtividade, entretanto, estão nos solos argilosos (DEMATTE, 2005). Esse nutriente quando aplicado em solos arenosos pode ser lixiviado com relativa facilidade, sendo viável, para tanto, seu fracionamento, aumentando sua absorção pela planta e, conseqüentemente, aumento da produtividade de colmos em cana-planta (LANA *et al.*, 2004).

Orlando Filho *et al.* (1993) desenvolveram um experimento de longa duração (cana-planta e quatro soqueiras subsequentes da variedade SP 70-1143, conduzido em Areia Quartzosa (AQ) na Usina Costa Pinto, Piracicaba-SP, com objetivo de estudar doses e formas de aplicação de potássio em cana-de-açúcar. Os tratamentos variaram de zero até 160 kg ha^{-1} de K_2O no sulco (cloreto de potássio), e até 480 kg ha^{-1} de K_2O em área total. Também estudaram o fracionamento do potássio. Os tratamentos aplicados em cana-planta foram repetidos em cada uma das soqueiras estudadas. As colheitas ocorreram no período de 1988 a 1992. Concluíram que houve resposta à adubação potássica a partir da primeira soqueira, onde as doses econômicas variaram de 94 a 146 kg ha^{-1} de K_2O . A deficiência de potássio não alterou o perfilhamento, porém, provocou diminuição no diâmetro médio e altura dos colmos, verificando maiores efeitos, principalmente, na terceira e quarta soca, as quais indicaram menores teores de Pol % cana e maiores de fibra % cana. Contudo, a adubação potássica induziu a uma maior longevidade a cultura.

Bittencourt *et al.* (1995) avaliaram os efeitos do adubo potássico e do modo de aplicação aos solos na produtividade da primeira soca da variedade SP 71-6163. Observaram uma pequena resposta com aumento de produtividade quando da aplicação de dose de 55 kg ha⁻¹ de K₂O em relação à testemunha, que recebeu apenas adubação nitrogenada. Em relação à influência no modo de aplicação do adubo, notaram certa tendência de melhor aproveitamento do adubo quando aplicado em faixa, principalmente em doses baixas, alcançando uma produtividade de 94 t ha⁻¹.

O potássio na cana-de-açúcar é fundamental para assegurar a estrutura para assimilação do carbono, bem como para síntese e translocação de proteínas e carboidratos. Quando ocorre a deficiência do nutriente, as plantas apresentam maiores teores de açúcares redutores que de sacarose (KORNDÖRFER, 1990).

A deficiência de potássio reduz a elaboração e a translocação de carboidratos e não permite o acúmulo de nitrogênio proteico nas folhas. Sob carência, a respiração da planta aumenta e reduz a quantidade de açúcares armazenados, o que pode provocar um menor crescimento do vegetal. Nessa situação, o potássio é redistribuído das regiões mais velhas para as mais novas, ocasionando manchas cloróticas no limbo e uma coloração arroxeadada na nervura central das folhas (FIGUEIREDO, 2006).

A adubação potássica, portanto, é uma prática que pode interferir no processo de acumulação de açúcar, modificando significativamente a composição da matéria-prima. Uma vez que esse nutriente é extraído em maior quantidade pela cultura da cana-de-açúcar na ordem de K>N>Ca>Mg>P, o mesmo é constatado na exigência de macronutrientes para produzir 100 toneladas de cana, onde são necessários 143 kg de N, 174 de K, 87 de Ca, 49 de Mg, 44 de S e 19 de P (ORLANDO FILHO *et al.*, 1980). O potássio aplicado através da adubação mineral possui efeito comprovado sobre o teor de cinzas do caldo, já que é o elemento que aparece em maior proporção nas cinzas

(ORLANDO FILHO; ZAMBELLO JÚNIOR, 1980). Esse elevado teor de cinzas no caldo provoca efeitos negativos na fabricação do açúcar, pois sua ação melassigênica dificulta a cristalização pela formação de falsos núcleos, reduzindo o rendimento industrial do açúcar.

Por outro lado, a maior presença de cinzas favorece a fabricação do álcool, porque essas agem como fornecedoras de nutrientes para as leveduras, aumentando a velocidade e a eficiência do desdobramento dos açúcares em álcool (KORNDÖRFER, 1990). Dentre as várias funções que o potássio exerce nas plantas, cita-se a melhor eficiência de uso da água, em consequência do controle da abertura e fechamento dos estômatos responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o meio, maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para os outros órgãos da planta, maior eficiência enzimática e melhoria da qualidade comercial da planta (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

Orlando Filho *et al.* (1993) analisaram doses e formas de aplicação de potássio em cana-planta e quatro socas subsequentes da variedade SP 70-1143. Constataram que não houve influência das doses sobre a pol da cana, apenas para terceira soca que foi colhida com nove meses de idade. De uma forma geral, os tratamentos com potássio, principalmente com doses mais elevadas, indicaram menores teores de fibras em relação à testemunha.

Dessa forma, os trabalhos citados evidenciam aumentos significativos de produtividade principalmente em cana-soca devido às adubações mais intensas com potássio. Em relação à recomendação, utiliza-se a expectativa de produção, ou seja, 1,3 a 1,5 kg ha⁻¹ de K₂O por tonelada de colmo. Assim, se a expectativa de produção for de 100 t ha⁻¹, usa-se de 140 a 160 kg ha⁻¹ de K₂O (DEMATTÊ, 2005). Conforme Raij e Cantarella (1997), adubação potássica é recomendada de acordo com a análise de solo (teor de K⁺ trocável) e produtividade esperada, de tal modo que se a expectativa de produtividade for em torno de 100 t ha⁻¹, e o

teor de K^+ trocável no solo estiver em níveis mais baixos (0 a 1,5 mmolc dm^{-3} K^+), recomenda-se em média 130 a 150 kg ha^{-1} de K_2O .

2.4 Variedades de cana-de-açúcar

A escolha da variedade de cana-de-açúcar é a tecnologia mais importante e de menor custo para o produtor, sendo a base de todas as demais tecnologias de produção e processamento da matéria-prima. As variedades assumem papel decisivo na produtividade da cultura e, por conseguinte, possibilitam produzir cana-de-açúcar de qualidade e com menor custo (SILVEIRA *et al.*, 2002). Essa escolha é fundamental para o sucesso da lavoura e deve ser plantada uma ou mais variedades industriais melhoradas de cana-de-açúcar adaptadas às condições locais. Deve-se considerar o relevo, a fertilidade do solo e o clima da região, além de apresentar características desejáveis como alta produtividade, alto teor de açúcar, rebrota, ausência de tombamento e resistência a pragas e doenças.

Segundo Silveira *et al.* (2002), nas regiões mineiras, como Norte, Vale do Jequitinhonha, Vale do Mucuri e Central, onde há maior número de alambiques e também maior demanda para alimentação dos animais na seca, predominam as variedades antigas de cana, tais como Java, Mulata Pelada (CB47-355), Coxa de Moça (Co419), Manteiga (Co413), Canela de Urubu (Co290), Roxinha (CB45-3), IAC58-480, CB49-260. Tais variedades apresentam uma série de desvantagens sob o aspecto produtivo em relação às variedades modernas, entre elas maturação tardia, teor baixo de sólidos solúveis totais, alto teor de fibra, suscetibilidade a doenças, florescimento e chochamento (isoporização).

Conforme ARAÚJO (2006), a escolha da variedade para cultivo é um dos pontos que merece especial atenção, não só pela sua importância econômica,

como geradora de massa verde e riqueza em açúcar, mas também pelo seu processo dinâmico, uma vez que anualmente surgem novas variedades, sempre com melhorias tecnológicas quando comparadas com aquelas que estão sendo cultivadas.

No Brasil, assim como em outros países produtores de cana-de-açúcar, variedades têm sido continuamente testadas com os objetivos de aumentar a produtividade, obter maior resistência a pragas e doenças e melhor adaptação a variações de clima, tipos de solos, técnicas de corte ou níveis. Devido à falta de tradição na produção canavieira, a cultura não foi muito pesquisada no Cerrado/Caatinga. Com a necessidade de ampliação das áreas produtoras para atender a demanda interna e externa de seus produtos, bem como de sua energia, as áreas do Cerrado/Caatinga constituem-se numa importante alternativa.

De acordo com CESNIK e MIOCQUE (2004), os campos de cultivo, principalmente nas regiões ditas novas, se multiplicaram de maneira um tanto desordenada, aceitando indiscriminadamente o uso de variedades sem os devidos cuidados fitossanitários e sem os necessários testes de produtividade. Dessa forma, são cada vez maiores o estímulo e os incentivos aos estudos que visam ao conhecimento das cultivares existentes e de novas variedades que melhor se adaptem às condições de acidez, baixa fertilidade e deficit hídrico do Cerrado/Caatinga, a fim de progresso na produtividade brasileira.

O produtor norte-mineiro, pelas suas características culturais, resiste ao uso de novas variedades de cana-de-açúcar, bem como à adoção de novas tecnologias de cultivo que poderiam gerar maior lucratividade sem aumento de despesas (FERNANDES, 2005).

Em trabalhos recentes, Fernandes (2005) e Barbosa (2005) apresentaram algumas variedades melhoradas de bons rendimentos agrônômicos para a região Norte-mineira, em substituição de variedades tradicionais de baixas produtividades, dentre elas estão: SP79-1011, RB72-454 e SP80-1842.

2.5 Exigências hídricas da cana-de-açúcar

A disponibilidade de água para a cana-de-açúcar é o principal fator climático causador de variabilidade, ano a ano, na sua produtividade. Entretanto, em função das variações de clima e de variedades, pode-se estabelecer uma relação entre produção e consumo de água pela cana-de-açúcar (BARBOSA, 2005).

No cultivo irrigado da cana-de-açúcar é de capital importância definir os estádios de desenvolvimento da cultura a fim de aperfeiçoar a eficiência de aplicação da irrigação. Assim sendo, pode-se dividir o ciclo da cana de doze meses em quatro estádios de desenvolvimento, conforme apresenta a Tabela 1 (DUARTE, 2006).

TABELA 1. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar.

FASE DA CULTURA	DURAÇÃO DA FASE(número de meses)
Germinação e emergência	1
Perfilhamento e estabelecimento da cultura	2 a 3
Desenvolvimento da cultura	6 a 7
Maturação	2

Os dois primeiros estádios são os mais críticos ao deficit hídrico. O terceiro estágio (desenvolvimento) responde à lâmina aplicada, mas o deficit hídrico não causa tantos prejuízos à produtividade quanto aos dois primeiros. O quarto estágio (maturação) responde positivamente ao deficit hídrico. Todavia, o consumo diário de água é maior no terceiro estágio do que nos dois primeiros. Isso ocorre em função do maior índice de área foliar no terceiro estágio. O teor de açúcar costuma ser afetado adversamente pelo excesso de umidade no estágio de maturação (BERNARDO, 2005).

O consumo diário de água pela cana-de-açúcar nas principais regiões produtoras do país, dependendo da variedade, do estágio de desenvolvimento da cultura, da demanda evapotranspirométrica em função do mês e da região (variação temporal e espacial) em geral tem variado de 2 a 6 mm/dia (BERNARDO, 2005). Barbosa (2005) também cita que a cultura necessita de 250 gramas de água para formar 1 grama de matéria seca.

Considerando as condições climáticas da região norte mineira, que se caracteriza por apresentar um elevado déficit hídrico anual (acima de 400 mm) e com um período de chuvas concentrado em apenas quatro meses (dezembro a março), com precipitação média anual variando de 800 a 900 mm e temperatura média anual acima de 24 °C, a irrigação dos canaviais, conciliada a variedades mais produtivas e adaptadas, torna-se uma prática importante para se conseguir altas produtividades (SEBRAE, 2001).

2.6 A cana-de-açúcar no Norte de Minas Gerais

A cultura da cana-de-açúcar é bastante influenciada pelas condições edafoclimáticas, tais como a precipitação pluviométrica, a temperatura, a umidade relativa e a insolação que são condicionantes climáticos importantes na determinação da disponibilidade hídrica e térmica para a cultura. Esses parâmetros têm efeito sobre o comportamento fisiológico da cultura em relação ao metabolismo de crescimento e desenvolvimento dos colmos, florescimento, maturação e produtividade. Da mesma forma o relevo, a geologia e geomorfologia, que influenciam as características pedológicas, também estabelecem implicações diretas sobre níveis da cultura, considerando a fertilidade do solo e todos os aspectos a ela relacionados (MELO *et al.*, 1999).

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 para permitir o máximo crescimento na fase vegetativa, seguida de restrição hídrica ou térmica para favorecer o acúmulo de sacarose no colmo na época do 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 anuais; de setembro a abril no Norte e Nordeste, e de maio a dezembro no Centro-Sul correspondendo a épocas secas nessas regiões.

No que se refere aos fatores climáticos para a produção da cana-de-açúcar, a temperatura é, provavelmente, o de maior importância. A temperatura basal para a cana-de-açúcar está em torno de 20 °C. A temperatura ótima situa-se entre 22 a 30 °C, sendo que nestas condições a cultura apresenta seu máximo crescimento.

O clima, na escala regional, é o primeiro a ser considerado devido a sua condição de fator praticamente imutável. No Brasil, a cana-de-açúcar tem sido cultivada em escala comercial desde a proximidade da linha do Equador, no Estado do Amazonas, até as regiões subtropicais, como no Estado do Rio Grande do Sul, resultando numa extrema diversidade de unidades edafoclimáticas (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2002). Isso gera variabilidade na adaptação das cultivares nas diversas regiões de cultivo de cana-de-açúcar. Maule *et al.* (2001) concluíram que as cultivares apresentaram diferentes comportamentos de produção em função do ambiente de desenvolvimento.

O Norte de Minas Gerais apresenta uma agropecuária tradicional de sequeiro, totalmente dependente das condições climáticas, quase sempre

desfavoráveis, e uma agricultura irrigada, que demanda tecnologias para alcançar a produtividade e a qualidade esperadas (EPAMIG, 2010).

Segundo Saturnino *et al.* (1994), a cana-de-açúcar é cultivada na maioria das pequenas comunidades do norte de Minas Gerais para a fabricação de aguardente, rapadura, açúcar mascavo e alimentação de animais. Para Campelo (2002), a cadeia produtiva da cachaça gera, no estado de Minas Gerais, um faturamento de cerca de 1,4 bilhão de reais, empregando diretamente 160 mil pessoas, sendo a maior parte no norte do estado.

Fernandes (2005) afirma que a região Norte de Minas Gerais apresenta comunidades rurais compostas principalmente de pequenos produtores, concentrando suas atividades na pecuária e cultivo da cana-de-açúcar. A maioria desses produtores ainda emprega métodos tradicionais de baixa produtividade. Nesse contexto, a comunicação rural favorece a inclusão desses produtores em atividades mais lucrativas, com melhor nível tecnológico e, conseqüentemente, a redução do êxodo rural.

2.7 Qualidade industrial da Matéria-Prima

Nos últimos anos, as pesquisas sobre qualidade da matéria-prima têm demonstrado a importância dos fatores intrínsecos e extrínsecos e a necessidade de mensurar os indicadores da qualidade da cana-de-açúcar e seu impacto na indústria canavieira. Dentre os fatores intrínsecos, existem aqueles relacionados com a composição da cana (teores de sacarose, açúcares redutores, fibras, compostos fenólicos, amido, cor do caldo, ácido aconítico e minerais). Os fatores extrínsecos são aqueles relacionados com materiais estranhos ao colmo (terra, pedra, restos de cultura, plantas daninhas ou compostos produzidos por micro-organismos devido à sua ação sobre os açúcares do colmo (AMORIM, 2003).

Considerando-se que a qualidade da matéria-prima é definida como o conjunto de características que deve apresentar as exigências da indústria no processamento, verifica-se que há uma variação natural dessas, que deve ser compatível com o processo. Dessa maneira, quanto melhores e mais adequadas forem as condições de cultivo, melhor poderá ser a qualidade da matéria-prima, com maior acúmulo de sacarose e conseqüentemente maior rentabilidade nos produtos finais da indústria sucroalcooleira. Atualmente, o setor sucroalcooleiro passa por transformações no que diz respeito ao sistema de colheita da cana-de-açúcar. A queima do canavial é prática comum no Brasil. O principal objetivo de se queimar a cana é a limpeza parcial do canavial a fim de facilitar a operação de corte manual ou mecânico, o que traz conseqüências na velocidade e economia da colheita (SEGATO *et al.* , 2006; FURLANI *et al.* , 1996). Mas segundo RIPOLI e RIPOLI (2004), a queima do canavial afeta a qualidade da matéria-prima causando perdas de sacarose por exsudação e aumento de matéria estranha (terra) que fica aderida ao colmo, resultando em desgastes, embuchamentos, entupimentos, incrustações, enfim, reduzindo a vida útil dos equipamentos e também prejudicando a fermentação, a fabricação de açúcar e influenciando na sua cor (IDEA, 2001).

Outro sistema é a colheita mecanizada da cana-de-açúcar sem queima (cana crua) que está cada vez mais presente nos sistemas de produção no Brasil (PEREIRA *et al.*, 2006). A colheita mecanizada pode interferir muito na qualidade da matéria-prima a ser processada na indústria. Para FERNANDES *et al.* (1977), a adoção dessa modalidade de colheita de cana-de-açúcar sem queima introduz certos inconvenientes nas indústrias, tais como: aumento dos índices de impurezas vegetais compostas por palhas, folhas verdes, pontas, raízes, rizomas, panículas, além de plantas daninhas presentes na carga, que implicam maiores teores de amido, compostos fenólicos, ácido aconítico e

outros compostos; tendo como consequência a redução da qualidade tecnológica da matéria-prima fornecida para moagem.

A cor do caldo é intensificada quanto mais verde ou deteriorada for a cana e quanto maior a quantidade introduzida de impurezas vegetais no processo de extração (PAYNE, 1989). Assim, a presença de impurezas coloridas no açúcar pode ser um impedimento no processo de cristalização, devido à falta de homogeneidade e pureza dos grãos, implicando rendimento e qualidade mais baixos, além do aumento dos custos de refinamento e dificuldade de comercialização (CLARKE *et al.*, 1985).

A agroindústria canavieira tem como principal objetivo maximizar a produtividade e reduzir custos, associado à melhoria da qualidade da matéria prima e dos produtos finais. Para isso, é necessário que as áreas agrícola e industrial trabalhem juntas para ter um maior “rendimento industrial” (FERNANDES, 2003). As características tecnológicas determinadas nos laboratórios de usinas e destilarias são brix, fibra, pol, pureza, AR e ATR. As metodologias de análise e cálculos estão descritas em Fernandes (2003).

As análises das características tecnológicas podem ser classificadas de acordo com o sistema de extração do caldo: moenda de laboratório, digestor a frio e prensa hidráulica (FERNANDES, 2003). À exceção da fibra, todos os constituintes são determinados no caldo. Por meio de cálculos, os dados são transformados em porcentagem de cana, por meio da adição de um coeficiente “C” na fórmula. No presente trabalho, foi utilizado o método da prensa hidráulica, conforme descrito em material e métodos. De acordo com Amorim (1999), existem indicadores que permitem avaliar a riqueza da cana em açúcares e o seu potencial de recuperação. A Pol da cana é uma das principais características utilizadas nas indústrias canavieiras, assim como a percentagem de fibra, pureza e açúcares redutores. Pol refere-se à sacarose contida no caldo de cana, e quanto mais elevados os teores, mais madura está a cana. A cana

imatura possui mais açúcares redutores e compostos precursores de cor e estes interferem na Pol para menos, ocasionando uma coloração elevada da cor do caldo (RIPOLI e RIPOLI, 2004; LEITE, 2000). Examinando a relação fibra/Pol, PROCKNOR (2004) e CLARKE e LEGENDRE (1999) verificaram que a cana-de-açúcar não apresenta apenas a variação da Pol quando amadurece, havendo variações também no teor de fibra. No centro-sul, nos meses de início de safra (abril e maio), os valores são maiores, na faixa de 1,0 e enquanto nos meses em que ocorre a maturação (agosto a outubro), a relação fibra/Pol vai caindo progressivamente, atingindo valores na faixa de 0,75 a 0,80. A pureza é o indicador mais importante do estágio de maturação da cana-de-açúcar, indicando a percentagem de sacarose (Pol) contida nos sólidos solúveis (Brix). Quanto mais madura a cana, maior será a pureza, pois terá maior acúmulo de sacarose. Com a deterioração e envelhecimento da cana, a pureza tende a diminuir ocasionando um aumento na cor do açúcar.

Quando a cana colhida se deteriora, os níveis de açúcar invertido aumentam. Esses açúcares invertidos vão se decompondo e formam ácidos orgânicos e moléculas de compostos coloridos (CLARKE e LEGENDRE, 1999). A pureza alta é prenúncio de facilidade de fabricação e melhor qualidade de açúcar, álcool e de altos rendimentos industriais, devido à baixa quantidade de não sacaroses como componentes normais do caldo, aminoácidos, ácidos orgânicos, amido, açúcares redutores, além de outros compostos formadores de cor (STUPIELLO, 2000).

Os açúcares redutores da cana (AR) afetam diretamente a pureza, o que vai refletir na recuperação do açúcar pela fábrica, e participam de reações que aumentam a cor do açúcar depreciando sua qualidade (RIPOLI e RIPOLI, 2004; FERNANDES, 2003; LEITE, 2000). Durante o processo de produção de açúcar, há formação de caramelos provenientes de reações de degradação e condensação da glicose e frutose – açúcares redutores, catalisadas por ácido ou base

(ARAÚJO, 2007). Em meio ácido ocorre a inversão da sacarose em glicose e frutose, seguida por uma série de reações de desidratação formando compostos coloridos.

3 – MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local, solo e clima

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, em Janaúba – MG, que possui as coordenadas geográficas 43°16'18,2" W e 15°49'51,5" S e altitude de 540 m, situada no perímetro irrigado da Associação dos Irrigantes da Margem Esquerda do Rio Gortuba (ASSIEG).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico textura média, (LVd) (EMBRAPA, 1999). O histórico da área nos últimos dois anos de cultivo referiu-se a plantações de milho e sorgo com correções do solo com utilização de Gesso Agrícola e posteriores adubações químicas diversificadas.

A pluviosidade média da região é de aproximadamente 870 mm, com temperatura média anual de 24 °C, insolação de 2.700 horas anuais e com umidade relativa média de 65 %. O experimento iniciou-se com o corte de uma área de cana-de-açúcar homogeneizando o meio no dia 20 de outubro de 2009, caracterizando uma cana-soca de segundo corte de produção.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições, em parcelas subdivididas (2 x 3 x 6) , sendo utilizadas na parcela duas variedades de cana-de-açúcar RB85- 5453 e SP80-1816 e três épocas distintas de irrigação plena mais precipitação após corte (DIAC) caracterizadas aos 165, 195 e 225 dias, na subparcela utilizaram-se seis níveis de adubação

mineral conforme tabela 2. Cada subparcela foi composta por quatro linhas de 5 m de comprimento (CESNIK e MIOCQUE, 2004) espaçadas de 1,40 m totalizando 21 m². As duas linhas centrais foram consideradas como úteis para efeito de coleta de dados e observações, descartando-se 2 m em cada extremidade da linha, totalizando 108 subparcelas divididas por 54 parcelas em cada variedade, a parcela constituiu-se de 6 sub-parcelas.

3.3 Níveis de adubação

Para a definição da adubação utilizada no experimento, tomou-se como base o manual de recomendação de adubos e corretivos para o Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), porém não seguindo totalmente as recomendações propostas. A adubação mineral foi feita em uma só vez em cobertura na data de 04 de novembro de 2009, com seis níveis distintos na proporção de 1 : 0,8 em kg ha⁻¹ respectivamente das fontes sulfato de amônio e cloreto de potássio, de acordo a análise de solo de plantio (tabela 3) e exigência da cultura.

TABELA 2. Valores de adubação mineral em kg ha⁻¹ de fontes de cloreto de potássio e sulfato de amônio nos tratamentos.

Níveis de adubação	nitrogênio		potássio	
	(Sulfato de amônio) (kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(Cloreto de potássio) (kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
1	0	0	0	0
2	72	14	57	33
3	143	29	114	66
4	215	43	172	100
5	286	57	229	133
6	357	71	286	166

TABELA 3. Resultados da análise química do solo da área experimental, realizada em novembro de 2007. UNIMONTES, Janaúba, MG

Camada (cm)	pH H ₂ O	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H+Al	Al ⁺³	SB	T	V	P	K ⁺
		(cmol _c /dm ³)								
0-20	6,2	2,2	0,7	3,6	0,2	3,3	6,9	47	6,0	147
20-40	6,1	3,7	1,0	2,6	0,1	4,9	7,4	65	3,9	68

¹SB= Soma de bases ²T= capacidade de troca catiônica a pH 7 ³V= Saturação por bases

Fonte: Magalhães (2010).

Como o corte da cana planta ocorreu no final do mês de outubro de 2008, o ciclo fenológico da cana-soca foi dividido em três fases (AZEVEDO, 2002): fase inicial de desenvolvimento, 120 dias (26 de outubro de 2009 a 26 de fevereiro de 2010); fase de máximo desenvolvimento, 100 dias (27 de fevereiro a 10 de junho de 2010) e fase da maturação, 90 dias (10 de junho a 10 de setembro de 2010).

As duas variedades de cana-de-açúcar foram selecionadas a partir de material genético com características agrônômicas vantajosas para o uso industrial, cedido pelo Programa de Desenvolvimento da Bovinocultura de Leite (PROCRIAR) da EMBRAPA em parceria com a EMATER-MG (Tabela 3) e testadas na Fazenda Experimental da UNIMONTES em Janaúba (MG).

TABELA 4. Características agrônômicas das variedades utilizadas no projeto.

Variedade	SP80-1816	RB85- 5453
Produtividade	Alta	Alta
Maturação	Média	Precoce
Colheita	Jul/Set	Jun/Ago
Fertilidade	Média	Alta
Florescimento	Ausente	Média

Fonte: (DIAS, 2006)

3.4 Irrigação

Foram feitos três cortes de irrigação, o primeiro no mês de abril; o segundo, no mês de maio; e o terceiro, em junho, sempre no quinto dia do mês, caracterizando 165, 195 e 225 dias de irrigação mais precipitação aproveitável (DIAC).

Foi utilizado o sistema de irrigação por aspersão convencional com aspersores de baixa pressão. A lâmina de irrigação foi determinada levando-se em consideração a precipitação e a eficiência do sistema utilizado bem como a evapotranspiração da cultura (ETc e Kc da cana-de-açúcar) (GOMES, 1994; BERNARDO *et al.*, 2005), dispensando-a na ocorrência de precipitação. Dados climáticos obtidos a partir da estação meteorológica da Epamig, Nova Porteirinha-MG. Esta prática fez com que houvesse mais controle e eficiência na quantidade de água aplicada na área experimental.

A distribuição da precipitação no experimento ao longo do ciclo fenológico da cultura (360 dias), em intervalos mensais encontram-se no Gráfico 1. As quantidades de água aplicadas por meio da irrigação durante os três períodos distintos mais precipitação até as supressões foram: Lâmina 1 (165 DIAC) = 918 mm; Lâmina 2 (195 DIAC) = 1.242 mm, e Lâmina 3 (225 DIAC) = 1.539 mm. A precipitação aproveitável (Pap) acumulada no mesmo período foi de 873,8; 891,2; e 902,4 mm respectivamente, resultando em quantidades totais de água aplicadas para os três DIAC distintos de L1 + Pap (165 DIAC) = 1.791,8mm; L2 + Pap (195 DIAC) = 2.133,2mm, e L3 + Pap (225 DIAC) = 2.441,4 mm.

A menor quantidade disponível, 1.791,8mm (165 DIAC), atende aos valores recomendados para períodos de 365 dias de ciclo da cultura da cana-de-açúcar que variam de 1.500 a 2.000 mm, segundo Doorenbos e Kassam (1979). Assim, as irrigações predominaram na fase inicial de crescimento e no início do máximo desenvolvimento.

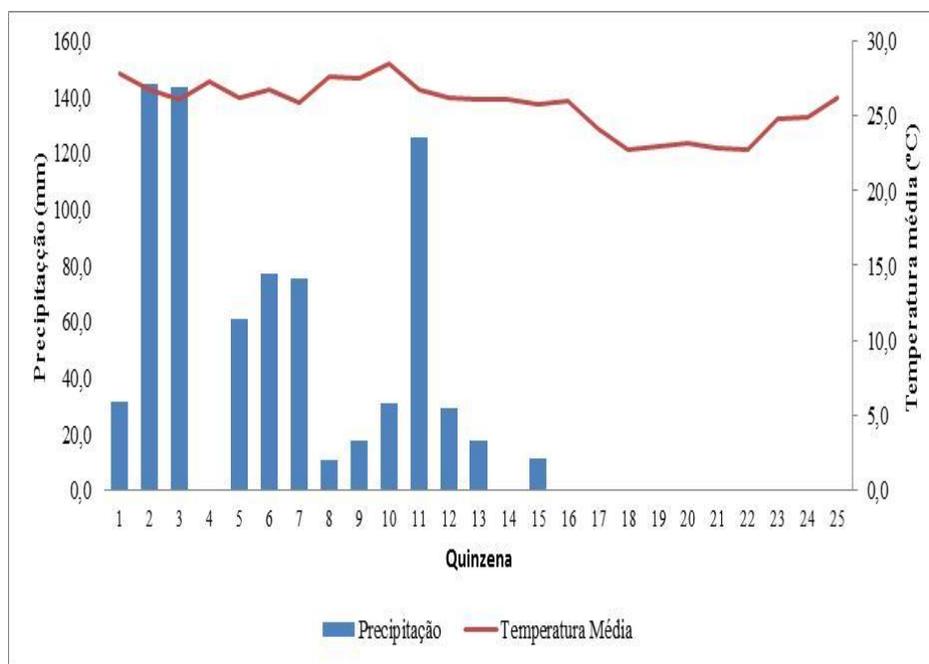


FIGURA 1. Dados médios de temperatura, em graus Celsius (°C), e precipitação pluvial acumulada por quinzena, em milímetros (mm), em Janaúba-MG, de 01/10/2009 a 30/09/2010. Dados obtidos na Estação Climatológica da EPAMIG, Nova Porteirinha-MG, 2011.

3.5 Coletas e análise de dados agronômicos.

Foram feitas duas análises de todas as parcelas, a primeira análise no mês de agosto (300 dias após corte) e a segunda em setembro (330 dias após corte) de 2010. Somente os dados coletados de perfilhamento que foram aos 150 dias após corte. A biometria foi calculada segundo o método descrito por Martins e Landell (1995); assim, as primeiras amostragens e levantamento de dados avaliaram as seguintes características: altura de planta (m), diâmetro do colmo (cm), n° de colmos industrializáveis e estimativa de produtividade (t ha⁻¹).

Os perfilhos foram contados em cada subparcela em 1 m da linha central aos 150 dias após corte para todos os tratamentos.

A altura das plantas foi determinada com o auxílio de uma trena, medindo-se desde sua base rente ao solo até a inserção da folha + 1 com bainha, do ápice da planta para baixo.

A avaliação do diâmetro do colmo foi determinada com o auxílio de paquímetro na altura mediana do colmo (entre o 1° e 2° terços do colmo).

Para determinação do número de colmos por m, foram contados todos os colmos industrializáveis, em uma linha central de cada parcela.

A partir desses dados foi estimada a produtividade total expressa em toneladas de cana por hectare (TCH_e), utilizando-se a seguinte expressão matemática:

$$TCH_e = D^2 \times C \times H \times (0,007854/E), \text{ na qual:}$$

D = diâmetro de colmos (cm);

C = número de colmos por m;

H = comprimento médio de colmos (cm);

E = espaçamento entre sulcos (m).

3.6 Coleta e análise de dados tecnológicos

As análises foram feitas no laboratório Industrial da Usina São Judas Tadeu (SADA Bioenergia e Agricultura), localizada no Lote 3022-gleba G1, Projeto Jaíba-etapa 2 no município de Jaíba-MG,. Foram coletados 3 colmos inteiros aleatórios em cada subparcela e transportados no transcorrer de 1 hora para o laboratório, simulando o tempo real de colheita, coletando-se amostras sempre no quinto dia útil dos meses de agosto e setembro de 2010, conforme descrito no Manual de Instruções de análise de qualidade de cana, açúcar e álcool da CONSECANA (2003, 2006).

3.6.1 Brix do caldo

Análises de Brix e Pol foram feitas pelo método da prensa hidráulica. Após a tomada de amostra pela sonda, desintegrou-se em desintegrador de laboratório, realizou-se homogeneização em betoneira equipada com protetor contra perda de umidade da amostra desintegrada e pesaram-se 500 g da amostra em balança eletrônica de prato externo (CONSECANA, 2003, 2006).

Essa amostra foi prensada a 250 Kg/cm^2 durante 1 minuto, em prensa hidráulica automática (Hidaseme PHS 250) de onde se recolheu o caldo, sendo do caldo feita a análise do Brix (refratométrico).

3.6.2 Pol no caldo extraído – Pol % caldo

A Pol é a porcentagem em massa de sacarose contida em uma solução açucarada de peso normal, determinada pela capacidade que os açúcares têm de

desviar a luz polarizada em uma única direção, sendo determinada por métodos sacarimétricos (polarímetros ou sacarímetros).

Pol % caldo = (1,0078 x leit. sacar. + 0,0444) x (0,2607 – 0,009882 x Brix)

3.6.3 Peso do Bolo Úmido

O bagaço foi chamado de “Bolo Úmido”. O peso do bolo úmido (P.B.U.) foi obtido em balança eletrônica. Os resultados obtidos (leitura Sacarimétrica, Brix e PBU) foram lançados em um programa de computador (CHB), obtendo-se os demais resultados: Pol do caldo, Pol da cana, fibra, pureza, AR, brix da cana, umidade, ATR e ART com os seguintes cálculos conforme (CONSECANA, 2003, 2006).

3.6.4 Fibra na cana-de-açúcar - F

A fibra é matéria seca, sendo insolúvel na água, contida na cana de açúcar. Foi determinada em função do brix do caldo extraído da prensa hidráulica, peso de bagaço úmido (PBU) e peso de bagaço seco (PBS), conforme FERNANDES (2003). Esse tipo de fibra no Brasil também é conhecido como fibra “tanimoto”.

$$F = (0,08 \times PBU) + 0,876$$

3.6.5 Cálculos do coeficiente -C

O coeficiente “C” representa a transformação do caldo extraído em todo o caldo absoluto, ou seja, é a extração de todo caldo proveniente da prensa hidráulica.

$$C = (1,0313 - 0,00575 \times \text{FIBRA})$$

3.6.6 Brix na cana-de-açúcar – Brix % cana

A determinação do brix refratométrico é a característica mais utilizada nas indústrias de açúcar e álcool, pois mede o índice de refração das soluções dissolvidas em uma solução açucarada fornecendo sua massa em porcentagem. A leitura foi realizada em refratômetro ótico com correção para 20 °C. Cerca de 50 mL do caldo foram filtrados em algodão para a realização da leitura. Com auxílio de um bastão plástico, foram colocadas gotas do caldo filtrado sobre o prisma do refratômetro e, em seguida, feita leitura do brix. Para a determinação do brix na cana, foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{Brix \% cana} = \text{Brix do caldo} \times (1 - 0,01) \times C$$

3.6.7 Pol na cana-de-açúcar – Pol % cana

A Pol na cana é obtida em função da Pol no caldo extraído multiplicado pela fibra e pelo coeficiente “C” que transforma a Pol no caldo extraído em Pol % cana.

$$\text{Pol \% cana} = \text{Pol no caldo} \times (1 - 0,01 \times \text{FIBRA}) \times C$$

3.6.8 Pureza

A Pureza é a porcentagem de sacarose (Pol) contida nos sólidos solúveis (Brix), sendo o principal indicador de maturação da cana-de-açúcar. Foi obtida pela fórmula:

$$\text{PUREZA} = (\text{Pol \% cana}) / (\text{Brix \% cana}) \times 100$$

3.6.9 Açúcares redutores no caldo extraído – AR % caldo

Os açúcares redutores são açúcares encontrados na cana, principalmente glicose e frutose, que têm a propriedade de reduzir o óxido de cobre do estado cúprico a cuproso. Eles são os principais precursores da cor mais escura do açúcar no processo industrial. O cálculo dos açúcares redutores no caldo foi feito pela fórmula:

$$\text{AR \% caldo} = (3,641 - 0,0343 \times \text{PUREZA})$$

3.6.10 Açúcares redutores na cana-de-açúcar – AR % cana

$$\text{AR \% cana} = \text{AR no caldo} \times (1 - 0,01 \times \text{FIBRA}) \times C$$

3.6.11 Açúcares redutores totais no caldo extraído – ART % caldo

Os açúcares redutores totais também chamados de açúcares totais representam todos os açúcares contidos na cana na forma redutora ou de açúcar invertido. Foram determinados pela seguinte equação:

$$\text{ART \% caldo} = (\text{Pol no caldo} / 0,95) + \text{AR no caldo}$$

3.6.12 Açúcares redutores totais na cana-de-açúcar – ART % cana

$$\text{ART \% cana} = \text{ART do caldo} \times (1 - 0,01 \times \text{FIBRA}) \times C$$

3.6.13 Açúcares totais recuperáveis-ATR

Conhecendo-se a Pol da cana (PC) e os açúcares redutores da cana (ARC), o ATR é calculado pela equação:

$$\text{ATR} = 10 \times \text{PC} \times 1,05263 \times 0,905 + 10 \times \text{ARC} \times 0,905 \text{ ou,}$$

$$\text{ATR} = 9,5263 \times \text{PC} + 9,05 \times \text{ARC}, \text{ onde:}$$

$10 \times \text{PC} = \text{pol por tonelada de cana}$

$1,05263 = \text{coeficiente estequiométrico para a conversão da}$
 $\text{sacarose em açúcares redutores}$

$0,905 = \text{coeficiente de recuperação, para uma perda industrial}$
 $\text{de } 9,5 \% \text{ (nove e meio por cento)}$

$10 \times \text{ARC} = \text{açúcares redutores por tonelada de cana}$

3.6.14 Álcool hidratado

$\text{ART \% caldo} \times 10 \times 0,6475 = 100 \% \text{ de álcool--- transforma-se para } 85$
 $\% \text{ considerando a eficiência do processo fermentativo.}$

3.7 Análises estatísticas

Foi feita a média dos dados de coleta dos dois meses, esta média foi submetida à análise de variância e, quando houve diferença significativa pelo teste F, realizou-se a comparação das medias pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$) para todas as variáveis estudadas, utilizando-se do programa software SISVAR.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises de Variância

Nas tabelas 5, 6 e 7 estão os resultados do teste F para todas as variáveis estudadas. Verificou-se que apenas na variável Altura não houve interação para nenhuma fonte de variação, mostrando que esta característica não foi afetada pelos diferentes níveis adotados em supressão de irrigação e níveis de adubação nas variedades pesquisadas.

TABELA 5. Resumo das análises de variância para as variáveis Pureza, Brix, Pol da cana, açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART), açúcares totais recuperáveis (ATR) e umidade. Janaúba, MG, 2011.

FV	GL	QM				
		PUREZA (%)	BRIX (%)	POL DA CANA (%)	POL DO CALDO (%)	AR (%)
BLOCO	2	0,0085	0,5600	0,1145	0,0229	0,0004
VAR	1	419,925*	150,9224*	120,6924*	228,0280*	0,4306*
DIAC	2	6,5209	7,4770*	7,4195*	5,2862*	0,0163*
VAR*DIAC	2	14,5863	3,5181*	2,9307*	1,5616	0,0278*
erro 1	10	6,3247	0,7956	0,3696	0,6763	0,0001
NÍVEIS	5	34,9280*	0,7069	1,3080*	2,8743*	0,0264*
VAR*NÍVEIS	5	8,8282	0,3019	0,4357	0,8042	0,0100*
DIAC*NÍVEIS	10	18,8251*	0,7668	1,3778*	2,2522*	0,0184*
VAR*DIAC*NÍVEIS	10	2,5230	0,5644	0,8704*	0,7580*	0,0044*
erro 2	60	7,3858	0,4089	0,3089	0,3431	0,0009
Total corrigido	107					
CV 1 (%) =	2	2,95	3,67	3,46	3,92	4,33
CV 2 (%) =	1	3,18	2,63	3,16	2,79	5,14
Média geral:	2	85,379	24,308	17,593	20,976	0,598

* valores significativos estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste F.

Outro fato importante em destaque nas tabelas 5, 6 e 7 é que as fontes de variação entre variedades foi significativa para todas as variáveis, exceto para Altura e Número de colmos. As variáveis Álcool estimado, Produtividade total e

Açúcares redutores apresentaram-se com interação em todas as fontes de variações, porém as variáveis Altura, Diâmetro de colmo, Número de perfilhos e Número de colmos industrializáveis apresentaram-se sem significância na variável DIAC. Isso pode ser explicado pelo fato que essas características obtiveram seu máximo potencial em desenvolvimento no período vegetativo, quando ainda não havia iniciado as diferentes supressões de irrigação, assim já estando definidos seus valores no primeiro DIAC, não sofrendo alterações nos demais.

TABELA 6. Resumo das análises de variância para as variáveis fibra, litros de álcool esperado (L ALCOOL), altura, diâmetro de colmo(DIAM COLMO), número de colmos industrializáveis (Nº COLMO), número de perfilho (Nº PERFILHO) e produtividade (PRODUT). Janaúba-MG, 2011.

FV	GL	QM				
		FIBRA (%)	ALCOOL (L)	ALTURA (m)	DIAM COLMO (mm)	Nº PERFILHO (Unidade/m)
BLOCO	2	0,4102	4,7142	0,1156	4,9037	0,3333
VAR	1	38,1395*	3416,5125*	0,1323	128,9259*	3061,3425*
DIAC	2	1,8509*	93,3944*	0,0531	0,9653	13,5833
VAR*DIAC	2	0,2850	106,9401*	0,0480	9,0219	33,3425*
erro 1	10	0,3837	22,1912	0,0387	2,3959	7,9555
NÍVEIS	5	0,3479	19,0944*	0,0163	2,4981*	239,8166*
VAR*NÍVEIS	5	0,6167*	24,8079*	0,0358	2,3135*	54,9870*
DIAC*NÍVEIS	10	0,6274*	36,0239*	0,0438	1,6905*	47,8166*
VAR*DIAC*NÍVEIS	10	0,1698	9,3988*	0,0170	0,7999	49,9537*
erro 2	60	0,2111	14,6498	0,0295	0,9404	6,2296
Total corrigido	107					
CV 1 (%) =	2	5,08	4,48	6,38	5,29	14,95
CV 2 (%) =	1	3,77	3,64	5,57	3,32	13,23
Média geral:	2	12,192	105,090	3,084	28,974	18,861

* valores significativos estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste F.

TABELA 7. Resumo das análises de variância para as variáveis número de colmos industrializáveis (Nº COLMO), produtividade (PRODUT), Açúcares teóricos recuperáveis (ATR) e Umidade. Janaúba-MG, 2011.

FV	GL	QM				
		Nº COLMO (Unidade/m)	PRODUT. (t ha ⁻¹)	ATR Kg t ⁻¹	UMIDADE (%)	PUREZA (%)
BLOCO	2	1,5092	106,5581	7,3261	1,7759	0,0085
VAR	1	22,2314	33275,1518*	10583,8920*	241,8014*	419,925*
DIAC	2	9,3425	2654,9335*	419,7014*	11,0759*	6,5209
VAR*DIAC	2	3,8981	2842,6537*	286,7941*	2,8071	14,5863
erro 1	10	6,7870	513,1901	69,0270	1,9244	6,3247
NÍVEIS	5	5,8314*	3788,0685*	78,2373	1,1792	34,9280*
VAR*NÍVEIS	5	6,1870*	2594,6414*	44,7479	0,6431	8,8282
DIAC*NÍVEIS	10	4,5759*	775,2871*	74,4393	1,6670*	18,8251*
VAR*DIAC*NÍVEIS	10	5,0870*	1208,1791*	40,4358	0,8145*	2,5230
erro 2	60	1,7851	201,880	52,7243	0,7356	7,3858
Total corrigido	107					
CV 1 (%) =	2	23,43	14,18	4,82	2,09	2,95
CV 2 (%) =	1	12,01	8,89	4,21	1,29	3,18
Média geral:	2	11,185	159,61	172,388	66,496	85,379

* valores significativos estatisticamente (p<0,05) pelo teste F.

4.2 Variáveis Agronômicas

Os valores médios de perfilhos, diâmetro de colmo e número de colmos industrializáveis encontram-se nas tabelas 8 e 9. A capacidade de perfilhamento das variedades de cana-de-açúcar é um dos fatores determinantes da produção agrícola da cultura. Observou-se intenso perfilhamento após o corte, sendo esse contado aos 150 dias seguintes. Pôde-se perceber que ambas as variedades obtiveram máximo perfilhamento no início de período vegetativo e uma redução muito acentuada até a colheita.

Essa redução no perfilhamento tem sido atribuída ao aumento da competição pelos fatores de crescimento como água, luz, nutriente e espaço, levando à morte aqueles perfilhos mais jovens, fracos e mal posicionados.

TABELA 8. Médias dos valores de diâmetro de colmo (DIAM DE COLMO), número de perfilho por m (Nº PERFILHO) e número de colmos por m (Nº COLMOS) no desdobramento do período de irrigação e precipitação (DIAC) com variedades dentro de cada nível de adubação.

NÍVEL	DIAC	DIAM DE COLMO (mm)		Nº PERFILHOS (Unidade/m)		Nº COLMOS (Unidade/m)	
		SP80- 1816	RB85- 5453	SP80- 1816	RB85- 5453	SP80- 1816	RB85- 5453
1	165	29,21 aA	27,55 bA	25,66 aA	11,70 bB	10,66 aA	10,66 aA
	195	31,45 aA	27,86 bA	21,66 aA	10,33 bB	10,66 aA	10,00 aA
	225	29,50 aA	29,36 aA	15,66 aB	14,00 aA	11,00 aA	8,00 bA
2	165	30,96 aA	28,13 bA	20,00 aA	11,00 bB	12,70 aA	10,70 bA
	195	30,34 aA	27,29 bA	21,78 aA	10,00 bB	10,33 aA	9,66 aB
	225	29,63 aA	28,04 aA	24,66 aA	15,00 bA	12,00 aA	10,70 bA
3	165	29,34 aA	27,08 bA	27,00 aA	15,00 bA	11,00 bA	11,66 aB
	195	29,90 aA	27,51 bA	21,00 aB	11,00 bB	11,33 aA	10,66 aB
	225	30,07 aA	28,66 aA	23,33 aB	10,33 bB	10,66 aA	12,66 bA
4	165	30,43 aA	26,89 bA	19,66 aB	13,00 bA	11,33 aA	10,33 aA
	195	30,78 aA	27,95 bA	32,33 aA	13,66 bA	12,33 aA	11,00 aA
	225	29,50 aA	26,89 bA	28,66 aA	11,33 bB	12,00 aA	11,33 aA
5	165	30,36 aA	27,55 bB	19,66 aB	12,66 aA	10,66 bA	12,00 aA
	195	30,50 aA	27,33 bB	17,00 aB	11,00 bB	11,66 aA	11,00 aA
	225	30,25 aA	29,28 aA	23,33 aA	15,66 bA	12,00 aA	11,33 aA
6	165	29,65 aA	27,00 aA	29,00 aA	23,33 bA	11,33 aA	10,33 bB
	195	30,43 aA	27,86 bB	33,33 aA	15,00 bB	11,66 aA	13,33 aA
	225	29,76 aA	28,78 aA	31,66 aA	23,33 bA	12,00 aA	12,00 aA

⁽¹⁾Nível 1 (0 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio); 2 (14 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 33 kg ha⁻¹ de potássio); 3 (29 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 66 kg ha⁻¹ de potássio); 4 (43 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de potássio); 5 (57 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 133 kg ha⁻¹ de potássio); 6 (71 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 166 kg ha⁻¹ de potássio). ⁽²⁾Médias dentro de cada atributo seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade. ⁽³⁾Médias dentro de cada nível seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

De acordo com Terauchi e Matsuoka (2000), as características ideais de cultivares de cana-de-açúcar estariam relacionadas com rápido crescimento e desenvolvimento na fase inicial, que corresponde ao perfilhamento. Uma possível explicação para esse comportamento de perfilhamento intenso, no início do ciclo, se deve à alta luminosidade. Conforme os primeiros perfilhos vão se desenvolvendo e ocupando maior espaço no solo e no ar, as suas folhas vão sombreando os que brotaram depois, e que são menores, sendo aqueles mais

eficientes na competição por água e luz, fazendo com que estes não consigam sobreviver e morram antes de se tornar plantas completas.

A variedade SP80-1816 apresentou maior número de perfilhos por m em relação à variedade RB85-5453, e somente nos níveis 1 e 5 aos 225 e 165 DIAC, respectivamente, não houve diferença significativa de acordo com o teste de médias ($P < 0,05$). Todos os tratamentos receberam a mesma lâmina total de água até a época de contagem, que foi aos 150 dias após corte. A variedade SP80-1816, tendo o comportamento de maior perfilhamento, mostra claramente que é uma característica varietal de resistência à seca, emite grande quantidade de brotos com finalidade de obter máximo número de colmos viáveis até completar o seu ciclo. As diferentes épocas de supressão de irrigação (DIAC) não influenciaram nos tratamentos das variáveis. Dependendo das condições climáticas, a quantidade de água exigida pela cultura durante o ciclo varia entre 1500 mm e 2500 mm. A cana-de-açúcar apresenta elevado consumo de água, necessitando, em média, de 250 partes de água para formar uma parte de matéria seca durante todo período de crescimento (LARCHER, 2006). Todavia, as variedades mostraram alta capacidade de germinação no início de ciclo, sendo muito importante para a qualidade do caldo para industrialização. Esse fato pode ser explicado pelas condições favoráveis de umidade e temperatura aliadas à adubação disponibilizada no seu período vegetativo.

Resultados semelhantes para o perfilhamento foram encontrados por Silva (2007), o qual observou que o máximo perfilhamento ocorreu aos 60 dias após o plantio para as variedades RB92-579, RB86-7515, RB93-509, SP79-1011 e RB72-454, enquanto para as variedades RB85-5113 e Co997 foi aos 90 DAC.

Neste trabalho realizado, em número de perfilhos, a variedade SP80-1816 aproximou-se dos dados de Costa (2007) que encontrou na variedade RB92579 maior perfilhamento, com 27 perfilhos por m aos 150 dias após plantio. Entretanto, observou redução de 63 % até o momento da colheita.

Os valores de perfilhos deste trabalho se encontram dentro da faixa ideal para resultar numa safra de boa produtividade, o que se deve também à alta luminosidade da região que está diretamente relacionada à densidade de plantas, pois quando esta é alta, geralmente, a cultura tende a perfilhar mais (BEZUIDENHOUT et al., 2003).

O perfilhamento é regulado pela auxina, que é formada no topo do dossel e que desce em fluxo contínuo em direção à base. Nesse caso, o hormônio exerce um duplo efeito: alongamento do colmo e o impedimento do desenvolvimento das gemas laterais (dominância apical). Com a alta intensidade luminosa, o fluxo de auxina diminui e observa-se então um decréscimo no grau de inibição das gemas laterais, resultando no aumento do número de perfilhos (CASAGRANDE, 1991).

Entre as variáveis estudadas em análise de crescimento, o diâmetro do colmo é a que apresenta menor variação, já que depende das características genéticas da variedade, do número de perfilhos, do espaçamento utilizado, da área foliar e das condições ambientais. Em relação ao diâmetro de colmo, a variedade SP80-1816 também foi superior, com valor máximo de 31,45 mm no nível 1 aos 195 DIAC. De acordo com Cesnik e Miocque (2004), todos os colmos podem ser considerados médios entre 2 e 3 cm, mostrando que esta variável é pouco influenciada pelo meio, constituindo-se numa característica intrínseca de cada cultivar, com a sua taxa de crescimento aumentando até atingir o seu máximo, e em seguida há uma diminuição progressiva até o ciclo vegetativo se completar.

Assim, pode-se concluir que a diferença entre as variedades nesta pesquisa em diâmetro de colmo foram pouco afetadas pelos diferentes tratamentos, constituindo-se de um comportamento varietal onde a variedade SP80-1816 melhor se desenvolveu obtendo maiores valores nesta característica de acordo as condições de pesquisa deste trabalho.

Maule *et al.* (2001) observaram que algumas variedades de cana-de-açúcar apresentaram comportamento diferenciado em função das condições climáticas do ambiente de desenvolvimento. A disponibilidade hídrica para a cana-de-açúcar é o principal fator climático causador da variabilidade na produtividade (TERAMOTO, 2003).

De acordo com Inman-Bamber (2004), se ocorrer estresse hídrico durante o desenvolvimento da cultura, haverá restrição dos processos fisiológicos, tais como divisão e alongamento celular, diminuindo o acúmulo de massa seca, a taxa de crescimento da cultura e o índice de área foliar. O grau de injúria causado pelo déficit hídrico depende do estágio fenológico da planta e do tempo de duração do estresse.

Magalhães (2010), trabalhando na mesma área e variedades, porém com cana-planta e adubação com vinhaça, registrou diâmetro de colmo médio 34,7 mm, com a variedade SP80-1816 também superando a variedade RB85-5453 corroborando os dados obtidos neste trabalho.

A característica de Número de colmos industrializáveis (tabela 8) é de muita importância, uma vez que é um dos fatores que determina a produtividade do canavial. Os colmos desta pesquisa foram contados no período de safra nos meses de agosto e setembro de 2010, os dados relacionados na tabela 8 indicam que os tratamentos da variedade SP80-1816 não sofreram influência dos diferentes períodos de supressão de irrigação (DIAC). A variedade RB85 5453, na maioria dos tratamentos, não diferiu da variedade SP80-1816, e entre os DIAC apenas os tratamentos de 165 e 195 dos níveis 2, 3 e 6 foram inferiores. Esta característica não foi influenciada diretamente pela superioridade em perfilhamento da variedade SP80-1816, mostrando mais uma vez que era uma característica de defesa da planta. Contudo, a variedade SP80-1816 mostrou alta capacidade de resistência a déficit hídrico, com maiores números de perfilhos

emitidos, sendo desejável pela região Nortemineira que se encontra no semiárido do Brasil.

As médias de níveis de adubação dentro de cada DIAC e variedade encontram-se na tabela 9. Na variável diâmetro de colmo não houve diferença significativa entre os níveis para ambas as variedades.

TABELA 9. Médias dos valores de diâmetro de colmo (DIAM DE COLMO), número de perfilho por m (Nº PERFILHO) e número de colmos por m (Nº COLMOS), interagindo com cada nível de adubação dentro dos períodos (Dias de irrigação mais precipitação após corte “DIAC”) e variedades.

VAR	DIAC	NÍVEIS					
		1	2	3	4	5	6
DIÂMETRO DE COLMO (mm)							
SP80-1816	165	29,21 a	30,96 a	29,34 a	30,43 a	30,36 a	29,65 a
	195	31,45 a	30,34 a	29,90 a	30,7 8a	30,50 a	30,43 a
	225	29,50 a	29,63 a	30,07 a	29,50 a	30,25 a	29,76 a
RB85-5453	165	27,55 a	28,13 a	27,08 a	26,89 a	27,55 a	29,57 a
	195	27,86 a	27,29 a	27,51 a	27,95a	27,33 a	27,86 a
	225	29,36 a	28,04 a	28,66 a	26,89 a	29,28 a	28,78 a
Nº PERFILHOS (Unidade/m)							
SP80-1816	165	25,66 a	20,00 b	27,00 a	19,66 b	19,66 b	29,00 a
	195	21,66 b	21,78 b	21,00 b	32,33 a	17,00 c	33,33 a
	225	15,66 c	24,66 b	23,33 b	28,66 a	23,33 b	31,66 a
RB85-5453	165	11,70 c	11,00 c	15,00 b	13,00 b	12,66 a	23,33 a
	195	10,33 b	10,00 b	11,00 b	13,66 a	11,00 b	15,00 a
	225	14,00 b	15,00 b	10,33 c	11,33 c	15,66 b	23,33 a
Nº COLMOS (Unidade/m)							
SP80-1816	165	10,66 b	12,70 a	11,00 a	11,33 a	10,66 b	13,33 a
	195	10,66 a	10,33 a	11,33 a	12,33 a	11,66 a	11,66 a
	225	11,00 a	12,00 a	10,66 a	12,00 a	12,00 a	12,00 a
RB85-5453	165	10,66 b	10,70 b	11,66 a	10,33 b	12,00 a	10,33 b
	195	10,00 b	9,66 b	10,66 b	11,00 b	11,00 b	13,33 a
	225	8,00 b	10,70 a	12,66 a	11,33 a	11,33 a	12,00 a

⁽¹⁾Nível 1 (0 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio); 2 (14 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 33 kg ha⁻¹ de potássio); 3 (29 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 66 kg ha⁻¹ de potássio); 4 (43 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de potássio); 5 (57 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 133 kg ha⁻¹ de potássio); 6 (71 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 166 kg ha⁻¹ de potássio). ⁽²⁾Médias dentro de cada atributo seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Na variável número de perfilho houve diferenças em todos os níveis para ambas as variedades, com a maior média, de 33,33 unidades m⁻¹, no nível 6, aos

195 DIAC, da variedade SP80-1816. Para ambas as variedades, o nível 6 de mais adubação obteve os maiores valores nesta característica.

A disponibilidade nutricional, principalmente do elemento nitrogênio, no período vegetativo da cultura é essencial, pois promove o desenvolvimento radicular e isenção da parte aérea para posterior acúmulo de matéria seca. No entanto, o potássio é essencial ao desenvolvimento das plantas e muito exigido durante as fases de crescimento, reprodutiva e vegetativa, visto que atua na regulação osmótica, mecanismo estomático, fotossíntese, ativação enzimática e crescimento meristemático. No interior da planta é translocado pelo apoplasto, espaços intercelulares, até ser contido nos tecidos, onde atua de forma marcante na regulação osmótica, já que a presença do nutriente estimula o ganho de água pelo vegetal.

Na variável número de colmos, houve diferenças significativas para ambas as variedades nos diferentes níveis, ocorrendo na variedade SP80-1816 aos 165 DIAC diferenças com a maior média no nível 6 com 13,33 colmos por metro. Na variedade RB85-5453, todos os DIAC exibiram diferenças entre os níveis, com maior valor encontrado no nível 3 aos 165 DIAC.

Teixeira (2005), avaliando as respostas da cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio e potássio, verificou que o nitrogênio não apresentou diferença no aumento do número dos colmos. No entanto, a maior dose de nitrogênio (250 kg ha⁻¹) refletiu na produção de 7 colmos m⁻¹ de sulco, contra 6,0 colmos m⁻¹ de sulco na testemunha, representando um ganho de 12 % no número de colmos. Esses valores estão um pouco abaixo dos observados no presente trabalho (13 colmos m⁻¹ de sulco aos 330 dias após a brotação), possivelmente em virtude das diferentes épocas de avaliação.

Magalhães (2010), trabalhando na mesma área e variedades, porém com cana-planta e adubação com vinhaça, obteve densidade de colmos por metro, comportamento aproximadamente linear, porém, a variedade SP80-1816

apresentou maior desempenho em relação a esta característica do que a variedade RB85-5453. O aumento no número de colmos com a aplicação de nitrogênio é justificada pelo importante efeito do nitrogênio na taxa de perfilhamento das culturas (MALAVOLTA, 2006). Esse fato confirma Espironelo (1989), que relata que a aplicação de nitrogênio melhora o perfilhamento e o desenvolvimento da cana-de-açúcar (folha mais longa, larga, de coloração verde intensa e menos áspera).

Na análise dos resultados obtidos para a variável altura de plantas, apresentados na tabela 10, mostrou-se que as variedades não diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) na maioria dos fatores estudados, obtendo média geral de 3,083 metros. Entretanto, houve uma pequena diferença nos tratamentos dos níveis 1 e 3 aos 165 DIAC na variedade SP80-1816, com valores inferiores aos demais encontrados. Isso pelo fato da pouca água e adubo disponibilizados nestes tratamentos, em que a planta não se desenvolveu em altura, comparados aos tratamentos com mais adubo e água. A planta necessita de umidade, temperatura e adubação suficientes para completar seu ciclo vegetativo, ocorrendo o alongando e comprimento de suas células.

TABELA 10. Média dos valores de fibra, altura, produtividade total de cana (PRODUT TOTAL), no desdobramento do período de irrigação e precipitação (DIAC) com variedades dentro de cada nível de adubação.

NÍVEIS	DIAC	FIBRA (%)		ALTURA (m)		PRODUT TOTAL (t ha ⁻¹)	
		SP80-1816	RB85-5453	SP80-1816	RB85-5453	SP80-1816	RB85-5453
1	165	11,42 bA	12,85 aA	2,87 aB	3,07 aA	146,45 aB	116,79 bB
	195	11,48 bA	13,04 aA	3,14 aA	3,08 aA	168,94 aA	135,87 bA
	225	11,21 bA	12,56 aA	3,15 aA	3,17 aA	169,16 aA	144,97 bA
2	165	11,03 bA	12,10 aA	3,14 aA	3,06 aA	179,58 aA	131,15 bA
	195	11,87 bA	13,10 aA	3,09 aA	2,89 aA	168,62 aA	124,49 bA
	225	11,45 bA	12,56 aA	3,14 aA	3,10 aA	180,53 aA	146,30 bA
3	165	11,57 aA	12,23 aB	2,85 aB	2,96 aA	151,39 aA	141,98 aA
	195	11,36 bA	13,18 aA	3,13 aA	3,08 aA	177,86 aA	139,32 aA
	225	11,55 bA	13,04 aA	3,24 aA	3,06 aA	175,20 aA	137,49 aA
4	165	11,91 aA	12,54 aA	3,24 aA	3,00 aA	171,13 aB	124,84 bB
	195	11,85 aA	12,53 aA	3,15 aA	3,10 aA	190,25 aA	149,45 bA
	225	12,51 aA	13,13 aA	3,14 aA	2,96 aA	181,42 aA	139,31 bA
5	165	11,98 aA	12,30 aB	3,13 aA	3,10 aA	172,53 aB	156,94 bB
	195	11,43 bA	12,41 aB	3,14 aA	3,12 aA	191,06 aA	143,81 bB
	225	12,04 bA	13,48 aA	3,08 aA	3,04 aA	189,74 aA	158,84 bA
6	165	11,87 bA	12,65 aB	3,00 aA	3,20 aA	167,64 aB	145,15 bB
	195	11,42 bA	12,79 aB	3,09 aA	3,03 aA	192,91 aA	166,14 bB
	225	11,77 bA	13,61 aA	3,10 aA	3,21 aA	189,85 aA	178,99 bA

⁽¹⁾Nível 1 (0 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio); 2 (14 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 33 kg ha⁻¹ de potássio); 3 (29 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 66 kg ha⁻¹ de potássio); 4 (43 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de potássio); 5 (57 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 133 kg ha⁻¹ de potássio); 6 (71 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 166 kg ha⁻¹ de potássio). ⁽²⁾Médias dentro de cada atributo seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade. ⁽³⁾Médias dentro de cada nível seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

As características varietais e os fatores ambientais determinam o crescimento das culturas agrícolas. Em decorrência do intenso perfilhamento na fase inicial de desenvolvimento da cultura, observou-se um crescimento lento em altura até os 90 DAC. Em seguida, houve um crescimento rápido e constante até os 330 dias de ciclo, com destaque para a variedade SP 80-1816, que apresentou um crescimento diário de 0,98 mm, chegando à altura máxima de

3,24 m nos níveis de adubação 3 aos 225 DIAC e 4 aos 165 DIAC no período da colheita.

Magalhães (2010) obteve valores médios superiores aos encontrados neste trabalho, 3,84 m na variedade RB85-5453 e 4,11 m na SP80-1816, porém em cana-planta e adubação com vinhaça.

Vários autores (THOMAS E OERTHER, 1976; BOSE E THAKUR, 1977) sugeriram que o intenso crescimento da cana é mais afetado pela disponibilidade de água no solo do que por doses da adubação nitrogenada.

Barbosa (2005), analisando cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas em sistemas irrigado e de sequeiro, avaliadas no estágio de colheita na região de Salinas – MG, obteve valores médios de 4,11 m cana irrigada e 4,38 m cana de sequeiro.

De acordo com Ramesh (2000) e Gava *et al.* (2001), o crescimento máximo da cultura ocorre durante o período inicial de crescimento, seguido de um acréscimo gradual até a fase de maturação. Segundo Gava *et al.* (2001), esta tendência de comportamento está relacionada com o aumento da competição intraespecífica, correlacionada com os fatores ambientais responsáveis pelo crescimento vegetal, tais como: temperatura, luz, água e nutrientes.

Analisando os teores de fibra nas variedades, conforme Segato (2006), este trabalho se encontra dentro dos níveis ideais estabelecidos para início da colheita da cana-de-açúcar. O teor de fibra na cana inferior a 10,5 % é indesejável por causa do balanço energético nas usinas e alambiques, já que é necessário queimar mais bagaço para manter o poder calorífico nas caldeiras. É uma característica muito importante para a manutenção energética das indústrias que processam a cana-de-açúcar, com o teor médio de fibra ideal de 10,5 a 12,5 %.

Observou-se que somente no tratamento do nível 4 as variedades e os DIAC não diferiram, tendo comportamento idêntico. Nos demais tratamentos, a

variedade RB85-5453 obteve valores maiores. Seu comportamento precoce teve grande influência, uma vez que sua maturação é antecipada, diminuindo o período vegetativo e menor desenvolvimento celular. As variedades apresentaram uma média geral de 12,84 % de fibra, corroborando Marques *et al* (2008), que obtiveram média de 12,5 % em fibra bruta com três diferentes variedades na região de Presidente Prudente-SP. Ressalta-se que menores teores das frações indigeríveis da parede celular proporcionam alimento de melhor qualidade para alimentação animal. Entretanto, os teores de fibra podem ser considerados altos, sendo característica de forragens de longo período vegetativo como a cana-de-açúcar. Os resultados médios dos teores de fibra são menores do que os observados por Azevedo (2002) para alimentação animal.

Tomando-se como base o estado de São Paulo, segundo Fernandes (2000), o teor de fibras deve estar entre 10 e 11 % para que seja recomendada a industrialização da cana. Porém, valores consideráveis são exigidos na produção, pois se forem inadequados podem vir a dificultar a extração do caldo da cana, havendo prejuízos na produção.

Oliveira *et al.* (2008), pesquisando cana irrigada com diferentes variedades, encontraram valores próximos nas variedades SP79-1011 13,22 %, RB72-454 12,47 % e RB76-3710 11,7 %.

De acordo com as tabelas 10 e 11, pode-se notar que as características de produtividade da variedade SP80-1816 apresentaram maiores valores quando comparada à variedade RB85-5453. Apenas no tratamento de nível 3 elas não diferiram, porém a primeira obteve um valor máximo estimado de 192,91 t ha⁻¹ aos 195 DIAC no nível 6, de maiores doses de adubação. Tais resultados diferem do trabalho realizado por Magalhães (2010), na mesma área e com as mesmas variedades, que encontrou na variedade RB85-5453 valores superiores aos da variedade SP80-1816. Esse fato pode ser explicado devido a diferenças varietais entre elas e pelo tipo de manejo adotado.

Moura *et al.* (2005), trabalhando com diferentes doses de adubação de cobertura e com irrigação, registraram um maior valor na área irrigada (107,69 t ha⁻¹), obtido com a maior dose de adubação. Tal valor está coerente com recomendações de Doorenbos e Kassan (1994) que consideram como bons, em áreas irrigadas, rendimentos acima de 100 t ha⁻¹.

Schultz *et al.* (2010), analisando associação do níveis de adubação de vinhaça mais nitrogênio e potássio, destacaram na produtividade de colmos que os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos em que a vinhaça foi associada à complementação nitrogenada e no tratamento que recebeu 120 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de KCl + 80 kg ha⁻¹ de N incorporado ao solo, com valores de 143,3 t ha⁻¹. Os resultados confirmam a importância da nutrição nitrogenada e potássica para a cana-de-açúcar .

Vasconcelos (1998), ao estudar o comportamento de clones e variedades de cana-de-açúcar, registrou valores próximos às variedades estudadas neste trabalho com produtividade para a variedade RB85-5536 de 144,79 t ha⁻¹ por ocasião da colheita.

TABELA 11. Média dos valores de fibra (%), altura em m e produtividade total em toneladas de cana por hectare (PRODUT TOTAL), interagindo com cada nível de adubação dentro dos períodos (Dias de irrigação mais precipitação após corte “DIAC”) e variedades.

VAR	DIAC	NÍVEIS					
		1	2	3	4	5	6
FIBRA(%)							
SP80-1816	165	11,42a	11,03b	11,57a	11,91a	11,98a	11,87a
	195	11,48a	11,87a	11,36a	11,85a	11,43a	11,42a
	225	11,21b	11,45b	11,55b	12,51a	12,04a	11,77a
RB85-5453	165	12,85a	12,10a	12,23a	12,54a	12,30a	12,65a
	195	13,04a	13,10a	13,18a	12,53a	12,41a	12,79a
	225	12,56b	12,56b	13,04a	13,13a	13,48a	13,61a
ALTURA(m)							
SP80-1816	165	2,87b	3,14a	2,85b	3,24a	3,13a	3,00a
	195	3,14a	3,09a	3,13a	3,15a	3,14a	3,09a
	225	3,15a	3,14a	3,24a	3,14a	3,08a	3,10a
RB85-5453	165	3,07a	3,06a	2,96a	3,00a	3,10a	3,20a
	195	3,08a	2,89a	3,08a	3,10a	3,12a	3,03a
	225	3,17a	3,10a	3,06a	2,96a	3,04a	3,21a
PRODUT TOTAL (t ha-1)							
SP80-1816	165	146,45b	179,58a	151,39b	171,13a	172,53a	167,64a
	195	168,94b	168,62b	177,86a	190,25a	191,06a	192,90a
	225	169,16b	180,53a	175,20a	181,42a	189,74a	189,85a
RB85-5453	165	116,79b	131,15b	141,98a	124,84b	156,94a	145,15a
	195	135,87b	124,49c	139,32b	149,45a	143,80 a	166,14a
	225	144,97b	146,30b	137,49b	139,31b	158,84a	178,99a

⁽¹⁾Nível 1 (0 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio); 2 (14 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 33 kg ha⁻¹ de potássio); 3 (29 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 66 kg ha⁻¹ de potássio); 4 (43 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de potássio); 5 (57 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 133 kg ha⁻¹ de potássio); 6 (71 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 166 kg ha⁻¹ de potássio). ⁽²⁾Médias dentro de cada atributo seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Analisando a variável fibra na tabela 11, pode-se perceber que até o nível de adubo 3, aos 225 DIAC, ambas as variedades se encontram com menores valores, dando indícios que com maiores níveis de adubação e maior disponibilidade hídrica as variedades dispostas promoveram um aumento na sua fibra de acordo as condições de manejo deste trabalho. Efeito diferente ocorreu nos 195 DIAC em ambas as variedades, visto que não houve diferenças,

mostrando que os diferentes níveis de adubação não afetou a fibra das variedades.

A característica altura apenas diferiu nos níveis 1 e 3 para a variedade SP80 1816 no período de 165 DIAC com os menores valores. Os maiores valores foram registrados nos maiores níveis de adubo e disponibilidade de água.

Observou-se também que ambas as variedades aumentaram seus níveis de estimativa de produtividade quando disponibilizadas de níveis de mais adubação. As variedades obtiveram um comportamento crescente em relação à adubação, mais adubo e água disponível maior sua produtividade. Assim, constatou-se que as produtividades encontradas neste trabalho foram superiores às observadas por outros pesquisadores. Como as variedades nesta pesquisa foram conduzidas em regime de irrigação plena, a disponibilidade hídrica na fase de crescimento não se limitou à 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.

Estudando três variedades de cana-de-açúcar em primeiro ciclo de cultivo na região de Paranavaí-PR, Oliveira *et al.* (2007) obtiveram resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho, em que foram observados rendimentos de 197,7 t ha⁻¹ para a variedade RB72454, 140,3 t. ha⁻¹ para a RB855113 e 133,1 t ha⁻¹ para a RB855536. Essa alta produtividade possivelmente ocorreu devido ao ciclo de cultivo em que o experimento foi conduzido e às diferenças entre os fatores edafoclimáticos.

Oliveira *et al.* (2008), pesquisando cana irrigada, verificaram que as variedades RB763710, SP81-3250 e RB92579 foram as mais produtivas, com valores de 211 a 255 t ha⁻¹. Os resultados de produção encontrados nesse estudo confirmam os 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), analisando diferentes variedades de cana-de-açúcar em regime de sequeiro, constatou que a variedade RB92579 mostrou o maior valor de produtividade agrícola (101 t ha⁻¹).

Resultados inferiores foram encontrados por Gava *et al.* (2008), estudando três variedades de cana-de-açúcar em primeiro ciclo de cultivo na região de Jaú - SP, onde observaram rendimentos de 115,8 t ha⁻¹, 112,1 t ha⁻¹ e 91,9 t ha⁻¹ para as variedades RB867515, RB855536 e SP80-3280, respectivamente. Igualmente, Oliveira *et al.* (2008), estudando o comportamento de variedades de cana-de-açúcar em primeiro ciclo de cultivo na região de Carpina - PE, registraram rendimentos de 90,1 t ha⁻¹ para a variedade RB92579, 87,6 t ha⁻¹ para a RB867515, e 71,3 t ha⁻¹ para a SP79-1011.

4.3 Variáveis Tecnológicas

Verifica-se nas tabelas 12 e 13 que há interações entre variedades, DIAC e níveis de adubação, tendo a variedade RB85-5453 valores maiores para todas as variáveis analisadas, o que pode ser explicado pelo seu comportamento precoce em sua maturação.

As variedades apresentaram uma média geral de 24,30 °Brix, 17,593 % Pol da cana e 20,976 % Pol do caldo (Tabela 5). Os atributos de qualidade da matéria prima são os mais importantes para a indústria canavieira, visto que vão definir os rendimentos em açúcar e álcool.

Constata-se na tabela 12 que as variedades diferiram estatisticamente na variável Brix em todos os tratamentos, com a variedade RB85-5453 superando em valores a variedade SP80-1816. Nos tratamentos da variedade RB85-5453 não houve diferenças entre DIAC, logo as diferentes supressões de irrigação não interferiram na porcentagem de sólidos solúveis acumulados na variedade; porém, na SP80-1816 houve diferenças entre os DIAC dentro de cada nível de

adubação com os menores valores encontrados nos menores DIAC. A água disponível para a planta é essencial, uma vez que promove a síntese, o acúmulo e a translocação da sacarose nos colmos, podendo os produtores manipularrem a irrigação visando à melhoria da maturação.

O atributo Pol da cana também obteve, na variedade RB85-5453, superioridade em valores em relação à variedade SP80-1816. Entre DIAC não houve diferenças na variedade RB85-5453, porém na SP80-1816 os maiores valores foram encontrados aos 225 DIAC em cada nível de adubação. Prado e Pancelli (2006), Dantas Neto *et al.* (2006), Duarte Júnior; Coelho (2008), Dalri *et al.* (2008), Gava *et al.* (2008) e Oliveira *et al.* (2008) também verificaram valores semelhante de Pol da cana, que foram de 15,0 %; 13,8 %; 13,4 %; 15,7 %; 14,0 % e 15,2 % respectivamente. No Estado de São Paulo, pioneiro em Produção sulcrocroleira, segundo Fernandes (2000), uma cana para ser considerada madura quando apresentar Pol % Cana variando de 14,4 – 15,3 %; portanto, as variedades desta pesquisa estão dentro da faixa média em Pol da cana para colheita.

TABELA 12 Médias dos valores de Brix em caldo, Pol da cana e Pol do caldo no desdobramento do período de irrigação e precipitação (DIAC) com variedades dentro de cada nível de adubação.

NÍVEIS	DIAC	BRIX (%)		POL DA CANA (%)		POL DO CALDO (%)	
		SP80-1816	RB85-5453	SP80-1816	RB85-5453	SP80-1816	RB85-5453
1	165	21,89 bA	24,74 aA	17,65 bA	18,73 aA	18,87 bA	21,49 aA
	195	21,41 bA	24,84 aA	16,13 bB	18,52 aA	18,88 bB	21,23 aA
	225	22,79 bA	23,81 aA	17,13 bA	18,64 aA	19,81 bB	21,27 aA
2	165	21,85 bB	25,36 aA	14,87 bC	17,98 aA	17,22 bB	21,81 aA
	195	23,35 bA	25,33 aA	16,04 bB	18,66 aA	18,82 bA	22,35 aA
	225	23,57 bA	25,08 aA	17,45 aA	18,18 aA	19,41 bA	21,56 aA
3	165	22,58 bB	25,22 aA	16,50 bB	18,66 aA	19,11 bB	22,10 aA
	195	22,38 bB	24,97 aA	16,50 bB	18,68 aA	19,34 bB	22,68 aA
	225	24,03 bA	25,71 aA	18,05 bA	19,12 aA	20,95 bA	23,05 aA
4	165	21,97 bB	25,24 aA	14,85 bC	18,60 aA	17,79 bC	21,67 aB
	195	23,25 bA	24,57 aA	16,26 bB	17,63 aB	19,51 bB	22,51 aA
	225	24,39 bA	25,55 aA	17,67 bA	19,48 aA	20,99 bA	23,25 aA
5	165	23,36 bA	25,68 aA	16,52 bA	18,77 aA	20,12 bA	22,06 aA
	195	21,87 bB	25,45 aA	15,24 bB	18,49 aA	19,35 bA	22,10 aA
	225	24,07 bA	26,25 aA	17,19 bA	18,73 aA	20,22 bA	22,69 aA
6	165	22,55 bA	26,01 aA	16,31 bA	18,78 aA	19,55 bA	23,17 aA
	195	23,06 bA	25,10 aA	16,42 bA	19,09 aA	19,68 bA	22,81 aA
	225	23,85 bA	25,87 aA	16,84 bA	18,90 aA	20,75 bA	22,88 aA

⁽¹⁾Nível 1 (0 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio); 2 (14 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 33 kg ha⁻¹ de potássio); 3 (29 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 66 kg ha⁻¹ de potássio); 4 (43 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de potássio); 5 (57 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 133 kg ha⁻¹ de potássio); 6 (71 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 166 kg ha⁻¹ de potássio). ⁽²⁾Médias dentro de cada atributo seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade. ⁽³⁾Médias dentro de cada nível seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

A característica Pol do caldo também destacou na variedade RB85-5453 sua superioridade em relação à variedade SP80-1816 com os DIAC diferindo apenas nos tratamentos de níveis de adubo 1,2,3 e 4 da variedade SP80-1816.

Observou-se que a variedade RB 85-5453 obteve um comportamento em maturidade que indica poder ser colhida precocemente por apresentar maiores acúmulos de sacarose no mesmo momento de ciclo da variedade SP80-1816. Por outro lado, a variedade SP80-1816, que apresentou um comportamento de maturidade média com menores índices de acúmulo de sacarose no seu colmo, adequada para colheita média/tardia, mostrou diferenças entre os DIAC, obtendo valores de qualidade maiores aos 225 DIAC. Todavia, segundo Araújo (2006),

esta cultivar é usada no Estado de São Paulo e regiões vizinhas para colheita no meio da safra, o que é interessante para o planejamento das atividades das usinas.

Na tabela 13 encontram-se as médias de níveis de adubação dentro de cada DIAC e variedades. Para a variável Brix, houve diferença significativa apenas aos 195 DIAC na variedade SP80-1816. Para a variável Pol da cana, houve diferença na variedade SP80-1816 aos 165 DIAC, com a maior média presente no nível 3 aos 225 DIAC. Na variedade RB85-5453, os diferentes níveis de adubo diferiram apenas no tratamento do nível 4 aos 195 DIAC com menor valor.

TABELA 13. Médias dos valores de brix em caldo, Pol da cana e Pol do caldo interagindo com cada nível de adubação dentro dos períodos (Dias de irrigação mais precipitação após corte “DIAC”) e variedades.

VAR	DIAC	NÍVEIS					
		1	2	3	4	5	6
BRIX (%)							
SP80-1816	165	21,89a	21,85a	22,58a	21,97a	23,36a	22,55a
	195	21,41a	23,35a	22,38b	23,25a	21,87b	23,06a
	225	22,79a	23,57a	24,03a	24,39a	24,07a	23,85a
RB85-5453	165	24,74a	25,36a	25,22a	25,24a	25,68a	26,01a
	195	24,84a	25,33a	24,97a	24,57a	25,45a	25,10a
	225	23,81a	25,08a	25,71a	25,55a	26,25a	25,87a
POL DA CANA (%)							
SP80-1816	165	17,65a	14,87c	16,50b	14,85c	16,52b	16,31b
	195	16,13a	16,04a	16,50a	16,26a	15,24a	16,42a
	225	17,13a	17,45a	18,05a	17,67a	17,19a	16,84a
RB85-5453	165	18,73a	17,98a	18,66a	18,60a	18,77a	18,78a
	195	18,52a	18,66a	18,68a	17,63b	18,49a	19,09a
	225	18,64a	18,18a	19,12a	19,48a	18,73a	18,90a
POL DO CALDO (%)							
SP80-1816	165	18,87 b	17,22c	19,11b	17,79c	20,12a	19,55a
	195	18,88 b	18,82b	19,34a	19,51a	19,35a	19,68a
	225	19,81b	19,41b	20,95a	20,99a	20,22a	20,75a
RB85-5453	165	21,49b	21,81b	22,10b	21,67b	22,06b	23,17a
	195	21,23b	22,35a	22,68a	22,51a	22,10a	22,81a
	225	22,27b	21,56b	23,05a	23,25a	22,69a	22,88a

⁽¹⁾Nível 1 (0 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio); 2 (14 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 33 kg ha⁻¹ de potássio); 3 (29 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 66 kg ha⁻¹ de potássio); 4 (43 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de potássio); 5 (57 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 133 kg ha⁻¹ de potássio); 6 (71 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 166 kg ha⁻¹ de potássio). ⁽²⁾Médias dentro de cada atributo seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Para a variável Pol do caldo, houve diferenças significativas com maiores valores encontrados aos 225 DIAC em ambas as variedades. Notou-se um comportamento variado em Pol da cana apenas aos 165 DIAC. No Pol do caldo houve um comportamento crescente em relação aos níveis de adubo com os maiores valores encontrados nos níveis de mais adubo.

Constatou-se que os níveis de adubação interferiram na qualidade do caldo, principalmente na característica Pol (cana e caldo) com um comportamento crescente entre os tratamentos. Cada nível de adubação caracteriza-se por apresentar maior quantidade do elemento potássio e menor quantidade do nitrogênio. Esse fato pode ser considerado importante uma vez que o excesso de nitrogênio favorece um prolongamento do período vegetativo da cana. Algumas variedades têm comportamento distinto com relação ao nitrogênio sendo capazes de utilizar mais nitrogênio do que outras, como também em relação o acúmulo de sacarose, ou seja, altas doses podem não afetar a qualidade dos caldos. É um efeito variável que tem sido observado.

Vários trabalhos demonstraram que água e nitrogênio estando em excesso, a planta não amadurece, correlacionando-se positivamente com a umidade e açúcares redutores, e negativamente com a sacarose. Nesta pesquisa, as variedades mostraram comportamento oposto, o nitrogênio não interferiu na qualidade do caldo pelo fato, principalmente, da quantidade disponibilizada dos diferentes níveis de adubação nitrogenada que se encontraram de moderado para baixo de acordo com CFSEMG (1999). No caso de cana irrigada, a maturação deve ser monitorada mediante o controle da aplicação de nitrogênio e da irrigação. A redução da água para controle da irrigação diminui a absorção de nitrogênio pela planta. Em regiões úmidas e quentes, é difícil reduzir a quantidade de água do solo nos períodos de maturação e, conseqüentemente, a quantidade de nitrogênio aplicada deve ser moderada.

O potássio favoreceu a síntese, o acúmulo e a translocação da sacarose, aumentando a qualidade do caldo das variedades pesquisadas. Verificou-se que as diferenças em qualidade medidas por Pol da cana e caldo dos tratamentos foram influenciadas diretamente pelos diferentes níveis de potássio, uma vez que estava mais disponível para a planta e participa de diversas funções indispensáveis na cana-de-açúcar, a exemplo do processo fotossintético,

determinante na síntese de açúcares. Sua ação está intimamente associada à natureza catalítica na formação de carboidratos e no desdobramento e translocação do amido. A importância do potássio foi acentuada após a verificação de sua correlação positiva com a formação de sacarose, pois o mesmo é requerido como ativador de muitas enzimas e citado como sendo fundamental nas reações que promovem a elaboração das proteínas.

Dantas Neto *et al.* (2006), estudando diferentes lâminas totais de irrigação e doses de adubação nitrogênio+ potássio, não registraram diferença na qualidade tecnológica da variedade SP 79-1011, sugerindo que a adubação com nitrogênio não interfere na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, mas influencia no primeiro estágio fenológico, o vegetativo. Assim, os resultados deste trabalho estão de acordo com os obtidos por Costa *et al.* (2003), que verificaram que a adubação nitrogenada (100 kg ha^{-1}) não afetou a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

Prado e Pancelli (2006) obtiveram resultados na primeira soqueira, e observaram que não houve efeito significativo dos diferentes tratamentos de adubação nitrogenada na qualidade tecnológica dos colmos da soqueira de cana. Moura *et al.* (2005) encontraram valores próximos de Brix e Pol do caldo para diferentes doses de adubação de cobertura de nitrogênio com irrigação, com valores médios de 19,76 °Brix e 17,65 % em Pol do caldo de variedade não relatada.

Na tabela 14 têm-se os valores médios AR, ART e ATR, que apresentaram valores médios de 0,598 %; 18,986 %; 172,389 kg ATR/t (tabela 5 e 6), respectivamente. No parâmetro AR observou-se interação em todos os tratamentos com a variedade SP80-1816 superando os valores na maioria dos tratamentos. Esses valores estão dentro dos aceitáveis na produção sucroalcooleira, pois esse parâmetro em grandes quantidades se encontra na condição de prejuízos na produção de álcool e, principalmente, de açúcar.

TABELA 14. Médias dos valores de porcentagens de Açúcares redutores (AR), Açúcares redutores totais (ART) e kg de açúcar por tonelada de cana, Açúcares teórico recuperáveis (ATR) do caldo no desdobramento do período de irrigação e precipitação (DIAC) com variedades dentro de cada nível de adubação.

NÍVEIS	DIAC	AR (%)		ART (%)		ATR (kg t ⁻¹)	
		SP80-1816	RB85-5453	SP80-1816	RB85-5453	SP80-1816	RB85-5453
1	165	0,55 aC	0,59 aA	18,44bA	20,02 aA	166,92bA	181,23aA
	195	0,74 aA	0,55 bB	17,65bA	19,98 aA	159,74bA	180,82aA
	225	0,68 aB	0,62 bA	18,38aA	19,90 aA	166,35bA	180,11aA
2	165	0,80 aA	0,62 bA	15,78bB	20,00 aA	147,86bB	181,06aA
	195	0,73 aB	0,53 bB	17,48bA	20,03 aA	162,21bA	181,47aA
	225	0,67 aB	0,55 bB	18,04aA	19,36 aA	166,60aA	175,26aA
3	165	0,60 aA	0,56 aA	17,68bB	20,10 aA	161,67bB	181,96aA
	195	0,72 aC	0,53 bA	17,66bB	20,04 aA	161,53bB	181,34aA
	225	0,52 aA	0,46 bB	19,37aA	20,60 aA	175,35aA	186,44aA
4	165	0,67 aA	0,59 bA	17,04bB	19,83 aA	151,39bB	179,47aA
	195	0,67 aB	0,44 bB	17,69bB	19,77 aA	160,16bB	178,98aA
	225	0,59 aC	0,35 bC	19,18aA	20,61 aA	173,57bA	186,53aA
5	165	0,68 aA	0,60 bA	17,71bA	20,09 aA	163,18bA	181,88aA
	195	0,65 aA	0,56 bB	17,06bA	19,85 aA	153,76bA	179,65aA
	225	0,65 aA	0,54 bB	18,65bA	20,27 aA	168,86bA	183,44aA
6	165	0,56 aB	0,49 bB	17,33bA	20,91 aA	156,87bA	189,25aA
	195	0,66 aA	0,47 bB	17,91bA	20,49 aA	162,12bA	185,46aA
	225	0,69 aA	0,54 bA	18,40bA	20,08 aA	166,59bA	186,76aA

⁽¹⁾Nível 1 (0 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio); 2 (14 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 33 kg ha⁻¹ de potássio); 3 (29 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 66 kg ha⁻¹ de potássio); 4 (43 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de potássio); 5 (57 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 133 kg ha⁻¹ de potássio); 6 (71 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 166 kg ha⁻¹ de potássio). ⁽²⁾Médias dentro de cada atributo seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade. ⁽³⁾Médias dentro de cada nível seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Destacou-se na tabela 15 valor máximo de 0,8 % AR no DIAC 165 da variedade SP80-1816 no nível 2, e mínimo na variedade RB85-5453 aos 225 DIAC no nível 4 com 0,35 %AR. Estes valores dão indícios que um período vegetativo de boa disponibilidade hídrica e nutritiva para a cultura da cana na região Norte-mineira desempenha bons rendimentos de sacarose acumulada no colmo da cana e boa produtividade que atenda ao processamento industrial de açúcar e álcool.

TABELA 15 Médias dos valores de porcentagens de açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART) e kg de açúcar por tonelada de cana, açúcares teórico recuperáveis (ATR) do caldo, interagindo com cada nível de adubação dentro dos períodos (Dias de irrigação mais precipitação após corte “DIAC”) e variedades.

VAR	DIAC	NÍVEIS					
		1	2	3	4	5	6
AR (%)							
	165	0,55 c	0,80 a	0,60 c	0,67 b	0,68 b	0,56c
SP80-	195	0,74 a	0,73 a	0,72 a	0,67 b	0,65 b	0,66b
1816	225	0,68 a	0,67 a	0,52 c	0,59 b	0,65 a	0,69a
	165	0,59 a	0,62 a	0,56 a	0,59 a	0,60 a	0,49b
RB85-	195	0,55 a	0,53 a	0,53 a	0,44 b	0,56 a	0,47b
5453	225	0,62 a	0,55 b	0,46 c	0,35 d	0,54 c	0,54c
ART (%)							
	165	18,44 a	15,78 b	17,68 a	17,04 a	17,71 a	17,33 a
SP80-	195	17,65 a	17,48 a	17,66 a	17,69 a	17,06 a	17,91 a
1816	225	18,38 a	18,04 a	19,37 a	19,18 a	18,65 a	18,40 a
	165	20,02 a	20,00 a	20,10 a	19,83 a	20,09 a	20,91 a
RB85-	195	19,98 a	20,03 a	20,04 a	19,77 a	19,85 a	20,49 a
5453	225	19,90 a	19,36 a	20,60 a	20,61 a	20,27 a	20,08 a
ATR (kg t⁻¹)							
	165	166,92a	147,86b	161,67a	151,39b	161,67a	156,87b
SP80-	195	159,74a	162,21a	161,53a	160,16a	153,76a	162,12a
1816	225	166,35a	166,60a	175,35a	173,57a	168,86a	166,59a
	165	181,23a	181,06a	181,96a	179,47a	181,88a	189,25a
RB85-	195	180,82a	181,47a	181,34a	178,98a	179,65a	185,46a
5453	225	180,11a	175,26a	186,44a	186,53a	183,44a	186,76a

⁽¹⁾Nível 1 (0 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio); 2 (14 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 33 kg ha⁻¹ de potássio); 3 (29 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 66 kg ha⁻¹ de potássio); 4 (43 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de potássio); 5 (57 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 133 kg ha⁻¹ de potássio); 6 (71 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 166 kg ha⁻¹ de potássio). ⁽²⁾Médias dentro de cada atributo seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Prado e Pancelli (2006), analisando diferentes adubações com nitrogênio, encontraram valores de 0,65 % AR com adubação de 200 kg ha⁻¹, e 0,83 % AR com 0 kg ha⁻¹, evidenciaram que os diferentes tratamentos não influenciaram esta qualidade tecnológica da cana. Esses resultados corroboram os encontrados neste trabalho, demonstrando que os diferentes níveis de adubação não foram influentes na %AR (tabela 14). Melo *et al.* (1998)

registraram valores de 0,84 % AR caldo em cana crua despontada, superiores aos valores encontrados neste trabalho.

Na variável ART, a variedade SP80-1816 obteve um desempenho melhor em relação à RB85-5453 com valores menores em porcentagem, atingindo os 15,78 % ART no nível 2 aos 165 DIAC, e valor máximo de 19,37 % ART no nível 3 aos 225 DIAC que não diferiu dos demais valores. Os níveis de adubação não diferiram nos valores de %ART (tabela 14), não influenciando seu resultado final.

O conhecimento dos valores de ART é importante para avaliações da eficiência de fabricação do açúcar e do álcool. Tal eficiência é medida através da diferença das perdas de açúcares que ocorrem no processo, cujo total é dado pela diferença entre ART da cana de açúcar e o total do ART do produto final (CALDAS, 2005; FERNANDES, 2003).

Godinho (2007), trabalhando com a variedade SP80-1816 na região de São Paulo, encontrou valores de 14,21 % ART da cana no final de safra.

Dos atributos analisados, o açúcar total recuperável (ATR) é muito importante tanto para indústria quanto para os produtores. Pois em função dele é que as unidades industriais elaboram o preço pago aos produtores, seguindo uma metodologia descrita pela CONSECANA (2003). Observando o parâmetro ATR, verificou-se que a variedade RB85-5453 apresentou melhor resultado, tendo possibilidade de atingir teores superiores a 189,25 kg de ATR t^{-1} por tonelada de cana. Nos tratamentos de DIAC houve diferenças significativas ($p < 0,05$) apenas aos 165 DIAC nos níveis 2, 3 e 4, indicando que maior disponibilidade hídrica favorece o rendimento teórico de açúcar.

Em todo o Brasil, a cana-de-açúcar tem sido remunerada por seus índices qualitativos, de modo que, quanto melhor a qualidade da matéria prima maior é o preço pago por tonelada de colmos. Todos os índices discutidos neste trabalho são usados como base de cálculo para se determinar a quantidade de açúcares

totais recuperáveis, expressos em kg de ATR t⁻¹ de cana. Pelos resultados desta pesquisa comprova-se que a qualidade da matéria-prima pode ser melhorada com a irrigação.

Franco (2003), estudando a variedade SP81-3250, utilizando na parcela-testemunha adubação química recomendada, obteve médias de 155,89 kg de ATR t⁻¹ sendo cortada para industrialização no mês de agosto de 2002.

Wiedenfeld (1995), analisando três condições de irrigação (95, 85 e 65 % da fração de esgotamento do solo) e taxa de adubação média de 136,8 kg N ha para a produção máxima de açúcar, verificou rendimentos de 13,10 e 8 t ha⁻¹ de açúcar, respectivamente.

Borden (1948) informou que a produção de açúcar foi maior quando a última aplicação de N foi concluída no quarto ou sexto mês de uma lavoura de 12 ou 18 meses. Além disso, Samuels (1969b) relatou que as exigências de N em cana-soca foram maiores nas fases iniciais de crescimento e germinação.

Oliveira, E.C.A. *et al.* (2008), trabalhando com diferentes variedades, constataram maiores valores médios desse indicador encontrados nas variedades RB92579 e RB943365 de 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 as médias registradas por Soriano (2007) que, estudando oito variedades de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas, observou os maiores valores médios de ATR, 156,97 kg t⁻¹, na RB92579.

Mais uma vez evidencia-se que os diferentes níveis de adubação não alteraram a qualidade tecnológica das variedades estudadas (TABELA 14). Esses valores estão próximos dos encontrados por Silva *et al.* (2008), Prado e Pancelli (2006), Duarte Júnior; Coelho (2008), Dalri *et al.* (2008) e Figueiredo *et al.* (2008) os quais foram de 123,6; 135,8; 129,0; 138,8 e 134,0 kg de ATR t⁻¹, respectivamente.

Do ponto de vista industrial, a redução da ATR implica redução na quantidade recuperada de açúcar pela indústria. Além disso, dentro do processo de fabricação do açúcar, a natureza das substâncias “não sacarose”, presentes no caldo também interferem na recuperação do açúcar na forma cristalizada, durante a fase de cozimento do xarope. Nessa fase do processo, se predominar açúcares redutores dentre tais impurezas, os efeitos negativos são minimizados por conta da redução da solubilidade da sacarose presente. Por conseguinte, tais impurezas outras que não açúcares redutores (por exemplo: óxidos), os efeitos esperados são negativos devido à influência dessas substâncias ocorrerem no sentido dos açúcares redutores, ou seja, atuam aumentando a solubilidade da sacarose, o que implica menor recuperação desse açúcar na forma cristalizada.

Marques *et al.* (2001) ressaltam esses efeitos anteriormente mencionados. Os processos de canas imaturas, com baixa pureza, prejudicam a recuperação da sacarose no processo de cristalização, dificultando a obtenção de açúcar de melhor qualidade com essa condição de matéria-prima (STUPIELLO, 2001).

Nas tabelas 16 e 17 encontram-se as médias dos valores de porcentagem de pureza, litros de álcool esperado por tonelada de cana e porcentagem de umidade da cana. A média geral foi de 85,379 %, 105,0905 L e 66,496 %, respectivamente. Os resultados de Brix % caldo e Pol % caldo das variedades descritos nas tabelas 7 e 8 foram utilizados para o cálculo da pureza aparente presente na tabelas 15 e 16.

O processo de maturação da cana consiste no acúmulo da sacarose que ocorre simultaneamente com uma redução do teor de AR e aumento de Pureza (LEME FILHO, 2005). A pureza do caldo da cana-de-açúcar está diretamente relacionada com a qualidade da matéria prima, e que sofre influência das impurezas minerais e vegetais que são adicionadas à cana no momento da colheita.

Verificou-se que a variedade RB85-5453 não diferiu em nenhum tratamento na característica pureza, obtendo valor máximo de 91,59 % no nível 6 aos 195 DIAC, diferindo da variedade SP80-1816 que obteve valores inferiores atingindo um mínimo de 80,41 % no níveis 5 aos 195 DIAC.

Esses resultados confirmam os de Duarte Júnior e Coelho (2008) (90,1 %), Dalri *et al.* (2008) (92,0 %), Silva *et al.* (2008) (84,4 %), Prado e Pancelli (2006) (83,8 %) e Figueiredo *et al.* (2008) (86,6 %).

TABELA 16. Médias dos valores de porcentagem de Pureza, litros álcool esperado por tonelada de cana (LITROS ALCOOL), e porcentagem da Umidade no desdobramento do período de irrigação e precipitação (DIAC) com variedades dentro de cada nível de adubação.

NÍVEIS	DIAC	PUREZA (%)		LITROS ALCOOL (L/t)		UMIDADE (%)	
		SP80-1816	RB85-5453	SP80-1816	RB85-5453	SP80-1816	RB85-5453
1	165	85,16 aA	86,05 aA	103,17bA	110,21aA	68,28 aA	64,70 bA
	195	82,16 aA	86,39 aA	98,81 bA	109,96aA	68,10 aA	64,36 bA
	225	82,47 aA	83,86 aA	101,16aA	105,22aA	67,41aA	64,98 bA
2	165	77,89 bB	85,38 aA	90,21 bB	110,11aA	70,00 aA	65,46 bA
	195	82,65 bA	88,37 aA	98,64 bA	110,36aA	67,55 aB	64,88 bA
	225	83,09 aA	85,71 aA	101,79bA	109,73aA	67,66 aB	65,81 bA
3	165	85,22 aA	87,33 aA	98,98 bB	110,66aA	68,56 aA	65,45 bA
	195	84,20 aA	88,43 aA	98,88 bB	110,28aA	68,81 aA	65,28 bA
	225	87,22 aA	89,41 aA	106,64bA	113,38aA	67,18 aA	64,61 bA
4	165	80,93 bB	85,85 aA	92,06 bB	109,14aA	69,10 aA	65,63 bA
	195	81,83 bB	88,69 aA	99,07 bA	110,51aA	67,68 aA	66,00 bA
	225	86,00 aA	90,28 aA	105,56bA	113,44aA	66,26 aB	64,68 aA
5	165	84,45 aA	85,88 aA	99,23 bA	110,61aA	67,96 aA	65,06 bA
	195	80,41 bA	85,53 aA	96,48 bA	109,25aA	69,20 aA	65,35 bA
	225	83,80 aA	86,54 aA	102,69bA	111,55aA	66,73 aB	63,80 bA
6	165	85,71 aA	89,12 aA	97,06 bA	115,09aA	68,38 aA	64,63 bA
	195	85,33 bA	91,59 aA	98,59 bA	112,78aA	67,65 aA	65,30 bA
	225	82,75 bA	87,86 aA	101,31bA	110,53aA	67,30 aA	64,01 bA

⁽¹⁾Nível 1 (0 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio); 2 (14 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 33 kg ha⁻¹ de potássio); 3 (29 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 66 kg ha⁻¹ de potássio); 4 (43 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de potássio); 5 (57 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 133 kg ha⁻¹ de potássio); 6 (71 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 166 kg ha⁻¹ de potássio). ⁽²⁾Médias dentro de cada atributo seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade. ⁽³⁾Médias dentro de cada nível seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Nas normas de qualidade da matéria-prima redigidas pelo Consecana (2003) e (2006) estabelecem que as unidades industriais só podem recusar o recebimento de carregamentos com pureza abaixo de 75 % ; entretanto, se descarregados, não poderão ser excluídos do sistema.

Franco (2003) cita que no Estado de São Paulo tem-se, como referência, pureza mínima de 80 % em início de safra e 85 % ao transcorrer da safra para que seja recomendada a industrialização da cana.

Segundo Rodrigues *et al.* (1984), a aplicação de doses de vinhaça superiores a $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ao longo de vários anos seguidos pode promover alterações na fisiologia da cana-de-açúcar, como: aumento do teor de umidade dos colmos, redução dos teores de lignina, aumento do fator acamamento, aumento dos teores de potássio em todas as partes da cana, aumento dos teores de cinzas e redução dos teores de sacarose. Godinho (2007) encontrou, na variedade SP80-1816, valores próximos em pureza, 81,87 % no final de safra na região de São Paulo.

As diferentes disponibilidades hídricas e nutricionais não afetaram a umidade das variedades estudadas. Relatou-se valor máximo de 70 % aos 165 DIAC no nível 2 na variedade SP80-1816 e mínimo de 64,36 % no nível 1 aos 195 DIAC da variedade RB85-5453. Melo *et al.* (1998) verificaram, para diferentes variedades, média de umidade de 70,64 % para cana integral e 71,88 % para cana despontada, ratificando os valores encontrados neste trabalho.

TABELA 17. Médias dos valores de porcentagem de pureza, litros álcool esperado por tonelada de cana (LITRS ÁLCOOL), e porcentagem da Umidade interagindo com cada nível de adubação dentro dos períodos (Dias de irrigação mais precipitação após corte “DIAC”) e variedades.

VAR	DIAC	NÍVEIS					
		1	2	3	4	5	6
PUREZA (%)							
SP80-1816	165	85,16a	77,89b	85,22a	80,93b	84,45a	85,71a
	195	82,16a	82,65a	84,20a	81,83a	80,41a	85,33a
	225	82,47a	83,09a	87,22a	86,00a	83,80a	82,75a
RB85-5453	165	86,05a	85,38a	87,33a	85,85a	85,88a	89,12a
	195	86,39a	88,37a	88,43a	88,69a	85,53a	91,59a
	225	83,86a	85,71a	89,41a	90,28a	86,54a	87,86a
LITROS ÁLCOOL (L/t)							
SP80-1816	165	103,17a	90,21b	98,98a	92,06b	99,23a	97,06a
	195	98,81 a	98,64a	98,88a	99,07a	96,48a	98,59a
	225	101,16a	101,79a	106,64a	105,56a	102,69a	101,31a
RB85-5453	165	110,21a	110,11a	110,66a	109,14a	110,61a	115,09a
	195	109,96a	110,36a	110,28a	110,51a	109,25a	112,78a
	225	105,22a	109,73a	113,38a	113,44a	111,55a	110,53a
UMIDADE (%)							
SP80-1816	165	68,28a	70,00a	68,56a	69,10a	67,96a	68,38a
	195	68,10a	67,55a	68,81a	67,68a	69,20a	67,65a
	225	67,41a	67,66a	67,18a	66,26a	66,73a	67,30a
RB85-5453	165	64,70a	65,46a	65,45a	65,63a	65,06a	64,63a
	195	64,36a	64,88a	65,28a	66,00a	65,35a	65,30a
	225	64,98a	65,81a	64,61a	64,68a	63,80a	64,01a

⁽¹⁾Nível 1 (0 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio); 2 (14 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 33 kg ha⁻¹ de potássio); 3 (29 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 66 kg ha⁻¹ de potássio); 4 (43 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de potássio); 5 (57 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 133 kg ha⁻¹ de potássio); 6 (71 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 166 kg ha⁻¹ de potássio). ⁽²⁾Médias dentro de cada atributo seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem entre si estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Na característica litros de álcool estimados por tonelada de cana, percebeu-se correlação desta com os percentuais de sacarose da planta medidos em Brix, Pol e produtividade tanto como o processo produtivo na fermentação referenciada de 85 % em rendimento. Nas tabelas 15 e 16 evidencia-se que a variedade RB85-5453 teve melhor desempenho em litros de álcool esperados, o que pode ser explicado pelo seu comportamento de maturidade precoce e consequente maior acúmulo de sacarose no seu colmo no período de safra

pesquisado. Registraram-se valores máximos de 115,09 L/t no nível 6 aos 165 DIAC da variedade RB85-5453, e mínimo de 90,21 L/t no nível 2 aos 165 DIAC da variedade SP80-1816. O alto rendimento encontrado na variedade RB85-5453 dá indícios que uma boa nutrição mineral e condição hídrica no desenvolvimento, associado a um período considerável de restrição hídrica, trará bons rendimentos no processo fermentativo destas variedades estudadas.

Neto *et al* (2006), trabalhando com diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação, constataram um rendimento bruto de álcool em m³/ha, valores significativos ao parâmetro adubação, com média de 6,25 m³/ha na adubação mínima de 86 kg/ha de N e 8,91 m³/ha na adubação máxima de 305 kg/ha de N. Esta característica é de grande importância, pois estima a produtividade do canavial em álcool, tendo referência da qualidade da cana processada.

O aumento do rendimento em álcool com a aplicação de nitrogênio também foi observada por Carvalho *et al.* (2009), que verificaram que aplicação de 112 kg ha⁻¹ de nitrogênio proporcionou o maior rendimento de 9,8 m³ ha⁻¹ de álcool. Nesse sentido, observa-se que os resultados encontrados neste trabalho ratificam o obtido por Azeredo (2002) (10,4 m³ ha⁻¹) e por Silva (2003) (10,5 m³ ha⁻¹), possivelmente em função do ambiente de cultivo, produtividade e da variedade serem diferentes do presente trabalho.

A melhoria na qualidade da matéria-prima, observada neste trabalho, resultante da quantidade de água aplicada na irrigação, pode estar, em parte, relacionada ao maior Índice de Área Foliar (IAF) desenvolvido pelas plantas, como verificaram Farias *et al.* (2007) avaliando os efeitos de diferentes lâminas de irrigação na cana-de-açúcar. O IAF está intimamente associado à quantidade de luz absorvida e com a fotossíntese. Segundo Taiz e Zeiger (2004), na fotossíntese, os vegetais transformam energia solar em energia química, sendo a produtividade das culturas uma função direta da eficiência fotossintética.

Sabe-se que a qualidade do caldo da cana-de-açúcar varia em função das variedades do sistema de níveis da palhada da soqueira da cana colhida sem queima e também da nutrição mineral da planta (SOUZA *et al.* , 2005), mas, como ocorre aumento da produtividade da cana-de-açúcar com a aplicação de NK, pode ocorrer diluição na concentração do açúcar e das outras variáveis indicadoras da qualidade da cana-de-açúcar, não sendo possível verificar aumento da qualidade da cultura com aplicação de nitrogênio e potássio.

Salienta-se ainda que seja satisfatório admitir que os resultados obtidos apenas em um corte da soqueira de cana-de-açúcar, e em um local, não seria suficiente para fundamentar uma conclusão. Assim, sugerem-se novas pesquisas por mais ciclos da soqueira, e também em outros locais, para consolidação das informações da qualidade da cana-de-açúcar, irrigação suplementar e relação nitrogênio e potássio.

5 - CONCLUSÕES

- As variedades respondem às diferentes supressões de irrigação (DIAC) na região Norte mineira, com o período de 225 DIAC sendo o melhor em desempenho, porém tendo valores próximos em qualidade tecnológica nos demais DIAC.
- O nível 6 de adubação proporciona o melhor desempenho nas condições de realização deste trabalho.
- A variedade SP80-1816 apresenta maiores valores em diâmetro de colmo e rebrota em perfilhamento, desempenhando melhores ganhos em produtividade associado a um bom desempenho em qualidade tecnológica, de acordo as exigências industriais, mostrando-se adequada para colheita média/tardia na região.
- A variedade RB85-5453 tem maior desempenho em qualidade tecnológica associada a moderada produtividade mostrando-se adequada à colheita mais cedo na região.
- As variedades RB85-5453 e SP80-1816 são promissoras para a região Norte-mineira, tendo boa adaptação às condições edafoclimáticas;
- A variedade SP80-1816 é a mais indicada para a região, pois consegue altos níveis em produção e boa qualidade do seu caldo e ainda mostrou capacidade de resistência à restrição hídrica nas condições de realização deste trabalho, assim atendendo às exigências de produção sucroalcooleira no seu terceiro ciclo de produtividade.

6 – REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

AQUINO, A. B. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará.** Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.

ARAÚJO, N. C. **Cana-de-açúcar:** resposta técnica. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. 7 p. 2006. Disponível em:
<<http://www.agrobyte.com.br/cana.htm>>. Acesso em: 03 set. de 2010.

AZEREDO, H. M. de. **Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros costeiros da Paraíba.** 112 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

AZEVEDO, H. M. de. Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros da Paraíba. Campina Grande: UFCG, 2002. 112p. Tese Doutorado BARBOSA, E. A.// **Avaliação fitotecnia de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas-MG.** 2005. 70f. II.(Dissertação de Mestrado) – UESB, Vitória da Conquista- BA, 2005.

AZEVEDO, H. M. de. Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros da Paraíba. Campina Grande: UFCG, 2002. 112p. Tese Doutorado

BARBOSA, G. V. S. *et al.* **Novas variedades RB de cana-de-açúcar para Alagoas.** Maceió: UFAL, Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar, 2000. 16 p. Boletim Técnico, 1.

BARBOSA, A. B. **Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas - MG.** 2005. 70 p. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2005. ARTIGO :

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

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 7. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2005. 611 p.

- BITTENCOURT, V. C. *et al.* Eficiência da adubação potássica em cana-soca. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 13, n. 3, p. 20-24, 1995.
- BOIN, C. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO PAULISTA DE AGRONOMIA, 6., 1987, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1987. p. 55-57.
- BOLTON, J. K.; BROWN, R. H. Photosynthesis of grass species differing in carbon dioxide fixation pathways. V. Response of *Panicum maximum*, *Panicum milioides* and tallfescue (*Festuca arundinaceae*) to nitrogen nutrition. *Plant Physiology*, Bethesda, v.66, n.1, p.97- 100, 1980.
- BORDEN, R.J. 1948. **Nitrogen effects upon yield and composition of sugarcane.** Hawaiian Planter's Rec. 52:1-51.
- BOSE, P.K., THAKUR, K., 1977. **Critical time of irrigation and nitrogen fertilisation under deficit condition** Da review of work done at Sugarcane Research Institute, Pusa. *Indian Sugar* 26, 809±811.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Van. Adubação nitrogenada no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BRASIL, 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. p. 47-79.
- CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: _____. **Produção da cana-de-açúcar.** Piracicaba: ESALQ, 1993. p. 31-64.
- CAMILOTTI, F. *et al.* Produtividade e qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar cultivada com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 3, p. 32-35, 2006.
- CAMPELO, E. A. P. Agronegócio da cachaça de alambique de Minas Gerais: panorama econômico e social. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 7-18, 2002.
- CAMPOS FILHO, M. F. C. Setor sucroalcooleiro em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p.7-11, 2007.
- CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar.** Jaboticabal: Funep, 1991. 157 p.

- CARNAÚBA, B. A. A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 8, n. 3, p. 24-41, 1990.
- CARVALHO, C. M. *et al.* Rendimento de açúcar e álcool da cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 1, p. 72-77, 2009.
- CASTRO, P. R. C. Aplicações da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISIOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2000, p. 1-9.
- CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- CLEMENTS, H. F. **Sugarcane nutrition and culture**. Lucknow: Indian Institute of Sugar Research, 1959. 189 p.
- COELHO, M. B.; BAROBSA, M. H. P.; MARCIEL, M. L. Níveis da irrigação na cana soca no cerrado de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p. 591-598.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Avaliação de safra de cana-de-açúcar 2006/2007**: segundo levantamento agosto 2010. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2_levantamento_cana de-açúcar_safra_2010.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2_levantamento_cana_de-açúcar_safra_2010.pdf)>. Acesso em: 03 set. 2010.
- CONSECANA. Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba: CONSECANA, 2006. 112 p.
- COPERSUCAR. Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. **Adubação nitrogenada em cana-planta**. Piracicaba: Agrícola Informa. 2000. Boletim, 115.
- COPERSUCAR. Centro de Tecnologia de Cana. **Manual de controle químico da fabricação de açúcar**. Piracicaba: Agrícola Informa, 2001. 261 p.
- COPERSUCAR. Dados de produtividade safra 2010. Disponível em: www.copersucar.com.br. acesso as 12:00 horas do dia 01 de dezembro de 2010.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 631-637, 2003.

COSTA, M.C.G.; MAZZA, J.A.; VITTI, G.C.; JORGE, L.A.C. Distribuição radicular, estado nutricional e produção de colmos e de açúcar em soqueiras de dois cultivares de cana-de-açúcar em solos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1503-1514, 2007.

DALRI, A. B. *et al.* Irrigação por gotejamento subsuperficial na produtividade e qualidade de cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.

DANTAS NETO, J. *et al.* Resposta de cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2006.

DEMATTE, J. L. I. **Cultura da cana-de-açúcar**: recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. Piracicaba: POTAFOS, 2005. 24 p. Informações Agronômicas, 111.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. Irrigation and Drainage Paper, 33.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. D. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1975. 179 p. Irrigation and Drainage Paper, 24.

DUARTE, A. M. A. **Avaliação do desempenho agronômico de seis variedades de cana-de-açúcar, no primeiro corte, em condições de cultivo irrigado, em Jaíba-MG**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)-Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2006.

DUARTE JÚNIOR, J.; COELHO, F. C. A cana-de-açúcar em sistema de plantio direto comparado ao sistema convencional com e sem adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 576-583, 2008.

EID, F. Progresso técnico na agricultura sucroalcooleira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 26, n. 5, p. 29-36, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: SPI, 1999. 412 p.

EPAMIG. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Dados de Precipitação Disponível em: <http://www.epamig.br/index.php?Itemid=169&id=43&option=com_content&task=view>. Acesso em: 10 jan. 2010.

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

FARIAS, C. H. de A. *et al.* Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 356-362, 2008.

FARIAS, C. H. de A.; DANTAS NETO, P.; FERNANDES, P. D.; GHEIY, H. R. Índice de área foliar em cana-de-açúcar sob diferentes níveis de irrigação e zinco na Paraíba. **Revista Caatinga**, Brasil, v. 20, n. 4, p. 45-55, 2007.

FERNANDES, A.C. *Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar*. Piracicaba: STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2000. 193 p.

FERNANDES, O. W. B. **Avaliação de variedades de cana-de-açúcar para a produção de cachaça artesanal e a interferência dos resultados no comportamento do produtor na região de Salinas-MG**. 2005. 83 p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 66 p.

FIGUEIREDO, P. A. M. Particularidades a respeito do potássio. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 6, p. 25, 2006.

FRANCO, A. **Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto e vinhaça: nitrogênio no sistema solo-planta, produtividade e características tecnológicas**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

GAVA, G. J. C. *et al.* Produtividade e atributos tecnológicos de três cultivares de cana-de-açúcar irrigadas por gotejamento subsuperficial. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2008, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 2008. p. 751-755.

GAVA, G.J.C., TRIVELIN, P.C.O., VITTI, A.C.; OLIVEIRA, M.W. **Balço do nitrogênio da uréia e da palha de cana no sistema solo-cana-de-açúcar.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.40, n.7, p.689-695, 2005.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, M.W. **Recuperação do nitrogênio (15N) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (Saccharum spp.).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, n.4, p.621-630, 2003.

GHELLER, H.; UFSCAR. **Programa de cooperação técnico científica na área de melhoramento genético da cana-de-açúcar:** relatório de atividades, 1996. Araras, 1997. 92 p.

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

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

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

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

HAUCK, F. W.; DICKISON, J. Conveniencia y experimentación con potasio en el cultivo de cana de azúcar. ATAC: **Revista Técnica Informativa**, La Habana, v. 13, 1954. 626 p.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, p. 185-202, 2005.

KEATING, B. A. *et al.* Modeling sugarcane production systems I: development and performance of the sugarcane module. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 48, p. 27-36, 1999.

KORNDÖRFER, G. H. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. In: SÁ, M. E.; BUZETTI, S. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 133-142.

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.

_____.; MARTINS, M. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 10, n. 3, p. 2-31, 1992.

LANA, R. M. *et al.* Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 23, n. 2, p. 28-31, 2004.

LANDELL, M. G. A. Novas variedades IACSP. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 1, p. 28-30, 2005.

LANDELL, M. G. de A. et al. Novas variedades de cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 28p. (Boletim Técnico, 169).

_____. Novas variedades IAC: seleção direcionada para produtividade e colheita mecanizada. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 18, n. 3, p. 25, 2000.

LEME, E. J. A.; MANIERO, M. A.; GUIDOLIN, J. C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade. **Caderno PLANALSUCAR**, Piracicaba, v. 2, p. 3-22, 1984.

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

MACHADO, E. C. *et al.* Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 9, p. 1323-1329, 1982.

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.

MAGALHÃES, A. C. N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspecto do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P. R. C; FERREIRA, S. O.; YMADA, T. (Coord.). **Ecofisiologia da produção**. Piracicaba: Associação Brasileira Pesquisa Potassa e Fosfato, 1987. p. 113-118.

MAGALHÃES, V. R. **Influências de doses de vinhaça nas características agronômicas de variedades de cana-de-açúcar, cana planta e atributos químicos do solo**. 2010. 89 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido)-Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira Pesquisa Potassa Fosfato, 1997. 319 p.

MAMEDE, de Q. *et al.* Potencial produtivo de clones RB de cana de açúcar mo município de Nova Europa-SP. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 20, n. 3, p. 32-35, 2002.

MARQUES, M. O; MARQUES, T. A, TASSO JUNIOR, L. C **Tecnologia do açúcar: Produção e Industrialização da cana de açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 166p

MARCELO, D. N. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP79-1011**. 2008. 44 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MARCIEL, M. L. *et al.* Níveis da irrigação na cana soca no cerrado de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002.

MARCHIORI, L. F. S. **Influência da época de plantio e corte na produtividade da cana-de-açúcar**. 2004. 277 p. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

MARQUES, O. M. **Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar**. 1996. 111 f. Tese (Livre-Docência)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

MARTINS, L.M.; LANDELL, M. G. de A. **Conceitos e critérios para avaliação experimental em cana-de-açúcar utilizados no PROGRAMA CANA IAC.** Pindorama: [s.n.], 1995. 45 p.

MATHIOLI, C. S. *et al.* Aumento de produtividade da cultura da cana-de-açúcar sob irrigação complementar na região de Ribeirão Preto, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. v. 2, p. 16-18.

MATSOUKA, S. **Guia das principais variedades RB.** Araras: 10p. 1999.

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

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

MELO, F. A. D. *et al.* Parâmetros Tecnológico da cana-de-açúcar em diferentes fundos agrícolas da região Norte do Estado do Pernambuco. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7., 1998. Londrina. **Anais...** Piracicaba: STAB, 1999. p. 198-202.

MELO IVO, W. P. de *et al.* Produção de raízes de cana-de-açúcar, variedade, RB83594, submetida à colheita crua e queimada, In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2008, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 2008. p. 675-680.

MIOCQUE, J. Y. J. O melhoramento da cana-de-açúcar no Brasil. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 11, n. 1, p. 24-28, 1993.

MONTE, A. J.; **Produtor de cana-de-açúcar.** 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2004. 64 p. Caderno Tecnológico.

MORELLI, J.; DEMATTÊ, J. L. I.; DALBEN, A. E. Parcelamento da adubação nitrogenada em cana-planta: aplicação no solo. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 6, p. 26-30, 1997.

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. PARAMETROS TECNOLOGICOS PERFILHO, DIAM E ALTURA

MOURA-FILHO, G. *et al.* GD-CANA-programa cálculo de graus-dia para a cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005. 1 CD-ROM.

MUCHOVEJ, R. M.; NEWMAN, P. R. Nitrogen fertilization of sugarcane on a sandy soil: II. Soil and groundwater analyses. **Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists**, Florida, v. 24, p. 225-240, 2004.

OLIVEIRA, A.M.S. **A relação capital-trabalho na agroindústria sucroalcooleira paulista e a intensificação do corte mecanizado: gestão do trabalho e certificação ambiental.** 2003. 219p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente.

OLIVEIRA, F.C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar.** 2000. 247 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

OLIVEIRA, E. C. A. de *et al.* Rendimento de colmo e atributos tecnológicos de cultivares de cana-de-açúcar, plantadas no Nordeste, sob dois sistemas de irrigação, In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2008, Maceió. **Anais...** STAB, p. 756-761, 2008.

OLIVEIRA, M. W. *et al.* Lixiviação de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio em solo arenoso cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 861-868, 2002.

OLIVEIRA, R. A. de. *et al.* Área foliar de três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

ORLANDO, FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S. & OLIVEIRA, E. A. M. (Eds) Produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: FEALQ/USP, p. 133-146, 1993.

ORLANDO FILHO, J.; BITTENCOURT, V.C.; ALVES, M.C. Aplicação de vinhaça em solos arenosos do Brasil e poluição do lençol freático com nitrogênio. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.13, n.6, p.14-16, 1995.

ORLANDO FILHO, J. *et al.* Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 4, p. 39-41, 1999.

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

_____. *et al.* Efeitos da aplicação prolongada de vinhaça nas propriedades químicas dos solos com cana-de-açúcar: estudo exploratório. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 28-33, 1983.

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

PRADO, R. de M.; PANCELLI, M. A. Nutrição em soqueira e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 25, n. 2, p. 60-63, 2006.

_____. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistemas de colheita sem queima. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 951-959, 2008.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Fundação IAC, 1997. p. 233-244.

RAMESH, P.; MAHADEVASWANY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Jornal Agronomy e Crop Science**, Berlim, v. 185, p. 249-258, 2000.

REZENDE SOBRINHO, E. A. R. **Comportamento de variedades de cana-de-açúcar, em latossolo roxo, na região de Ribeirão Preto, SP**. 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2000.

- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. (Eds.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.
- RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociências. 1995. 69 p.
- ROSSETTO, R. *et al.* Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com adubação potássica. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 105-116, 2004.
- SAMUELS, G. Major element nutrition with respect to foliar diagnosis. In: _____. (Ed.). **Foliar diagnosis of sugarcane**. Chicago: Adams Press, 1969. p. 217-243.
- SANTIAGO, A. D. *et al.* Comportamento da cultivar RB83594 submetida à dois níveis de colheita. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2008, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 2008. p. 603-609.
- SANTOS, M. A. L. dos.; FRIZZONE, J. A. Irrigação suplementar da cana de açúcar (*Saccharum* spp): um modelo de análise de decisão para o Estado de Alagoas. **Irriga**, Botucatu, v. 11, p. 339-355, 2006.
- SATURNINO, H. M.; OLIVEIRA, C. L. G. de; CAETANO, F. de S. Culturas tradicionais e plantas úteis da região da caatinga de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 181, p. 86-94, 1994.
- SEBRAE-MG. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais. **Diagnóstico da cachaça de Minas Gerais**. Belo Horizonte: SEBRAE, 2001. 259 p.
- SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar, In: SEGATO, S. V. *et al.* **Atualizações em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006. 415 p.
- _____. *et al.* **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006. p. 19-36.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVA JUNIOR, L. D. **Estágio de desenvolvimento exigências da cultura cana-de-açúcar**. Viçosa: UFV, 2001.

SILVA, M. de A. *et al.* Brotação da cana-de-açúcar em condições de casa de vegetação. **STAB: Açúcar Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, p. 28-31, 2003.

SILVA, A.B. Resposta da cana-de-açúcar irrigada sob diferentes doses de adubação. Campina Grande: UFCG, 2002. 64p. Dissertação Mestrado

SILVA, C.T.S. da. **Efeito de diferentes níveis de adubação sobre a produção da terceira folha de cana irrigada nos tabuleiros costeiros da Paraíba**. 2003. 62f. Dissertação (Mestre em Fitotecnia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

SILVA, M. de A.; CARLIN, S.D.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v.51, p. 457-466, 2004.

_____. *et al.* Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana soca. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 545-552, 2007.

SILVEIRA, L. C. I. da; BARBOSA, M. H. P.; OLIVEIRA, M. W. de. Níveis de variedades de cana-de-açúcar predominantes nas principais regiões produtoras de cachaça de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 25-32, 2002.

SORIANO, H. L. **Extração e eficiência na utilização de macro e micro nutrientes por variedades RB de cana-de-açúcar**. 2007. 22 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2007.

SOUZA, E. F.; BERNARDO, S.; CARVALHO, J. A. Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades em Campos dos Goytacazes. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.19, n.1, p.28-32, 1999. Taiz, L.; Zeiger, E. Plant Physiology

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

SOUZA, Z. M. *et al.* Níveis de palhada do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 1061-1068, 2005.

SPIRONELLO, A. *et al.* Cana-de-açúcar. In: RAIJ, B. van. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 237-239. Boletim Técnico, 100.

STONE, P. J.; SORENSEN, I. B.; JAMIESON, P. D. Effect of soil temperature on phenology: canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperature climate. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 48, p. 169-178, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: Benjamin Cummings, 2004. 565 p.

TAVARES ANTÔNIO, C. S. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao excesso de água no solo**. 2009. 220 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

TERAUCHI, T.; MATSUOKA, M. Ideal characteristics for the early growth of sugarcane. **Japanese Journal of Crop Science**, Japan, v. 69, n. 3, p. 286-292, 2000.

_____. *et al.* Comparison of the early growth between sugarcane and sweet sorghum. **Japanese Journal of Crop Science**, Japan, v. 68, n. 3, p. 414-418, 1999.

THOMAS, J. R.; OERTHER JR., G. F. Growth, production, and leaf N content of sugarcane in Texas. **Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists**, Florida, v. 5, p. 28-36, 1976.

VASCONCELOS, A. C. M. de. **Comportamento de clones IAC e variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Paranapanema**. 1998. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

WEBER, H. *et al.* Recuperação da produtividade de soqueiras de cana de açúcar com adubação NPK. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 2, n. 1-2, p. 73-77, 2001.

WIEDENFELD, R. P. Effects of irrigation and N fertilizer application on sugar cane yield and quality. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 43, p. 101-108, 1995.

WIEDENFELD, R. P. **Water stress during different sugarcane growth periods on yield and response to N fertilizer**. Agricultural Water Management., Elsevier, v.43 p.173–182, 2000.