



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**INDICADORES FISIOLÓGICOS,
FITOTÉCNICOS E AGROINDUSTRIAIS DE
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR
CULTIVADAS SOB DUAS CONDIÇÕES
HÍDRICAS**

CRISTIANO MARCOS DE OLIVEIRA DIAS

2011

CRISTIANO MARCOS DE OLIVEIRA DIAS

**INDICADORES FISIOLÓGICOS, FITOTÉCNICOS E
AGROINDUSTRIAIS DE VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇÚCAR CULTIVADAS SOB DUAS CONDIÇÕES
HÍDRICAS**

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 de “*Magister Science*”.

Orientador
Prof. DSc. Carlos Eduardo Corsato

JANAÚBA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

CRISTIANO MARCOS DE OLIVEIRA DIAS

**INDICADORES FISIOLÓGICOS, FITOTÉCNICOS E
AGROINDUSTRIAIS DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR
CULTIVADAS SOB DUAS CONDIÇÕES HÍDRICAS**

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 de “*Magister Science*”.

APROVADA em 15 de abril de 2011.

Prof. DSc. Carlos Eduardo Corsato
UNIMONTES
(Orientador)

Prof. DSc. Rodinei Facco Pegoraro
UNIMONTES

Pesq. DSc. Polyanna Mara de Oliveira
EPAMIG

Prof. DSc. Luiz Henrique Arimura
Figueiredo
UNIMONTES

**JANAÚBA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011**

*Ao Senhor Deus da vida;
Aos meus queridos pais, Osmar e Cleunice;
Ao meu irmão, Osmar Júnior;
À minha sobrinha, Cecília Mayara;
À minha amada, Heliselle Cristine.*

Dedico e Ofereço

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por iluminar-me sempre pelos melhores caminhos, me dando saúde, proteção e força para ter chegado até aqui e poder seguir muito mais adiante.

Aos meus queridos pais, Osmar e Cleunice, que sempre foram incansáveis na dedicação e imprescindíveis no apoio.

Ao meu grande amor, Heliselle Cristine, pelo amor, carinho, companheirismo, compreensão e incentivo às minhas conquistas.

À Companhia Italmagnésio Nordeste, pela oportunidade concedida para a realização deste projeto.

À Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, seus professores e demais funcionários pelo aprendizado e atenção.

Ao meu orientador, professor Carlos Eduardo Corsato, juntamente com os demais coorientadores, a pesquisadora Polyanna Mara, pesquisador Adelson Nascimento e aos professores Rodinei Pegoraro, Luiz Arimura e Ignácio Aspiazú, pela valiosa orientação, amizade e compreensão durante todo o trabalho.

Aos meus colegas e grandes amigos: Valdinei, Antônio Fábio, Danilo, Artênio, Heverton, Alan, Irton e Cristiane que contribuíram constantemente nas coletas de dados do experimento.

Aos colegas de república, pelo acolhimento, ajuda e alegria.

A toda a minha família que sempre torceu por mim.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1- Cana-de-açúcar	3
2.1.1 Centro de origem e dispersão da cultura.	3
2.1.2 A cana-de-açúcar no norte de Minas Gerais	5
2.1.3 Botânica e morfologia da cana-de-açúcar	7
2.1.4 Exigências climáticas.....	8
2.1.5 Aspectos fisiológicos	10
2.1.6 Variedades de cana-de-açúcar.....	13
2.1.7 Demanda hídrica da cana-de-açúcar	15
2.2 A deficiência hídrica em vegetais	20
2.2.1 Indicadores fisiológicos	23
2.2.1.1 Índice SPAD	23
2.2.1.2 Temperatura foliar	24
2.3 Indicadores fitotécnicos	26
2.4 Indicadores agroindustriais	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Caracterização da área de estudo	28
3.2 Instalação e condução do experimento	28
3.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	29
3.3.1 Variedades	30
3.3.2 Condições hídricas de cultivo	30
3.4 Indicadores analisados	31
3.4.1 Índice SPAD	33
3.4.2 Temperatura foliar	33
3.4.3 Altura das plantas.....	34
3.4.4 Diâmetro médio dos colmos	34
3.4.5 Produtividade total.....	34
3.4.6 °Brix no caldo da cana	34
3.4.7 Fibra.....	35

3.5 Análise dos dados	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 Indicadores fisiológicos	38
4.1.1 Índice SPAD	38
4.1.2 Temperatura foliar	41
4.2 Indicadores fitotécnicos	43
4.2.1 Altura das plantas.....	43
4.2.2 Diâmetro do colmo	46
4.2.3 Produtividade total	48
4.3 Indicadores agroindustriais	49
4.3.1 °Brix	50
4.3.2 %Fibra.....	52
5 CONCLUSÕES.....	55
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
8 ANEXOS.....	67
8.1 Croqui da área experimental	67

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar.....	11
TABELA 2. Valores de Kc para a cana-de-açúcar (DOORENBOS; KASSAM, 1994).....	19
TABELA 3. Resultados da análise química do solo da área experimental, realizada em novembro de 2007. UNIMONTES, Janaúba – MG, 2010.....	29
TABELA 4. Principais características das variedades pesquisadas (FERNANDES, 2005).	30
TABELA 5. Planejamento das análises.	32
TABELA 6. Precipitação, temperaturas do ar, máximas e mínimas, e umidade relativa do ar, durante o período experimental em Janaúba-MG.....	36
TABELA 7. Resumo das análises de variâncias para o índice SPAD e temperatura foliar (Tf) em três variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob as condições irrigadas e não irrigadas. UNIMONTES, Janaúba, MG, 2011.	38
TABELA 8. Índice SPAD em variedades de cana-de-açúcar em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG	39
TABELA 9. Temperatura foliar (°C) em três variedades de cana-de-açúcar em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG.	41
TABELA 10. Resumo da análise de variância para altura das plantas, diâmetro do colmo e produtividade final. UNIMONTES, Janaúba, MG, 2011.	43
TABELA 11. Altura das plantas (m) de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG.	44
TABELA 12. Diâmetro do colmo (mm) de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG.	46
TABELA 13. Produtividade total (t.ha ⁻¹) de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG	48

TABELA 14. Resumo da análise de variância referente ao ° brix e ao % Fibra. UNIMONTES, Janaúba, MG, 2011.....	50
TABELA 15. °Brix de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG	51
TABELA 16. Teor (%) de fibra de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG	52

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Áreas de cultivo de cana-de-açúcar no mundo e seu limite ecológico aproximado.	3
FIGURA 2. Zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar em Minas Gerais.....	6
FIGURA 3. Numeração de folhas em cana-de-açúcar no sistema estabelecido por Gonçalves (2008).....	33
FIGURA 4. Tensão de água no solo (-kPa) durante o desenvolvimento da cana-de-açúcar cultivada com e sem irrigação.	37

RESUMO

DIAS, Cristiano Marcos de Oliveira. **Indicadores fisiológicos, fitotécnicos e agroindustriais de variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob duas condições hídricas**. 2011. 67 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido)-Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.¹

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância para o Brasil, porém em regiões onde ocorre a limitação da disponibilidade de água como no norte de Minas, o crescimento e o desenvolvimento da planta são prejudicados, causando prejuízos sócio-econômicos. A restrição hídrica é um problema que afeta boa parte das áreas cultivadas no mundo, sobretudo, àquelas situadas nas regiões semiáridas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar a sensibilidade de indicadores fisiológicos, fitotécnicos, e agroindustriais em três variedades de cana-de-açúcar cultivadas com e sem irrigação. Essas informações poderão ser utilizadas para orientar produtores na escolha de variedades a serem cultivadas sob condições restritivas de água, e também para futuros programas de melhoramento genético da cultura. Para tanto, as plantas foram cultivadas em campo na Fazenda Experimental da Unimontes, localizado no Distrito de irrigação do Gortuba em Janaúba-MG. O estudo foi em parcelas subdivididas com seis tratamentos (três variedades x duas condições hídricas), em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. As condições hídricas de cultivo foram assim definidas: com irrigação e sem irrigação. As variáveis analisadas foram: índice SPAD, temperatura foliar, altura das plantas, diâmetro do colmo, produtividade total, ° brix e percentual de fibra. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey, com $P < 0,05$. A condição sem irrigação propiciou reduções significativas no índice SPAD, altura das plantas e produtividade total e provocou aumento significativo na temperatura foliar, °Brix e percentual de fibra. As variedades SP 79-1011 e RB 72-454 apresentaram maior índice SPAD, mesmo sem irrigação. A condição sem irrigação propiciou também aumento significativo da temperatura foliar de 3,35 °C em relação à condição irrigada.

¹ **Comitê de Orientação:** Prof. Dr. Carlos Eduardo Corsato - – UNIMONTES (Orientador); Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro (Coorientador); Pesq. Dra. Polyanna Mara de Oliveira (Coorientador)- EPAMIG; Prof. Dr. Luiz Henrique Arimura Figueiredo – UNIMONTES (Coorientador).

Para a variável altura das plantas, as variedades RB 72-454 e SP 80-1842, apresentaram as maiores médias. O diâmetro de colmos não foi influenciado pelas condições hídricas de cultivo, porém a variedade SP 79-1011 se destacou com maior diâmetro médio. As variedades RB 72-454 e SP 80-1842 obtiveram bons índices de produtividade. A variedade SP 79-1011 apresentou o maior grau brix, diferenciando das demais variedades, e juntamente com a variedade RB 72-454 apresentaram o percentual ideal de fibra para a indústria sucroalcooleira. Por fim, as variedades RB 72-454 e SP 79-1011 demonstraram, de maneira geral, desempenho regular para os indicadores avaliados, podendo-se inferir que estas variedades estudadas poderão apresentar boa adaptabilidade na região semiárida de Minas Gerais.

Palavras-Chave: RB 72-454. SP 79-1011. SP 80-1842. Restrição hídrica.

ABSTRACT

DIAS, Cristiano Marcos de Oliveira. **Physiological, phytotechnical and agroindustrial indicators of sugarcane varieties cultivated under two water conditions**. 2011. 67 p. Dissertation (Master's degree in Plant Production in the Semiarid) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.²

Sugarcane is an important crop for Brazil, but in regions where there is the limitation of water availability as the North of Minas Gerais, growth and development of the plant are damaged, causing socioeconomic losses. Water restriction is a problem that affects most of the cropland in the world, mainly those located in semiarid regions. Thus, the purpose of this study was to evaluate the sensitivity of physiological, phytotechnical and agroindustrial indicators in three sugarcane varieties, cultivated with and without irrigation. That information could be used for advise farmers to choose the varieties to be cultivated under restrictive water conditions, and also for future breeding programs of the culture. For that, the plants were grown on field at Experimental Farm of the UNIMONTES in the Gortuba Irrigation District in Janaúba-MG. The study was in split-plots with six treatments (three varieties x two water conditions) in a randomized block design with four replications. The water conditions of cultivation were: with and without irrigation. The evaluated variables were: SPAD index, leaf temperature, plant height, stem diameter, total yield, °brix and percentage of fiber. The data were submitted to variance analysis and means were compared among themselves by Tukey test, with $P < 0.05$. The condition without irrigation provided significant reductions in the SPAD index, plant height and total yield and increased significantly the leaf temperature, °brix and percentage of fiber. The SP 79-1011 and RB 72-454 varieties presented higher SPAD index, even without irrigation. The condition without irrigation also increased significantly the leaf temperature of 3,35 °C in relation to irrigated one. For plants height variable, the RB 72-454 and SP 80-1842 varieties presented the highest averages. The stems diameter was not influenced by the water conditions of cultivation, but the SP 79-101 was stood out with larger average diameter. The RB 72-454 e SP 80-1842 varieties gotten good yield indexes. The SP 79-101

² **Guidance Committee:** Prof. DSc. Carlos Eduardo Corsato - – UNIMONTES (Adviser); Prof. DSc. Rodinei Facco Pegoraro (Co-adviser); Prof. DSc. Polyanna Mara de Oliveira (Co-adviser)- EPAMIG; Prof. DSc. Luiz Henrique Arimura Figueiredo – UNIMONTES (Co-adviser).

variety presented the highest °brix, differing from the other varieties, and with the RB 72-454 showed the ideal percentage of fiber for sugar and alcohol industry. Finally, the RB 72-454 and SP 79-101 varieties demonstrated, in a general way, regular performance for evaluated indicators, being possible infer that those studied varieties could present good adaptability to semiarid region from Minas Gerais.

Keywords: RB 72-454. SP 79-1011. SP 80-1842. Water restriction.

1- INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é de grande importância para o Brasil, uma vez que gera cerca de 500.000 empregos diretos e 3,5 milhões de empregos indiretos, sendo uma das principais culturas agrícolas do país, servindo como matéria-prima para a produção de açúcar, álcool, alimentação animal, bebidas, etc. (ÚNICA 2010).

Segundo IEA - Instituto de Economia Aplicada (2010), o Brasil é o líder na produção canavieira no mundo, seguido da Índia, China e Tailândia. Na safra de 2010/2011, o país possuiu uma área estimada em 8.167,5 milhões de hectares, com produção esperada de 651.514,3 milhões de toneladas.

Estudos realizados pelo SEBRAE-MG (2001) revelaram que muitos produtores de Minas Gerais enfrentam variados problemas, destacando-se, no setor agrícola, a baixa produtividade dos canaviais, decorrentes do uso de variedades de cana-de-açúcar que não são apropriadas ao solo e ao período de safra.

As condições climáticas da região norte-mineira se caracterizam por apresentar altas taxas de evapotranspiração anual (acima de 400 mm) e um período de chuvas concentrado em apenas quatro meses (dezembro a março). Com uma precipitação média anual variando de 800 a 900 mm e com 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 alcançar altas produtividades (SEBRAE-MG, 2001).

Do ponto de vista ecofisiológico, o conhecimento somente dos fatores externos proporciona uma base insuficiente de dados para a inferência de conclusões precisas sobre a sensibilidade à restrição hídrica em plantas (LARCHER, 2004). Assim, demais fatores intrínsecos, como indicadores

fisiológicas e agroindustriais, também se tornam indispensáveis para auxiliar na determinação a esta sensibilidade.

Segundo O'Neill *et al.* (2006), técnicas que avaliem efeitos morfológicos e fisiológicos indiretos e rápidos podem ser bem efetivas para diferenciar genótipos tolerantes e susceptíveis à deficiência hídrica. Identificar ferramentas adequadas de seleção e características quantificáveis podem facilitar o processo de melhoramento da cultura para tolerância à escassez de água. Estas ferramentas são caracterizadas por serem métodos rápidos e precisos, diferentemente de outros métodos considerados demorados e difíceis.

A seca é um dos mais importantes fatores de estresse ambiental que limitam a produção mundial de cana-de-açúcar. Devido à natureza das chuvas erráticas, agricultores de cana dependem fortemente da irrigação para a produção e, por conseguinte, para cumprir metas. No entanto, a água para irrigação é um recurso limitado e o gerenciamento correto desse recurso é crucial, não apenas na redução da utilização e desperdício, mas também na redução dos custos de produção. A caracterização de genótipos de cana-de-açúcar tolerante à seca é, assim, fundamental para manter a produção em áreas onde o abastecimento de água é limitado, sendo útil para atender a necessidade não só de pequenos produtores, mas também de grandes industriais (SILVA *et al.*, 2007).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar a sensibilidade de indicadores fisiológicos, fitotécnicos, e agroindustriais em três variedades de cana-de-açúcar cultivadas com e sem irrigação. Essas informações poderão ser utilizadas para orientar produtores na escolha de variedades a serem cultivadas sob condições restritivas de água, e também para futuros programas de melhoramento genético da cultura.

2-REFERENCIAL TEÓRICO

2.1- Cana-de-açúcar

2.1.1 Centro de origem e dispersão da cultura.

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) é considerada originária do sudeste asiático, na grande região de Nova Guiné e Indonésia. É cultivada numa ampla faixa, desde 35° N a 30° S, e em altitudes que variam do nível do mar a 1000 m de altitude (TERRAMOTO, 2003). A figura 1 ilustra as áreas de cultivo de cana-de-açúcar no mundo e seu limite ecológico aproximado, com a região de origem destacada em vermelho (OMETO, 1982).

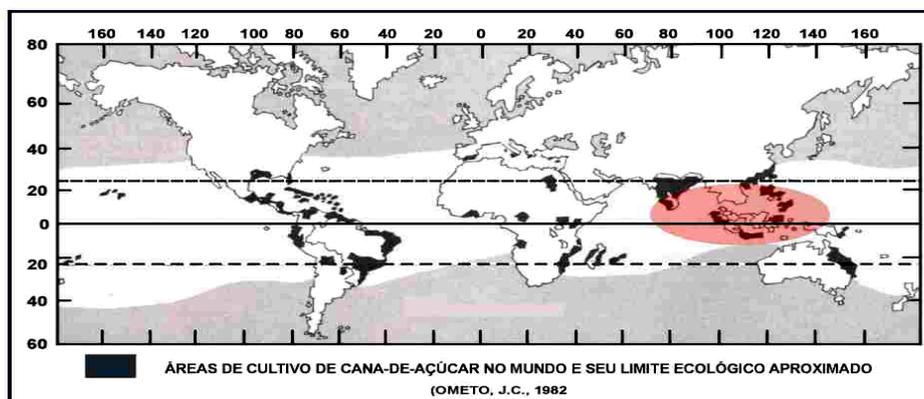


FIGURA 1. Áreas de cultivo de cana-de-açúcar no mundo e seu limite ecológico aproximado.

A disseminação da cana-de-açúcar se deu pelos Árabes no norte da África e na Europa na época das invasões, sendo levada para Java e para as Filipinas pelos Chineses. As plantações de cana-de-açúcar não prosperaram na

Europa. No século XIV, continuou a ser importada do Oriente, embora sua propagação tivesse ocorrido em pequena escala, na região Mediterrânea. A guerra entre Veneza e os Turcos levou à procura de outros centros abastecedores. Surgiram então culturas nas ilhas da Madeira, plantadas pelos Espanhóis. Em 1493, Cristóvão Colombo iniciou o cultivo da cana-de-açúcar nas Antilhas. A partir daí, a história do açúcar no mundo ganhou novas dimensões (FERNANDES, 2005).

No Brasil, a vinda da cultura se deu pelo fato de Portugal cultivar o vegetal nas ilhas dos Açores, em Cabo Verde, sendo trazida pelo português Martin Afonso de Souza em 1532. A cultura se espalhou no solo fértil com a ajuda do clima tropical, quente e úmido e ainda da mão de obra escrava trazida da África. A vinda da cana-de-açúcar enriqueceu Portugal e permitiu difusão do açúcar brasileiro (BELING *et al.*, 2004).

Em meados da década de 70, no Brasil, a crise do petróleo tornou intensa a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, para utilização direta em motores a explosão (hidratado) ou misturado na gasolina (anidro). Desde então, o álcool combustível saído de modernas destilarias, que em muitos pontos do país substituiu os antigos engenhos, passou a absorver parte da matéria-prima que antes era destinada, em maior parte, à acumulação do açúcar (SILVEIRA *et al.*, 2002).

Hoje, o interesse mundial pela cultura da cana-de-açúcar é crescente, dada sua importância na produção de energia elétrica (bagaço), combustível (álcool hidratado), medicamento (álcool medicinal) e alimento (açúcar) (GONÇALVES, 2008).

2.1.2 A cana-de-açúcar no norte de Minas Gerais

O norte de Minas situa-se na região do Polígono das Secas de Minas Gerais. Esta região 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).

De acordo com Saturnino *et al.* (1994), a cana-de-açúcar é cultivada na maioria das pequenas comunidades do norte de Minas 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, 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.

Segundo o zoneamento agroclimático realizado por Machado *et al.* (2007), (FIGURA 2), a região norte-mineira apresenta uma área de restrição hídrica para o cultivo de cana-de-açúcar.

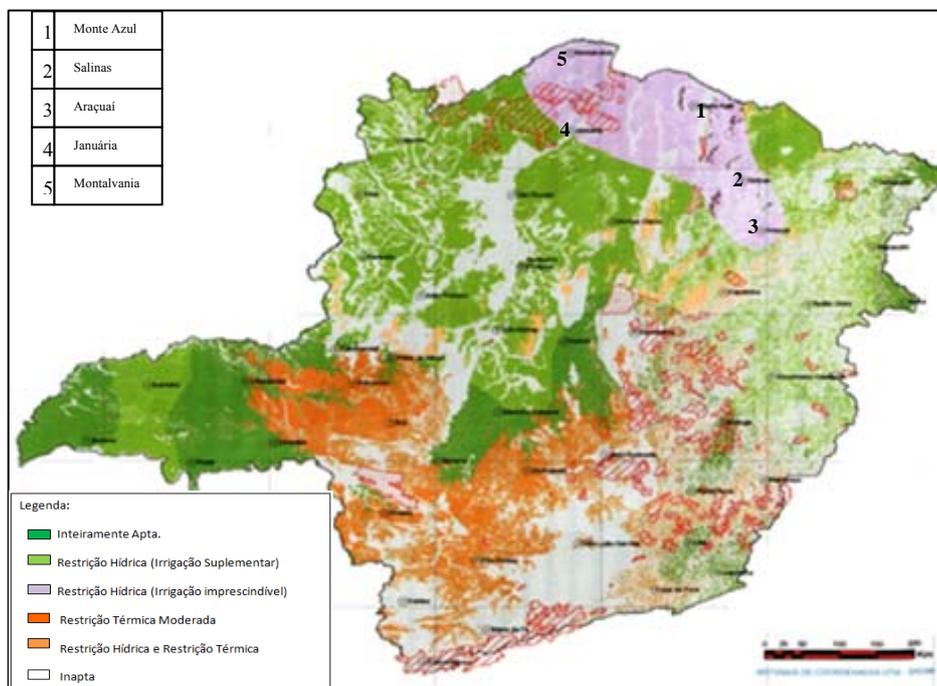


FIGURA 2. Zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar em Minas Gerais.

De acordo com o Censo Agropecuário 2006/2007 (IBGE), os dados sobre a produção vegetal e animal da agricultura familiar em Minas revelam cerca de 437.415 estabelecimentos de agricultores familiares, ocupando uma área de 8.845.883 hectares. Especificamente no Norte de Minas, possui 77.717 estabelecimentos de agricultores familiares, ocupando uma área de 31606 hectares de cana-de-açúcar, consistindo em um dos principais produtos agrícolas cultivados (IBGE 2010).

Souza e Bragança (1999) relatam que o processamento artesanal da cana-de-açúcar constrói uma atividade de grande importância econômica e social para as famílias de pequenos produtores rurais onde a fabricação de seus

derivados faz parte da cultura mineira e é, até hoje, uma atividade desenvolvida por um grande número de pequenos produtores rurais em todo o estado.

A maioria dos canaviais do norte de Minas é cultivada em baixadas úmidas e em sistema de sequeiro (DUARTE, 2009). A região norte de Minas Gerais, onde a precipitação média anual fica em torno de 900 mm, é caracterizada pela ocorrência de períodos de restrição hídrica e chuvas irregulares que ocorrem entre os meses de dezembro a março. Provavelmente, variedades melhoradas de cana poderão ter a produtividade potencializada com o uso da irrigação.

2.1.3 Botânica e morfologia da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta alógama, da classe Monocotiledônea, ordem Glumiflorae graminales, Família Gramínea Poaceae, e pertencente ao gênero *Saccharum* (MONTE, 2004). A Classificação mais aceita é a de Jeswiet, desde 1925. As principais espécies de cana-de-açúcar são as seguintes segundo Matsouoka *et al.* (1999): *Saccharum officinarum* L., *S. spontaneum*, *S. sinensis* Roxb, *Saccharum Barbieri jeswiet*, *S. robustum jeswiet*. Sendo a cana-de-açúcar cultivada um híbrido multiespecífico, recebendo a designação *Saccharum* spp. As principais características dessa família são a forma da inflorescência, o crescimento do caule em colmos, e as folhas com lâminas de sílica em suas bordas e bainha aberta (FRANÇA, 2007).

As *S. officinarum* possuem colmos grossos muito ricos em açúcar, exigentes quanto ao clima e solo. São conhecidas como canas nobres ou canas tropicais e pertencem a essa espécie as antigas variedades, preta, rosa, riscada, roxa e outras (FRANÇA, 2007).

O sistema radicular se desenvolve entre 30 e 50 cm de profundidade, mas, dependendo do tipo de solo, algumas raízes podem alcançar maiores

profundidades. O rizoma, com aspecto de colmo subterrâneo, tem 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).

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 dois e cinco metros, porém, em alguns casos, alcançam até seis metros, principalmente quando ocorre tombamento. Para esse mesmo autor, a cana-de-açúcar apresenta folhas alternadas, longas, mediando de 1,00 a 1,80 metros de comprimento por cinco a sete centímetros de largura. A inflorescência é a panícula terminal, muito ramificada de forma piramidal, com 50 a 80 cm de comprimento, denominada pendão (MONTE, 2004).

2.1.4 Exigências climáticas

Dentre as atividades econômicas, a agricultura é a que apresenta maior dependência das condições climáticas. O clima, na escala regional, é o primeiro fator a ser considerado devido a sua condição de fator praticamente imutável (ALFONSI *et al.*, 1987). Além disso, é um dos principais fatores determinantes da produtividade agrícola e, até hoje, diversos estudos são conduzidos no intuito de relacionar parâmetros climáticos com a produtividade das culturas (DOORENBOS; KASSAM, 1994). A condição atmosférica afeta todas as etapas das atividades agrícolas, desde o preparo do solo até a colheita, transporte e armazenamento dos produtos (BARBOSA, 2005).

A cana-de-açúcar é adaptada às condições de alta intensidade luminosa, altas temperaturas e relativa escassez de água, já que a cultura necessita de

grandes quantidades de água para suprir as suas necessidades hídricas, uma vez que somente 30% de seu peso é representado por matéria seca e, 70% pela água, na dependência do estágio fenológico. Sua capacidade de absorver água pelas folhas é maior do que em qualquer outra poácea; no entanto, são as raízes, através de seus pelos absorventes, as responsáveis pela maior quantidade de absorção de água. O orvalho da madrugada e os chuviscos, que não chegam ao atingir o solo, são absorvidos por suas folhas (SEGATO, 2006).

Em situações de estresse hídrico as plantas tendem a diminuir a perda de água pelo fechamento parcial dos estômatos, o que evita a redução do potencial da água na planta (ψ). O alongamento celular é praticamente nulo e o alongamento das folhas é mais afetado do que o alongamento do colmo pela falta de água. A deficiência hídrica também causa acentuada senescência foliar e restrição ao surgimento de novas folhas, e o grau dessas alterações é decorrente da intensidade do estresse hídrico e depende do genótipo (MACHADO *et al.*, 2009)

O estresse ocasionado pelo deficit hídrico é sentido em toda a planta, desde os pelos radiculares até os estômatos. Entre as principais modificações estão as alterações morfológicas, como a redução da área foliar, crescimento do sistema radicular e fechamento dos estômatos, durante a aclimação da planta à seca (GRAÇA, 2009).

Estudos clássicos sobre distribuição do sistema radicular da cana evidenciam que, em situações de estresse hídrico, algumas variedades, existem as chamadas raízes cordão, que podem atingir até seis metros de profundidade. A proporção de cada tipo de raiz no sistema radicular depende do cultivar, das propriedades física e química do solo e da umidade (BUSO, 2006).

Como a maioria das poáceae (gramíneas), a cana-de-açúcar é uma planta C4, assim chamada por formar compostos orgânicos com quatro carbonos. Apresenta também maior taxa fotossintética e eficiência na utilização e resgate

de CO₂ (gás carbônico) da atmosfera, apresentando maior desenvolvimento e crescimento em regiões mais quentes (MATSUOKA, 1999). Essa cultura é, portanto, uma espécie ideal em regiões tropicais. No entanto, o conhecimento do ciclo da cultura é importante para a melhor manejá-la, pois se sabe que toda e qualquer produção vegetal que vise à máxima produtividade econômica, fundamenta-se na interação de três fatores: a planta, o ambiente de produção e o manejo (SEGATO, 2006).

De maneira geral, pode-se afirmar que o cultivo de cana-de-açúcar quando está abaixo de 20 °C da temperatura média do ar, a brotação, o perfilhamento e o crescimento são praticamente nulos, e entre 25 °C e 30 °C são ótimos; acima de 35 °C voltam a ser praticamente nulos. Na maturação, a temperatura média do ar deve ser menor que 20 °C. No período do frio, o desenvolvimento vegetativo é paralisado e a planta passa a elaborar mais sacarose que será acumulada como substância de reserva, elevando seus teores no colmo (ANDRADE E CARDOSO, 2004).

2.1.5 Aspectos fisiológicos

Pode-se dividir o ciclo da cana de doze meses em quatro (04) estádios de desenvolvimento, conforme apresenta a Tabela 1 (DUARTE, 2009).

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

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

Fonte: Duarte (2009)

A cana-de-açúcar encontra suas melhores condições para o crescimento mediante clima quente e úmido, com intensa radiação solar. Na fase de maturação e colheita, é melhor um período de restrição hídrica e térmica. No Brasil, em função de sua extensão territorial, existem as mais variadas condições edafoclimáticas e, possivelmente, é o único país que proporciona duas colheitas anuais: de setembro a abril no nordeste, e de maio a dezembro no centro-sul, correspondendo às épocas secas nessas regiões (AFONSI *et al.*, 1987).

A fotossíntese é o processo pelo qual as plantas sintetizam compostos orgânicos a partir de matéria-prima inorgânica, à custa da luz solar. Assim, a energia luminosa é convertida em energia química, que acaba sendo armazenada sob forma de carboidratos. Esse processo consiste na conversão de gás carbônico e água em carboidratos, como a sacarose ou o amido (ANDRADE, 2004).

Silva *et al.* (2007) relatam que as taxas de fotossíntese durante a seca são superiores em híbridos tolerantes em relação aos híbridos suscetíveis durante o período crítico de crescimento da cultura da cana-de-açúcar, e concluíram que as avaliações fotossintéticas durante esta fase do crescimento poderiam ser úteis na identificação de genótipos tolerantes à restrição hídrica.

A viabilidade dos parâmetros para distinguir entre genótipos tolerantes e suscetíveis ao estresse depende da espécie em causa, uma vez que diferentes espécies podem possuir diferentes mecanismos de resistência e/ou tolerância ao estresse (Silva *et al.*, 2007). Dessa maneira, o grau de limitação da produção por ambiente varia entre variedades dentro de uma espécie.

A maturação é o processo fisiológico de transporte de glicose e frutose e armazenamento da sacarose nas células parenquimatosas dos colmos. A concentração de açúcares é maior no sentido da base dos colmos para o ápice e da parte externa dos colmos para a parte interna. A maturação é uma característica inerente à planta, podendo ser estimulada por fatores ambientais e de manejo. De maneira geral, a cana-de-açúcar requer seis a oito meses com temperaturas elevadas, radiação solar intensa e precipitações regulares para que haja pleno crescimento vegetativo, seguidos de quatro a seis meses com estação seca e ou baixas temperaturas, condições estas desfavoráveis ao crescimento e benéficas ao acúmulo de sacarose. Sob condições climáticas favoráveis ao rápido crescimento não há armazenamento significativo dos fotossintetizados inclusive em internódios maduros (CÂMARA, 1993).

O rendimento industrial da cana-de-açúcar é associado ao conteúdo de sacarose no colmo das plantas. Dentre as variáveis fisiológicas que regulam a exportação e fotoassimilados (sacarose) na planta, pode-se citar a atividade fotossintética e a disponibilidade de açúcares para os órgãos drenos. Na cana-de-açúcar, os principais drenos de carboidratos são representados pelo crescimento da área foliar e do sistema radicular, além do próprio acúmulo de sacarose no colmo (DUARTE, 2009).

A sacarose é acumulada em altas concentrações nos entrenós maduros, ao contrário do que acontece em entrenós “jovens” de cana-de-açúcar. Sabe-se ainda que ocorre variação no acúmulo de sacarose ao longo do ciclo de cultivo. Em plantas jovens (com até quatro meses), os carboidratos sintetizados pelas

folhas são direcionados basicamente para o crescimento vegetativo. Por outro lado, plantas maduras (com mais de quatro meses) têm como drenos preferenciais tanto o crescimento vegetativo como o acúmulo de sacarose no colmo, sendo este último evento predominante na fase final de maturação (DUARTE, 2009).

2.1.6 Variedades de cana-de-açúcar

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

Produtividade: Alta produção de fitomassa por unidade de área. Isto é, elevado rendimento agrícola de colmos industrializáveis, em cujas células parenquimatosas são armazenadas 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.

A escolha da variedade da cana-de-açúcar é a etapa mais importante e de menor custo para o produtor, sendo a base que sustenta o alcance dos objetivos listados acima. A escolha da variedade assume papel decisivo na produtividade da cultura e, conseqüentemente, possibilita produzir cana-de-açúcar de qualidade e com menor custo (SILVEIRA *et al.*, 2002). Esta 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 a cana apresentar

características desejáveis como alta produtividade, alto teor de açúcar, rebrota, ausência de tombamento e resistência a pragas e doenças.

As atuais variedades de cana-de-açúcar são formadas, na maioria, por híbridos *interespecíficos*, aos quais foram incorporadas características de tolerância a *doenças* e à *seca*, ao passo que se procurou manter e/ou melhorar as características da espécie *Saccharum officinarum* (GONÇALVES, 2008).

Estudos realizados por Resende e Sobrinho (2000) mostram que somente com a escolha mais adequada 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%. Esses índices podem resultar em um crescimento de 23% na produção de cana t/ha⁻¹ e 77% no teor de sacarose da cana. Esses mesmos autores citam que o uso de pelo menos três variedades de ciclos de maturação diferentes é essencial para a produção com rendimentos satisfatórios e maior lucratividade.

As variedades que possuem a sigla RB (República do Brasil) são produzidas pela rede Interinstitucional de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), formada por Universidades Federais - Ministério da Educação, que foi criada com a finalidade de incorporar as atividades do extinto PLANALSUCAR, e dar continuidade ao desenvolvimento de pesquisas visando à melhoria da produtividade do setor, assim também como o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), com sede em Piracicaba (SP), hoje continua o trabalho da Coopersucar, detentora das variedades com a sigla SP (CTC, 2010).

Segundo Silveira *et al.* (2002), nas regiões mineiras, como Norte de Minas, 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. Essa variedades apresentam uma série de desvantagens sob o aspecto produtivo em relação às variedades modernas, tais como maturação tardia, teor baixo de sólidos solúveis totais, alto

teor de fibra, suscetibilidade a doenças, florescimento e chochamento (isoporização). Por outro lado, faz-se necessária a avaliação dessas variedades, resultantes dos trabalhos de pesquisa, sob as condições locais e dentro de sistemas de produção adequados a cada região.

O produtor Norte-Mineiro, pelas suas características culturais, resiste à entrada de novas variedades de cana-de-açúcar, bem como a 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, dentre elas SP80-1842; SP79-1011 e RB72-454, em substituição de variedades tradicionais de baixas produtividades.

2.1.7 Demanda hídrica 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, é difícil 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 otimizar a eficiência de aplicação da irrigação.

Os dois primeiros estádios são os mais suscetíveis ao déficit hídrico. O terceiro estágio (desenvolvimento) responde à lâmina aplicada, mas o déficit hídrico não causa tantos prejuízos à produtividade quanto os dois primeiros. O quarto estágio (maturação) responde positivamente ao déficit hídrico. Contudo, 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, e da demanda evapotranspirométrica em função do mês e da região (variação temporal e espacial) em geral, tem variado de 2 a 6 mm/dia⁻¹, e a cultura necessita de 250 g de água para formar 1 g de matéria seca (BERNARDO, 2005).

O consumo de água da cultura da cana-de-açúcar varia em função do ciclo da cultura (cana-planta, cana-soca, ressoca, etc.), do estágio de desenvolvimento (ciclo fenológico), das condições climáticas (umidade relativa, temperatura do ar, etc.) e também de outros fatores, como água disponível no solo e variedade da cana-de-açúcar. O consumo anual fica em torno de 1500 a 2500 mm (DOORENBOS; KASSAM, 1994). Ainda não há uma relação precisa entre produção da cana-de-açúcar e consumo de água. Porém, a relação consumo de água e produtividade fica entre 8 a 12 mm.t⁻¹, na maioria das situações.

A irrigação é uma operação agrícola que tem por finalidade suprir as necessidades hídricas das plantas. Essa técnica não funciona isoladamente, mas sim conjugada com outras práticas de manejo da cultura, sendo imprescindível nas áreas áridas e semiáridas, pois nessas regiões a chuva, na maioria das vezes, é insuficiente para o bom desenvolvimento da cultura (SEGATO, 2006).

Um bom programa de irrigação pode beneficiar uma cultura de muitos modos, a saber: aumento de produtividade, permitindo maior eficiência no uso de fertilizantes, fazer um programa de cultivo, isto é, fazer uma escala de colheita, obtendo duas ou mais colheitas, em um só ano, em uma mesma área com o uso intensivo do solo e permitir introduzir culturas caras, minimizando o risco de investimento (BERNARDO *et al.*, 2006).

Matioli *et al.* (1998) definiram os benefícios da irrigação na cultura da cultura da cana-de-açúcar em benefícios diretos e indiretos. Segundo os autores, os benefícios diretos consistem nos aumentos de produtividade agrícola e longevidade das soqueiras, e os benefícios indiretos são aqueles relacionados com a redução de custos no processo produtivo agrícola, proporcionados, por exemplo, pela dispensa de arrendamentos de terras.

O déficit de água no solo causa decréscimo acentuado nas atividades fisiológicas e principalmente no crescimento das plantas. A estimativa da evapotranspiração (evaporação de água da superfície do solo e por transpiração da plantas) e sua acurácia são importantes no gerenciamento dos recursos hídricos e na previsão da produção agrícola.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) pode ser obtida diretamente por meio das variações de armazenamento de água no solo, e indiretamente, utilizando-se modelos de quantificação diária de sua utilização, com seus respectivos coeficientes (DALRI, 2006).

A evapotranspiração de referência (ET_0) pode ser estimada pelo método do tanque classe A que, em virtude do custo relativamente baixo e do fácil manejo, tem sido empregado nos projetos de irrigação. Ele tem a vantagem de medir a evaporação de uma superfície de água livre, associada aos efeitos integrados da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade do ar. A Evapotranspiração de referência é obtida através da seguinte fórmula: $ET_0 = K_p \times ECA$, em que ECA é a evaporação do tanque classe A observada diariamente, em mm; e K_p um coeficiente que ajusta a evaporação para a ET_0 (BERNARDO *et al.*, 2006).

Os valores dos coeficientes de cultura (K_c), nos diversos estádios de desenvolvimento das culturas, são importantes, pois permite converter os valores de ET_0 em ET_c valor fundamental para a realização do balanço hídrico e, conseqüentemente, para o manejo da irrigação (TABELA 2).

No entanto, o que realmente se deseja é a evapotranspiração da cultura, ou seja, a água que realmente foi consumida pela cultura. Esse consumo varia em função do estágio de desenvolvimento da cultura. Assim, a evapotranspiração de referência pelo coeficiente de cultura (K_c). Sendo: $ET_c = ET_0 \times K_c$ (DALRI, 2006).

Para a cana-de-açúcar, existem basicamente quatro formas de aplicação da água, as quais caracterizam os principais sistemas de irrigação: superfície, aspersão, localizada e subsuperfície. Para a escolha do correto sistema, deve-se identificar a aptidão de cada sistema às condições específicas consideradas e, por meio de uma análise técnica e econômica criteriosa, definir o sistema mais recomendável (DALRI, 2006).

TABELA 2. Valores de Kc para a cana-de-açúcar (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

Período de Desenvolvimento	Dias do ciclo	Coefficiente de cultura (Kc)
Do plantio até 25% de cobertura	30-60	0,40-0,60
De 25% a 50% de cobertura	30-40	0,75-0,85
De 50% a 75% de cobertura	15-25	0,90-1,00
De 75% a cobertura completa	45-55	1,00-1,20
Utilização Máxima	180-330	1,05-1,30
Início da Senescência	30-150	0,80-1,05
Maturação	30-60	0,60-0,75

A irrigação por aspersão é o método em que a água é aspergida sobre a superfície do terreno, assemelhando-se a uma chuva, por causa do fracionamento do jato de água em gotas, devido a sua passagem sob pressão através de pequenos orifícios ou bocais. Para tal efeito, a água é conduzida e aplicada às áreas por meio de equipamentos, como motobombas, tubulações e aspersores das mais diversas capacidades e características de fabricação (BERNARDO *et al.*, 2006).

O conhecimento da distribuição da água aplicada e a intensidade de aplicação são fatores muito importantes no planejamento racional de um sistema de irrigação. O teste de uniformidade consiste em colocar coletores em uma

malha de pontos em torno do aspersor ou da linha lateral. Para determinar a qualidade de aplicação da água na irrigação, é comum utilizar coeficientes de uniformidade de distribuição que expressam a variabilidade de aplicação das lâminas de irrigação (VANZELA, *et al.*, 2002).

A eficiência de um sistema de irrigação, definida como a relação entre a quantidade de água armazenada no sistema radicular e a quantidade total derivada da fonte, é um dos parâmetros mais utilizados para avaliar o seu desempenho. Na realidade, a eficiência de um sistema deve levar em conta todas as perdas possíveis, que no sistema de irrigação são: perda por percolação, perda por evaporação e arrastamento pelo vento e perda por vazamento no sistema de condução de água (BERNARDO *et al.*, 2006).

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), sendo a precipitação média anual variando de 800 a 900 mm e com temperatura média anual acima de 24 °C, o uso de variedades tolerantes ao déficit hídrico torna-se uma prática importante para se conseguir boas produtividades (SEBRAE, 2001).

2.2 A Deficiência hídrica em vegetais

Deficit hídrico é definido como todo conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de maior hidratação. Quando o déficit hídrico apresenta evolução suficientemente lenta para permitir mudanças nos processos de desenvolvimento, o estresse hídrico tem vários efeitos sobre o crescimento, um dos quais a limitação da expansão foliar (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A atividade agrícola está exposta a altos riscos de insucessos devido às variações climáticas regionais que ocorrem ao longo dos anos, sendo a principal o estresse abiótico, que em várias partes do mundo é originado pela seca. A falta de água é considerada um dos principais fatores que contribuem para a acentuada distância entre o potencial produtivo das culturas e a produção comumente alcançada. A cana-de-açúcar também é bastante influenciada pelas condições edafoclimáticas. A precipitação, a temperatura, a umidade relativa e a insolação são fatores climáticos importantes na determinação da disponibilidade hídrica e térmica para a cultura (MELO *et al.*, 1998).

O estresse hídrico altera uma série de processos fisiológicos, tais como captura da radiação, temperatura foliar (T_f), condutância estomática, transpiração, fotossíntese e respiração, que, em última instância, determina rendimento do vegetal (SILVA *et al.*, 2007). Todavia, o máximo potencial fotossintético das culturas raramente é alcançado devido a fatores ambientais desfavoráveis, incluindo a seca. Não há processo vital que não seja afetado de alguma forma pelo declínio do potencial hídrico (LARCHER, 2004).

O termo “seca” significa um período sem precipitação apreciável durante o qual o conteúdo de água no solo é reduzido, de forma que as plantas sofrem com a ausência de água. Frequentemente, mas não invariavelmente, o estado de dissecação do solo é acompanhado de forte evaporação causada pela demanda evaporativa do ar e de altos níveis de radiação (LARCHER, 2004). O déficit hídrico na planta ocorre, na maioria das vezes, quando a taxa de transpiração é superior a absorção de água (GONÇALVES, 2008).

O déficit hídrico caracteriza-se como um dos estresses ambientais responsáveis pela perda de pigmentos na folha, fazendo com que o ciclo de vida da planta seja alterado. A deficiência hídrica também resulta em uma diminuição do volume celular, um aumento na concentração e uma progressiva desidratação do protoplasto (LARCHER, 2004).

Normalmente, na região semiárida brasileira a vegetação está condicionada ao déficit hídrico relacionado à seca, em decorrência da irregularidade das chuvas. Analisando esse fator, percebe-se que não é apenas a precipitação que provoca o déficit hídrico, mas também a associação a outros fatores característicos da região, como altas temperaturas associadas à alta intensidade luminosa que provocam uma demanda evaporativa alta e consequente dessecação do solo (TROVÃO *et al.*, 2007).

Em trabalho realizado por Silva *et al.* (2007), utilizou-se de parâmetros fisiológicos para determinação como ferramentas rápidas para selecionar tolerância à seca em oito diferentes genótipos na cultura da cana-de-açúcar. Dentre os parâmetros, utilizou-se o índice SPAD, considerando esta como uma técnica confiável na seleção, tendo a vantagem adicional de serem técnicas não destrutivas, de fácil e rápido emprego. Usou-se um clorofilômetro SPAD-502 (Minolta Corp, Ramsey, NJ, E.U.A.) onde das oito variedades estudadas, 4 apresentaram suscetibilidade e 4 apresentaram tolerância à seca, realizando medições com 0, 45 e 90 dias de restrição hídrica, indicando que o índice SPAD diminuiu progressivamente com a exposição à seca.

A degradação da clorofila é uma das consequências do estresse hídrico que pode resultar da fotoinibição e fotobranqueamento (SILVA *et al.*, 2007), e ainda outros processos de plantas. A divisão celular e expansão celular são os primeiros sinais de déficit hídrico. Silva *et al.* (2007) afirmam que uma diminuição no índice SPAD é sensível e facilmente mensurável característica que poderia ser usada para triagem de tolerância ao estresse hídrico. Segundo Gonçalves (2008), a redução na disponibilidade hídrica do solo causa um decréscimo significativo nos teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas de quatro variedades de cana-de-açúcar, sejam eles medidos pelo clorofilômetro SPAD ou por espectrofotometria.

Silva *et al.* (2007) concluíram que, apesar de outros processos na planta, tais como divisão e expansão celular, responderem primeiro à seca, um declínio no índice SPAD é uma medida rápida e sensível, que pode ser usada como ferramenta para seleção de tolerância a estresses.

Para Costa *et al.* (2007), praticamente inexistem trabalhos específicos sobre o efeito dos períodos de déficit hídrico sobre a produtividade e/ou mesmo a qualidade da cana-de-açúcar.

2.2.1 Indicadores fisiológicos

2.2.1.1 Índice SPAD

As clorofilas são pigmentos responsáveis pela captura de luz usada na fotossíntese, encontram-se nas membranas dos tilacoides dos cloroplastos. Elas são essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH. Assim, as clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, com seu crescimento e adaptabilidade aos diferentes ambientes (JESUS *et al.*, 2006).

A determinação do teor de clorofila por meio do clorofilômetro ou simplesmente SPAD (soil plant analysis development) tem surgido como um método alternativo aos procedimentos convencionais. Trata-se de um instrumento portátil que mede o grau de enverdecimento da planta em unidades SPAD (SALLA *et al.*, 2007).

Os valores de SPAD refletem os teores relativos de clorofila e são calculados a partir de uma certa quantidade de luz emitida pelo instrumento e refletida pela folha. O clorofilômetro possui diodos que emitem energia radiante no comprimento de onda 650 nm (vermelho) e 940 nm (infravermelho). Os valores de SPAD são calculados com base na quantidade de luz transmitida pelas folhas nessas duas regiões de espectro eletromagnético (vermelho e

infravermelho) nas quais a absorvância da clorofila é diferente. A luz que atravessa a folha é recebida por um receptor que converte a luz transmitida em sinais elétricos os quais são finalmente convertidos em sinais digitais (os valores de SPAD).

O uso desse medidor oferece algumas vantagens, visto que, atualmente, como parte da agricultura de precisão, é necessário o sensoriamento em tempo real do estado de nutrientes da planta. Por ser portátil e de fácil manuseio, possibilita economia de tempo e dinheiro, já que não há necessidade de mandar as amostras ao laboratório, além de ser uma técnica não destrutiva e que permite a amostragem de tantas vezes quantas necessárias, sem a destruição do limbo foliar (MINOLTA CÂMERA; 1989).

A medição do teor de clorofila pode ser usada para revelar informações sobre os estádios de desenvolvimento de plantas para comparar genótipos e é usada também para investigar danos causados no aparato fotossintético por diversas causas de estresses. Essa variável é uma significativa informação da eficiência fotoquímica do processo fotossintético (VIANA, 2007).

2.2.1.2 Temperatura foliar

A temperatura (T) tem grande influência nas trocas gasosas das plantas, afetando diretamente a fotossíntese e a respiração. A resposta da assimilação líquida de CO₂ nas folhas, devido à variação da T, pode ser expressa através de uma função de segundo grau, onde após a temperatura ótima, acréscimos de T representarão uma diminuição desta taxa de assimilação líquida (TRIBUZY, 2005).

Todos os organismos interagem com o seu ambiente físico através das trocas de energia. A temperatura é de fundamental importância afetando toda a atividade metabólica das plantas, sendo um dos principais fatores que

determinam a distribuição das espécies de plantas nos diferentes ecossistemas do mundo. O estabelecimento das espécies de plantas depende diretamente de fatores como a temperatura mínima, média e máxima (TRIBUZY, 2005).

A temperatura do dossel é um dos indicadores das interações entre biosfera e ambiente, pois integra todos os mecanismos de absorção e dissipação de energia que atuam na zona do dossel florestal. A temperatura foliar (T_f) resulta de como a planta, com suas características fitotécnicas e fisiológicas, consegue controlar o balanço de energia absorvida, o fluxo de calor sensível, o fluxo de calor latente ou alguma combinação destes fatores, conforme aponta Tribuzy (2005).

Segundo o autor, a temperatura da planta é um parâmetro com o qual se pode inferir sobre seus processos fisiológicos. Assim, quando a T_f fica mais elevada, próxima da temperatura letal, a capacidade de dissipação de energia da folha pode significar a diferença entre a manutenção ou paralisação dos processos ou até mesmo a destruição dos tecidos. Pequenas diferenças de temperatura dos órgãos podem fazer grandes diferenças sobre taxas fotossintéticas, respiratórias e outras atividades bioquímicas da folha da planta, podendo significar a preservação ou a extinção de uma espécie (TRIBUZY, 2005). Frequentemente, a radiação solar nas regiões tropicais eleva a T_f no meio do dia a valores maiores que 40 °C, onde a T_f e a temperatura do ar (T_a) podem exceder normalmente 7 °C de diferença (TRIBUZY, 2005).

A assimilação de CO_2 nas plantas dos trópicos é o resultado final de um conjunto de processos que são regulados por fatores intrínsecos e extrínsecos à planta. As altas temperaturas foliares têm sido apontadas por muitos autores como o principal fator que afeta a fixação de carbono nas diversas etapas do processo. A fotossíntese é um dos processos fisiológicos mais sensíveis ao calor, visto que temperaturas entre 35 e 45 °C tendem a inibir a taxa fotossintética,

embora as plantas apresentem consideráveis amplitudes entre suas temperaturas ótimas e seus limites toleráveis (TRIBUZY, 2005).

Nas situações mais extremas, dependendo da quantidade de calor na folha e quanto tempo este indivíduo é exposto, a temperatura pode causar danos na maquinaria fotossintética, tanto a nível enzimático, desestruturando ou desnaturando as enzimas envolvidas no processo de fixação do CO₂, como no nível dos fotossistemas, ocasionando a fotoinibição ou fotodestruição (TRIBUZY, 2005).

2.3 Indicadores fitotécnicos

A biometria consiste em um método de avaliar o desenvolvimento vegetativo da cultura de cana-de-açúcar, em que são avaliados: a altura, o diâmetro do colmo de cana e a produção total. Os programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar utilizam-se desta ferramenta na comparação de genótipos nos processos de seleção varietal (LANDELL e BRESSIANI, 2008).

De acordo com Carlin (2005), os parâmetros biométricos permitem a estimativa de produtividade agrícola. Consideram-se como indicadores da produtividade da cana-de-açúcar o diâmetro, altura dos colmos e a densidade dos colmos. Todos eles são caracteres governados geneticamente que, porém, estão sujeitos à influência ambiental.

O colmo é cilíndrico, ereto, fibroso e constituído de nós e internódios; a altura varia de um a cinco metros; e o diâmetro pode variar desde menos de dez milímetros até cinquenta milímetros (ASSIS, 2004).

2.4 Indicadores agroindustriais

O grau brix tem sido muito utilizado na literatura técnica como indicador do teor de açúcares na cana-de-açúcar. Outros sólidos solúveis não açúcares, como aminoácidos, gorduras, ceras, matérias corantes, ácidos orgânicos e sólidos inorgânicos (SiO_2 , K_2O , CaO , MgO , Cl , P_2O_5 , SO_3 , Na_2O), além da sacarose, são mensurados pela técnica do brix (THIAGO, 2008).

O brix é medido primeiramente no campo com refratômetro, pela leitura direta do caldo extraído dos colmos amostrados do talhão. Apesar da sua utilidade, o grau brix não deve ser tomado como ponto de referência exata da maturidade da cana, pois não mede apenas o teor de sacarose. Além disso, o grau brix pode variar de acordo com a parte do colmo analisada (THIAGO, 2008).

A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima industrial pode ser definida por uma série de características da própria planta, alteradas pelos manejos agrícolas e industriais, que definem seu potencial para produção de açúcar e álcool. Sob os aspectos tecnológicos, os colmos são constituídos de caldo e de fibra (CARLIN, 2005).

A Fibra é a porção do colmo da cana-de-açúcar insolúvel em água, incluindo toda a matéria estranha que acompanha os colmos (CARLIN, 2005). A quantidade de fibra na cana-de-açúcar tem influência direta no processo de moagem, uma vez que se tem que uma porcentagem de fibra muito alta significa uma baixa quantidade de caldo extraído e, conseqüentemente, baixa produção de açúcar. Por outro lado, como a fibra é utilizada para a produção de energia na queima das caldeiras, uma porcentagem muito baixa requer um custo de energia mais elevado no processo (CARLIN, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, em Janaúba – MG (“43°16’18,2” W e “15°49’51,5” S e 520 metros de altitude). Situada no Distrito de Irrigação do Gorutuba - DIG. O relevo é denominado por superfícies planas que encaminham na direção do Rio São Francisco. O solo foi classificado como latossolo vermelho amarelo distrófico. 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 clima é Aw segundo classificação climática de Koppen (DUARTE, 2009).

3.2 Instalação e condução do experimento

A partir da amostragem de solo realizaram-se as análises químicas, sendo as plantas adubadas de acordo recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais (1999). No preparo do solo, realizou-se uma aração, seguida de duas gradagens e uma sulcagem. O plantio ocorreu no dia 17 de novembro de 2009, utilizando espaçamento de 1,4 metro entre linhas.

No plantio foram aplicados 670 kg ha⁻¹ de super simples, 100 kg ha⁻¹ de KCl e 60 Kg ha⁻¹ de Ureia. Não houve necessidade de calagem em virtude do cultivo anterior, quando a área foi corrigida.

O resultado da análise química encontra-se na tabela 3.

TABELA 3. Resultados da análise química do solo da área experimental, realizada em novembro de 2007. UNIMONTES, Janaúba – MG, 2010

Camada (cm)	pH H ₂ O	Ca ⁺¹	Mg ⁺²	H+Al ⁺³	Al ⁺³	SB	T	V (%)	P (mg/dm ³)	K ⁻ (mg/dm ³)
		(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

SB= Soma de bases; T= capacidade de troca catiônica a pH 7; V= Saturação por bases

Cada variedade foi plantada em parcelas com três linhas de três metros de comprimento, sendo a linha do centro utilizada para a coleta dos dados fisiológicos. A área de cada parcela constou de 12,6 m², a área do bloco de 37,8 m² e área total do experimento de 1239 m².

A adubação de cobertura ocorreu aos 100 dias após o plantio (DAP), aplicando-se 400 kg ha⁻¹ do fertilizante N: P: K (20-00-20).

Na distribuição das mudas, considerou-se a densidade de 12 a 14 gemas por metro quadrado, sendo os toletes de três a quatro gemas, plantados a 35 cm de profundidade, e cobertas com 5 a 8 cm de solo.

A área experimental foi mantida livre da competição por plantas invasoras por meio de capina manual. Os demais tratos culturais como controle de doenças e pragas foram feitos de acordo com a necessidade da cultura.

O croqui da área experimental encontra-se em anexo.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi disposto em delineamento em blocos casualizados (DBC), no esquema de parcelas subdivididas, tendo seis tratamentos sendo três variedades x duas condições hídricas, com quatro repetições.

3.3.1 Variedades

As variedades cultivadas foram: RB 72 – 454, SP 79 – 1011 e SP 80 – 1842 cujas principais características estão apresentadas na tabela 4.

TABELA 4. Principais características das variedades pesquisadas (FERNANDES, 2005).

VARIIDADE	CARACTERÍSTICAS
SP 80-1842	Variedade de maturação precoce, boa produção agrícola com média de 97 t/ha, excelente produção industrial.
SP 79-1011	Variedade média, produção agrícola com média de 84 t/ha e com industrial considerada excelente, brotação de soqueira muito boa, exigência em solo médio.
RB 72-454	Variedade Tardia, destaca-se por apresentar produtividade alta em cana-planta com média de 129,9 t/ha, rendimento agroindustrial alto, exigência em fertilidade do solo baixa.

As mudas foram oriundas do jardim varietal do Instituto Federal de Educação Tecnológica do Norte de Minas, Campus Salinas-MG, IFET-MG.

3.3.2 Condições hídricas de cultivo

O experimento consistiu de duas condições hídricas, sendo uma com irrigação plena e outra sem irrigação. Nos blocos irrigados utilizou-se o sistema de aspersão convencional com dois aspersores modelo Midí, instalados a três

metros de altura do solo, com a vazão de 2280 L h⁻¹ e espaçados 16 metros um do outro. A lâmina total aplicada foi de 480 mm.

O manejo da irrigação foi monitorado com base na evapotranspiração de referência obtida diariamente através do tanque Classe A, a partir de dados fornecidos pela unidade da EPAMIG Norte de Minas em Nova Porteirinha-MG. O turno de rega foi de dois dias.

Para verificação quinzenal da tensão de água no solo, foram utilizados oito sensores capacitivos de detecção da tensão de água do solo da marca Watermark (30-KTCD-NL Leitura Digital (Dimensões: 70 x 120 x 25 mm)), sendo instalados quatro sensores em cada condição hídrica em que dois ficaram a 40 cm de profundidade e os dois a 80 cm de profundidade.

Foram verificados o CUD (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição) e o CUC (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) com a instalação de coletores de água em vários pontos da área, visando a quantificar a lâmina de água que efetivamente foi aplicada pelo sistema de irrigação que apresentaram os valores de 48% e 45% respectivamente. Apesar dos baixos valores de uniformidade apresentados, todas as parcelas estiveram dentro da lâmina de irrigação.

Outras parcelas experimentais com as mesmas dimensões e variedades foram implantadas, sendo as plantas cultivadas sem complementação por irrigação.

3.4 Indicadores analisados

Os indicadores avaliados encontram-se na Tabela 5.

TABELA 5. Planejamento das análises.

INDICADORES	DADOS COLETADOS
Fisiológicos	-Índice SPAD, Temperatura Foliar
Fitotécnicas	-Altura das plantas, Diâmetro dos colmos. Produtividade Total
Agroindustriais	-º Brix e % Fibra
Tensão de água no solo	-Kpa

A amostragem das variáveis fisiológicas foi realizada a partir da parte mediana da Folha 2+ (a primeira folha mais jovem completamente desenvolvida), conforme demonstra o esquema apresentado pela Figura 03.

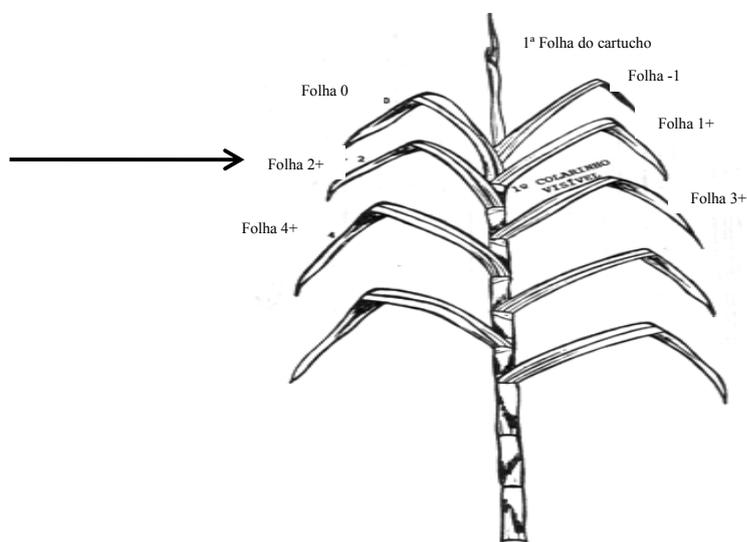


FIGURA 3. Numeração de folhas em cana-de-açúcar no sistema estabelecido por Gonçalves (2008).

3.4.1 Índice SPAD

Utilizou-se o clorofilômetro SPAD-502 (Minolta Corporation, Ramsey, USA), sendo as médias obtidas de cinco leituras da parte mediana das folhas 2+ das plantas principais de cada parcela, segundo a metodologia estabelecida por Gonçalves (2008).

3.4.2 Temperatura foliar

A temperatura foliar foi medida com o termômetro portátil infravermelho (Modelo OS530HR, Omega Engineering Inc., Stamford CT, E.U.A.) com emissões fixadas em 0,95 nm. Durante cada medição, utilizaram-se

as folhas posicionadas ao sol para evitar os efeitos da sombra, segundo a metodologia estabelecida por Silva *et al.* (2007).

3.4.3 Altura das plantas

A altura das plantas foi obtida com o auxílio de uma régua de quatro metros de altura, medindo-se o comprimento da base até o ápice da planta. Foram utilizadas três plantas por parcela, sendo considerado o valor médio conforme metodologia estabelecida por Fernandes (2005).

3.4.4 Diâmetro médio dos colmos

O diâmetro médio dos colmos foi mensurado com o auxílio de um paquímetro com graduação em mm. As leituras foram realizadas no centro do segundo entrenó localizado na base do colmo. Em cada observação, três leituras foram realizadas, considerando o valor médio, conforme metodologia estabelecida por Fernandes (2005).

3.4.5 Produtividade total

A produtividade total ($t\ ha^{-1}$) foi considerada a soma dos pesos dos colmos, das pontas e das folhas, de toda a parcela, conforme metodologia estabelecida por Fernandes (2005).

3.4.6 °Brix no caldo da cana

Foram realizados no laboratório da destilaria Coagro, empresa da Companhia Italmagnésio em Indaiabira-MG. Após coletados três colmos aleatórios da parcela seguida de extração do caldo, foi utilizado um refratômetro

digital, com correção automática de temperatura e resolução máxima de 0,1° Brix (um décimo de grau brix), sendo o valor final expresso a 20 °C (CONSECANA, 2006).

3.4.7 Fibra

Para a análise do percentual de fibra, foram utilizados três colmos aleatórios da parcela seguida de extração do caldo e posterior secagem em estufa a 120 °C por 30 minutos para 100 gramas de amostra (CONSECANA, 2006). Esta análise também foi realizada no laboratório da Destilaria Coagro.

A fibra da cana (F) foi calculada pela equação:

$$F = [(100 \times \text{PBS}) - (\text{PBU} \times B)] \div [5 \times (100 - B)]$$

Onde:

PBS = peso do bagaço seco;

PBU = peso do bagaço úmido;

B = brix do caldo.

3.5 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas entre si pelo teste Tukey, com $P \leq 0,05$. As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o programa para Análises Estatísticas SISVAR (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 6 apresenta os dados de pluviosidade, temperatura e Umidade relativa do ar durante o experimento. A pluviosidade e a umidade relativa do ar estiveram abaixo da média anual, porém a temperatura esteve acima.

TABELA 6. Precipitação, temperaturas do ar, máximas e mínimas, e umidade relativa do ar, durante o período experimental em Janaúba-MG.

Mês	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)	U.R do ar (%)
Novembro/09	253,80	28,05	60,33
Dezembro/09	207,00	26,35	71,52
Janeiro/10	17,40	27,75	61,03
Fevereiro/10	51,00	27,62	62,00
Março/10	152,40	26,40	75,10
Abril/10	17,40	26,75	63,50
Mai/10	11,20	26,28	61,13
Junho/10	0,00	24,06	59,36
Julho/10	0,00	23,06	58,58
Agosto/10	0,00	23,60	51,81
Setembro/10	0,50	25,42	51,27
Total	710,70		
Média		25,94	61,42

Fonte: EPAMIG Nova Porteirinha, 2010.

Na figura 4, pode-se observar que a tensão de água no solo elevou-se primeiramente na condição sem irrigação. De acordo com a figura, nota-se a elevação da tensão da água no solo a partir do mês de abril. Esse fato pode ser explicado pela tabela 6, onde se verifica a diminuição do índice pluviométrico em relação ao mês de março. A tensão de água no solo da condição irrigada elevou-se quando foi realizado o corte gradativo da irrigação durante o estágio de maturação da cultura.

Pode-se constatar também a elevação da tensão de água no solo, primeiramente, dos sensores que estavam a 40 cm de profundidade, em relação os sensores que estavam a 80 cm de profundidade nas duas condições. Esta observação pode ser justificada pelas altas temperaturas médias apresentadas pela tabela 5, em que a camada mais superficial está exposta. Segundo Bernardo (2006), a camada mais superficial tende a apresentar também um menor potencial hídrico devido à água ser drenada para as camadas mais profundas do sistema radicular.

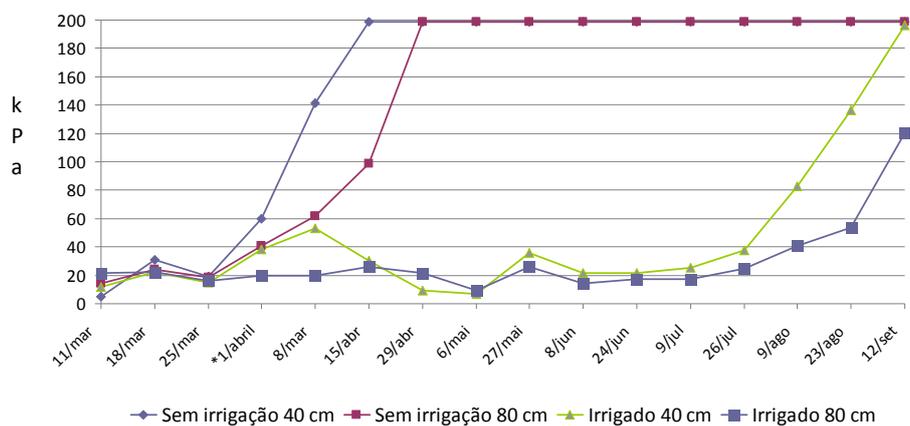


FIGURA 4. Tensão de água no solo (-kPa) durante o desenvolvimento da cana-de-açúcar cultivada com e sem irrigação.

4.1 Indicadores fisiológicos

Pelo quadro da análise de variância, foi observada diferença entre as fontes de variação para as médias dos indicadores fisiológicos (TABELA 7).

TABELA 7. Resumo das análises de variâncias para o Índice SPAD e temperatura foliar (Tf) em três variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob as condições irrigadas e não irrigadas. UNIMONTES, Janaúba, MG, 2011.

F.V.	QUADRADOS MÉDIOS	
	Índice SPAD	Temp. Foliar
CONDIÇÃO	565,28*	67,42 *
VARIEDADE	68,20*	0,072 n.s
CONDIÇÃO *VARIED	47,76*	0,073 n.s
C.V. 1 (%)	12,27	5,71
C.V. 2 (%)	4,66	1,46
Média Geral	39,59	24,43

*, ns : significativo e não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F respectivamente.

4.1.1 Índice SPAD

Para os valores SPAD, houve diferença significativa para as condições hídricas, entre as variedades e na interação entre as mesmas (TABELA 7).

De maneira geral, a baixa disponibilidade hídrica do solo fez com que houvesse decréscimo no índice SPAD nas variedades cultivadas na condição sem irrigação (TABELA 8). O decréscimo médio do valor SPAD entre as

condições de irrigação e sem irrigação foi de 21,84%, apresentando diferença estatística. A redução mais acentuada foi observada na variedade SP 80-1842, que diferiu estatisticamente das demais variedades, com média de 34% da condição irrigada para a condição não irrigada. Somente a variedade SP 79-1011 não apresentou interação significativa entre as condições hídricas.

TABELA 8. Índice SPAD em variedades de cana-de-açúcar em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG

Condição	Variedades			Média
	RB 72-454	SP 79-1011	SP 80-1842	
Irrigada	45,69 Aa	43,99 Aa	43,66 Aa	44,45
Não irrigada	36,61 Ba	38,82 Aa	28,79 Bb	34,74
Média	41,15	41,41	36,22	

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observando a Tabela 8, nota-se que para a condição não irrigada, a variedade SP 79 1011 apresentou dentre as demais variedades o maior índice SPAD, com média de 38,82, sendo a única que não diferiu da condição irrigada.

Na mesma Tabela, verifica-se que a variedade SP 80-1842 apresentou os menores valores SPAD em relação às demais variedades, existindo diferença estatística desta variedade para as demais.

Gonçalves *et al.* (2008), em trabalho semelhante, também registraram a variedade SP 79-1011 dentre as variedades com maior índice SPAD em

condição de estresse hídrico, e também a variedade RB 72-454 com maior Índice SPAD em condições de conforto hídrico.

Resultados similares nas leituras do SPAD-502 também foram encontrados por O'Neill *et al.* (2006) em híbridos de milho suscetíveis à seca, com uma redução média de 7,8%. Os mesmos autores verificaram que, apesar de outros processos na planta, tais como divisão e expansão celular responderem primeiro à seca, o índice SPAD é uma medida rápida e sensível que pode ser usada como uma das ferramentas para seleção de tolerância a estresses em geral.

Silva *et al.* (2007) também encontraram reduções significativas no índice SPAD ao estudarem oito genótipos de cana-de-açúcar, sendo quatro tolerantes e quatro suscetíveis à seca em condições de campo, nos Estados Unidos. Aos 45 dias após início dos tratamentos de irrigação plena e restrição hídrica (225 dias do plantio), as reduções nos valores de leitura SPAD-502 foram significativas apenas nas variedades suscetíveis (média de 14,1%), enquanto que aos 90 dias, reduções significativas foram encontradas tanto em um dos genótipos tolerantes como em todos os genótipos suscetíveis à seca, sendo as reduções de 12,5 e 19,4%, respectivamente.

O déficit hídrico pode afetar a concentração de pigmentos com consequente redução na capacidade fotossintética. Assim, a degradação da clorofila é uma das consequências da restrição hídrica, resultando em fotoinibição contínua e fotoclareamento (LONG *et al.*, 1994).

Ao analisar as respostas das variedades quanto às leituras do SPAD em função do estresse hídrico aplicado, verificou-se que a variedade SP 79-1011 não diferiu estatisticamente nas diferentes condições hídricas, podendo ser um indicativo importante, pois poderá aumentar suas eficiências na absorção de radiação solar e, por conseguinte, maiores taxas de fotossíntese em condição de restrição hídrica.

Esse resultado mostra a capacidade dessa variedade em manter o Spad, mesmo sob condições restritivas de água.

4.1.2 Temperatura foliar

Para a temperatura foliar, foi constatada diferença significativa somente para as condições hídricas, não havendo diferença entre as variedades e na interação entre elas (TABELA 7).

Houve aumento significativo da temperatura foliar na condição sem irrigação (26,11 °C) em relação à condição irrigada (22,76 °C), como se observa na Tabela 9.

TABELA 9. Temperatura foliar (°C) em três variedades de cana-de-açúcar em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG.

Condição	Variedades			Média
	RB 72-454	SP 79-1011	SP 80-1842	
Irigada	22,85 Bb	22,75 Bb	22,67 Bb	22,76
Não irrigada	26,20 Aa	25,92 Aa	26,22 Aa	26,11
Média	24,52	24,33	24,45	

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve diferença entre todas as variedades para as diferentes condições hídricas de cultivo.

Os dados encontrados assemelham-se aos resultados de Silva *et al.* (2007) ao constatarem que variedades de cana-de-açúcar, sob condições de

restrição hídrica, também apresentaram elevada temperatura foliar em relação a variedades cultivadas com irrigação.

Os mesmos autores realizaram estudos em variedades de cana-de-açúcar susceptíveis e tolerantes ao déficit hídrico, cuja temperatura foliar das plantas cultivadas sem irrigação foi em média 4 °C maior em relação àquelas cultivadas sob conforto hídrico.

Para Pereira e colaboradores (2002), quando a quantidade de água não atende à necessidade hídrica da cultura, desenvolve-se um estresse hídrico que afeta negativamente o crescimento e, por fim, o rendimento final da cultura, já que causa o fechamento dos estômatos e a diminuição da fotossíntese em adaptação à escassez de água

Embora esta resposta fisiológica à restrição hídrica possa ajudar a evitar o déficit de água em níveis letais para a planta, pode também, em temperaturas elevadas, diminuir a concentração de CO₂ na câmara subestomática, resultando na redução da capacidade fotossintética devido ao aumento da fotorrespiração. Outros fatores como danos nas estruturas dos fotossistemas I e II, e na enzima de carboxilação podem contribuir com a efetiva diminuição da assimilação líquida (TRIBUZY, 2005).

A diminuição da temperatura foliar em condições de cultivo irrigadas é resultado da condição de conforto hídrico que proporciona mecanismos mais favoráveis à manutenção de um bom status hídrico e, portanto, permitindo a abertura estomática. Como consequência, o fluxo CO₂ para os cloroplastos pode ser sustentado durante mais tempo, permitindo assim uma maior taxa fotossintética e, finalmente, os rendimentos das culturas (KUMAR, 2005).

Todas as variedades foram semelhantes quanto à temperatura foliar, porém o uso da irrigação apresentou diferença significativa, indicando esta ser mais uma vantagem para a cultura.

4.2 Indicadores fitotécnicos

Foi observada diferença entre as fontes de variação das médias para os indicadores fitotécnicos (TABELA 10).

TABELA 10. Resumo da análise de variância para altura das plantas, diâmetro do colmo e produtividade final. UNIMONTES, Janaúba, MG, 2011.

F.V.	QUADRADOS MÉDIOS		
	Altura das Plantas	Diâmetro dos colmos	Produtividade Final
Condição	1,022 *	39,30 n.s	62067,51 *
Variedade	0,48*	58,57*	5045,44 *
Condição *Varied	0,086 n.s	14,09 n.s	2797,15 *
C.V. 1 (%)	7,14	11,73	48,90
C.V. 2 (%)	8,22	7,68	18,29
Média Geral	3,26	30,72	130,68

*, ns : significativo e não a 5% de probabilidade pelo teste F respectivamente.

4.2.1 Altura das plantas

Foi constatada diferença significativa entre as condições hídricas e entre as variedades, não havendo diferença significativa para a interação entre elas (TABELA 10).

As plantas da condição irrigada alcançaram altura média de 0,41 metro acima em relação à altura média das plantas da condição sem irrigação. Dentre as variedades, a RB 72-454 e SP 80-1842 apresentaram as maiores alturas

médias sendo que a variedade RB 72-454 difere da variedade SP 79-1011 (TABELA 11).

TABELA 11. Altura das plantas (m) de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG.

Condição	Variedades			Média
	RB 72-454	SP 79-1011	SP 80-1842	
Irigada	3,67 Aa	3,19 Aa	3,53 Aa	3,46
Não irrigada	3,38 Aa	2,89 Aa	2,88 Ba	3,05
Média	3,52	3,04	3,20	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Somente a variedade SP 80-1842 obteve diferença significativa entre as condições hídricas. Assim como na condição irrigada, a variedade RB 72-454 também apresentou maior altura média com 3,38 metros na condição não irrigada.

Dentre as variedades, a SP 79-1011 apresentou a menor altura média na condição irrigada com 3,19 metros, e a variedade SP 80-1842 revelou a menor altura na condição não irrigada com 2,88 metros.

Em trabalho semelhante, Fernandes (2005) também observou diferenças entre as variedades testadas, onde novamente a variedade RB 72-454 alcançou a maior altura média dentre as demais variedades.

Estes resultados confirmam os encontrados por Barbosa (2005), que verificou altura superior a dois metros no final do ciclo da cultura em estudos de

variedades de cana-de-açúcar sob diferentes regimes de irrigação. Esse autor constatou que a disponibilidade de água no solo foi o fator responsável pela maior alongação dos entrenós.

Segundo Silva *et al.* (2008), a variação na altura da planta é um indicativo de tolerância ou suscetibilidade da cana-de-açúcar ao deficit hídrico.

Begnini (2009) avaliando características morfológicas de nove variedades, dentre elas a altura de plantas, encontrou altura média de 3,05 m, semelhante aos valores encontrados na condição sem irrigação deste trabalho. Segundo o autor, embora possa configurar maior produtividade, aumenta-se o risco de acamamento.

Oliveira *et al.* (2010), analisando onze variedades de cana-de-açúcar sob irrigação na região litorânea do nordeste, também registraram alturas elevadas para a variedade RB 72-454, superiores a 3,50 metros, em relação à variedade SP79-1011 com média de 2,58 metros. O baixo crescimento em altura obtido para a variedade SP79-1011, com uso da irrigação, também foram verificados por Carvalho *et al.* (2009) na zona canavieira da Paraíba, ao registrar alturas médias de 2,21 metros.

Para Gava *et al.* (2001), a avaliação de variáveis fitotécnicas da planta, como altura e diâmetro, tem mostrado correlação da capacidade produtiva de diferentes variedades e a investigação dos efeitos do manejo da cultura.

Nessa variável, pode-se observar a grande influência do uso da irrigação para a variedade SP 80-1842, que apresentou incremento significativo na altura média entre as condições hídricas de cultivo.

4.2.2 Diâmetro do colmo

Para a variável diâmetro do colmo, somente houve diferença significativa entre as variedades, não havendo diferença entre as condições hídricas e na interação entre as mesmas (TABELA 10).

Os resultados de diâmetro dos colmos nas três variedades de cana-de-açúcar estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 12. Diâmetro do colmo (mm) de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG.

Condição	Variedades			Média
	RB 72-454	SP 79-1011	SP 80-1842	
Irrigada	30,96 Ab	35,96 Aa	29,07 Ab	32,00
Não irrigada	27,03 Ab	31,71 Aa	29,57 Aab	29,44
Média	29,00	33,83	29,32	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quanto a essa variável, observa que a utilização da irrigação não ocasionou aumento significativo no diâmetro médio, sendo apenas influência da variedade.

Tanto na condição de irrigação como na condição sem irrigação, a variedade SP 79-1011 obteve o maior diâmetro do colmo com 35,96 e 31,71 mm, respectivamente. Na condição de irrigação, o menor diâmetro do colmo foi da variedade SP 80-1842 com 29,07 mm; mas na condição sem irrigação, o

menor diâmetro foi para a variedade RB 72-454 com 27,03 mm conforme pode-se observar na Tabela 12.

Resultados similares foram obtidos por Fernandes (2005) e Barbosa (2005) que analisaram diâmetro de colmo de cinco variedades de cana-de-açúcar, onde a variedade SP 79-1011 também diferiu estatisticamente das demais.

Silva (2007), ao avaliar o diâmetro do colmo em sete variedades na região nordeste, dentre elas as variedades RB72454 e SP 79-1011, constatou que na primeira fase de crescimento, o aumento no diâmetro do colmo foi rápido e constante, diminuindo, contudo, na segunda fase.

Pedrosa (2005) também registrou diferenças significativas no diâmetro do colmo para a variedade SP 79-1011, com média de 25,3 mm, sendo superior ao cultivo sob sequeiro.

Dias (2006), avaliando variedades de cana-de-cana-de-açúcar, encontrou média de 29,7 mm de diâmetro para cana irrigada no norte de Minas.

Segundo Taupier e Rodrigues (1999), o diâmetro pode variar desde 10 mm até 50 mm.

Para Balsalobre (1999), as características fitotécnicas são utilizadas no melhoramento genético visando a aumentar a produção e o valor nutricional e evitar perdas facilitando a colheita.

A altura do colmo tem correlação positiva com o seu peso, mas possui correlação negativa com o diâmetro; fato que pode ser observado neste trabalho onde a variedade SP 79-1011, mesmo tendo apresentado o maior diâmetro, obteve a menor altura dos colmos, dentre as variedades estudadas.

4.2.3 Produtividade total

Na avaliação da produtividade total, houve diferença significativa entre condições hídricas de cultivo, entre as variedades e diferença na interação entre as mesmas (TABELA 10).

Como pode ser verificado na Tabela 13, houve tendência de superioridade de produtividade da variedade SP 80-1842, seguida também da variedade RB 72-454.

A produtividade da condição irrigada foi aproximadamente 56% superior em relação à condição não irrigada (TABELA 13).

TABELA 13. Produtividade total ($t\cdot ha^{-1}$) de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG

Condição	Variedades			Média
	RB 72-454	SP 79-1011	SP 80-1842	
Irrigada	188,15 Aa	137,20 Ab	219,27 Aa	181,54
Não irrigada	97,00 Ba	66,47 Aa	76,02 Ba	79,83
Média	142,57	101,83	147,65	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Somente a variedade SP 79-1011 não apresentou diferença entre as condições hídricas, diferentemente das demais variedades que tiveram grandes ganhos de produtividade com o incremento da irrigação, onde a variedade SP 80-1842 obteve diferença de 143,07 t/ha entre a condição irrigada para a condição sem irrigação.

Estes resultados corroboram os relatados por Barbosa (2005) que, em trabalho similar a este, houve destaque na produtividade total para a variedade SP 80-1842 na condição irrigada e destaque para a variedade RB 72-454 na condição não irrigada. Também esse autor encontrou produtividade média da condição irrigada de 59,7 t ha⁻¹ mais elevada que a condição não irrigada.

Ao avaliarem a variedade RB 72-454 em dois tipos de solo, Maule *et al.* (2001) obtiveram uma produtividade total entre 166 e 207 t ha⁻¹. A elevada produtividade é característica genética da variedade RB 72-454 que, relacionada com fatores de produção, como solo e disponibilidade de água ao longo do ciclo, aumentaria a produtividade.

Almeida *et al.*(2008) avaliaram a produção de quatro variedades, dentre elas a SP 79-1011 que apresentou a menor produtividade dentre as demais.

Para Darli (2006), o uso da irrigação propicia aumento de produção de uma cultura. A amplitude de variação de produtividade das cultivares também foi constatada por Dias *et al.*,(1999) que relataram que em ambientes (solo e clima) mais favoráveis ao desenvolvimento vegetal, o potencial genético de cada cultivar é mais evidenciado.

Independente da condição hídrica, as produtividades das variedades RB 72-454 e SP 80-1842 se equivaleram, superando a produtividade total da variedade SP 79-1011. Dessa forma, o uso da irrigação proporcionou ganhos significativos somente para as variedades RB 72-454 e SP 80-1842.

4.3 Indicadores agroindustriais

Pela análise de variância, foi observada diferença entre as fontes de variação das médias para os indicadores Agroindustriais (TABELA 14).

TABELA 14. Resumo da análise de variância referente ao ° brix e ao % fibra. UNIMONTES, Janaúba, MG, 2011.

F.V.	QUADRADOS MÉDIOS.	
	° Brix	% Fibra
Condição	17,90 *	5,69 *
Variedade	20,69*	20,55*
Condição *Varied	0,13 n.s	0,18 n.s
C.V. 1 (%)	5,41	1,87
C.V. 2 (%)	7,04	8,45
Média Geral	23,31	12,70

*, ns: significativo e não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F respectivamente.

4.3.1 °Brix

Na avaliação do grau Brix, houve diferença significativa entre condições hídricas de cultivo e entre as variedades, não havendo diferença na interação entre as mesmas (tabela 14).

Não houve diferença significativa na interação entre as variedades e as condições hídricas.

Estes valores de °brix indicam a boa quantidade de acúmulo de sacarose destas variedades, pois apresentam valores acima de 21 °Brix, chegando até 26 °Brix, sendo que segundo Segato *et al.*, (2006), a partir de 18° Brix é considerado satisfatório tendo um bom aproveitamento do caldo para a indústria sucroalcooleira.

A variedade SP 79-1011 apresentou o maior grau brix, com o valor médio de 25,15, diferindo das demais variedades a RB 72-454 e a SP 80-1842 com o brix médio de 22,16 e 22,62 respectivamente (TABELA 15).

Houve discrepância entre as condições de cultivo para o °Brix, da condição não irrigada para a condição irrigada, indicando diferença significativa para as mesmas.

TABELA 15. °Brix de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG

Condição	Variedades			Média
	RB 72-454	SP 79-1011	SP 80-1842	
Irrigado	21,17 Ab	24,27 Aa	21,89 Aab	22,44
Não irrigado	23,15 Aa	26,02 Aa	23,35 Aa	24,17
Média	22,16	25,15	22,62	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para Santos e Carlesso (1998), o processo de maturação necessita de um período com deficit hídrico, ideal para a acumulação de sacarose. Logo, o potencial de água no solo superior da condição irrigada influenciou no menor valor de °Brix em relação à condição não irrigada.

Os valores constatados foram superiores aos registrados por Barbosa (2005) que, em trabalho semelhante com estas mesmas variedades na região de Salinas-MG, encontrou, na condição irrigada, para as variedades: SP 79-1011, RB 72-454 e SP 80-1842, os valores, 18, 19 e 21, respectivamente

Para Fortes (2004), a quantidade de sacarose presente no caldo é fundamental para um bom processamento e rendimento na indústria sucroalcooleira. Embora não haja diferença significativa entre as condições hídricas para a variável °Brix, destaca-se a elevada média geral da variedade SP 79-1011, que se diferenciou estatisticamente das demais.

4.3.2 %Fibra

Para o percentual de fibra, houve diferença significativa entre condições hídricas de cultivo e entre as variedades, não havendo diferença na interação entre as mesmas (TABELA 14).

A variedade SP 80-1842 apresentou o maior teor de fibra com porcentagem média de 14,34%, seguida pelas variedades RB 72454 e SP 79-1011 com 12,62 e 11,14 %, respectivamente (TABELA 16).

TABELA 16. Teor (%) de fibra de três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em condições irrigadas e não irrigadas. Janaúba-MG

Condição	Variedades			Média
	RB 72-454	SP 79-1011	SP 80-1842	
Irrigada	12,20 Aab	10,76 Ab	13,68 Aa	12,21
Não irrigada	13,04 Aab	11,52 Ab	15,01 Aa	13,19
Média	12,62	11,14	14,34	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Não houve diferença significativa na interação entre as variedades e as condições hídricas.

O percentual de fibra da condição sem irrigação foi, em média, 7,43 % superior à condição irrigada. Essa diferença no percentual de fibra entre essas condições pode ser explicada por Farias *et al.* (2009), que postula que uma variedade em condição de restrição hídrica tende a possuir o percentual de fibra superior, uma vez que o baixo potencial hídrico prejudica o acúmulo de sacarose nas células parenquimatosas dos colmos, sendo este espaço ocupado pela fibra.

A variedade SP 80-1842 também se destacou tanto na condição sem irrigação quanto na condição irrigada por apresentar valores de fibra superiores aos das demais variedades.

Carlin (2005) avaliou o percentual de fibra em cinco variedades de cana-de-açúcar, dentre elas a SP 80-1842 que revelou o maior percentual de fibra, com o valor médio 12,88%.

Cavichioli (2010) analisou o teor de fibra de seis variedades de cana-de-açúcar, dentre elas a variedade RB 72-454 que apresentou o percentual de 12,10%, próximo ao deste trabalho.

Do ponto de vista tecnológico, a fibra constitui-se no material componente da cana que é insolúvel em água, sendo composto de celulose, pentosanas, lignina e cinzas. O conteúdo de fibra na cana é calculado e expresso em porcentagem, cujos teores encontrados variam de 11 a 13% (CAVICHIOI, 2010).

Consoante Carlin (2005), a variação no teor de fibra entre variedades é uma característica genética. Quanto maior o teor de sacarose das variedades, característica que tem sido baseada pelos programas de melhoramento, menor o teor de fibra apresentado por elas, fato comprovado pela variedade SP 79-1011.

Quando os teores de fibra na cana se apresentam muito elevados, há maior dificuldade na extração do caldo. Porém, o comportamento inverso pode

proporcionar uma maior incidência de quebra dos colmos no momento da colheita, e problemas com o balanço térmico do processo industrial, levando à necessidade da utilização de outras fontes de energia a serem queimadas nas caldeiras, como por exemplo, lenha (CAVICHOLI, 2010)

Apesar de as variedades não terem apresentado diferença entre as condições hídricas, a média do % percentual da fibra indica que as variedades RB 72-454 e SP 79-1011 apresentaram o percentual significativo de fibra médio, ideal para uso na indústria, diferindo das demais variedades.

5 CONCLUSÕES

A condição não irrigada reduz o índice SPAD e causa o aumento da temperatura foliar. As variedades SP 79-1011, e RB 72-454 demonstram superioridade quanto ao índice SPAD em relação à variedade SP 80-1842.

No aspecto fitotécnico, a condição de sem irrigação causou redução na altura das plantas e na produtividade total, não alterando o diâmetro de colmos. As variedades RB 72-454 e SP 80-1842 apresentam melhores resultados em relação à variedade SP 79-1011, que mostrou bons resultados apenas para a variável diâmetro do colmo.

Os indicadores Agroindustriais também sofrem alterações significativas nas diferentes condições de cultivo, onde a variedade SP 79-1011 apresenta melhor percentual de °Brix, e juntamente com a variedade RB 72-454 apresentaram o percentual ideal de fibra para a indústria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variedades RB 72-454 e SP 79-1011 demonstraram, de maneira geral, desempenho regular para os indicadores avaliados, podendo-se inferir que elas podem apresentar boa adaptabilidade na região semiárida de Minas Gerais.

Por se tratar de uma cultura de ciclo longo, recomenda-se um estudo mais aprofundado dessas variáveis durante todo o ciclo produtivo da cana-de-açúcar.

Estudos futuros em cana-de-açúcar poderão investigar também estes indicadores na rebrota da cultura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, R. R. *et al.* Condições climáticas para cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargil, 1987, v. 1, p. 42-55.

ALMEIDA, A. C. S. *et al.*. Desenvolvimento Vegetativo e Produção de Variedades de Cana-de-açúcar em relação à disponibilidade Hídrica e unidades térmicas. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.

ANDRADE, F. M. **Avaliação de biomassa, clorofila, cafeína e tanino em *Ilex paraguariensis* Saint Hilaire, crescendo sob sombreamento e pleno sol. 2004. 95 p.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

ANDRADE, A. L. B.; CARDOSO, M. B. **Cultura da cana-de-açúcar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.

ASSIS, P. C. O, LACERDA, R. D, AZEVEDO H. M. Resposta dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar lâminas de irrigação e adubação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**.v. 4. P. 1-12. Campina Grande PB, 2004.

BALSALOBRE, M. A. A.; FERNANDES, R. A. T.; SANTOS, P. M. **Corte e transporte de cana-de-açúcar para consumo animal**. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; NUSSIO, L. G.; FARIA, V.P. 7º SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p.7-26.

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

BEGNINI, M. R. *et al.* **Comparação das características morfológicas entre cultivares de cana-de-açúcar na baixada fluminense-RJ-ZOOTEC**, Águas de Lindóia SP, 4 p.. 2009. Disponível em: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/artigos-cientificos/forragicultura-pastagens/21445...html>>. Acesso em: Outubro de 2010

BELING,R.R. *et al.*; **Anuário Brasileiro da cana-de-açúcar 2004**-Santa Cruz; Editora Gazeta Santa Cruz, 2004. 136 p.;il.

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

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E, C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa- MG: Editora UFV, 2006, 623 p.

BUSO, P. H. M. **Estudo do sistema radicular de cana-de-açúcar no plantio em gema tolete**. 2006. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Paraná, Curitiba, 2006.

CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: _____. **Produção da cana-de-açúcar**. ESALQ: Piracicaba, 1993. p. 31-64.

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.

CARLIN, S. D. **Impacto do tombamento na produtividade de diferentes variedades de cana-de-açúcar**. 2005. 72 fls. Dissertação (Mestrado in Agricultura tropical e subtropical). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2005.

CARVALHO, C. M. *et al.* Influência de diferentes níveis de irrigação sobre os parâmetros organográficos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 173-178, 2009.

CAVICHIOLO, L. C. *et al.* **Comparação de cultivares de cana-de-açúcar em relação aos teores de fibra e umidade.** Campus de Jaboticabal. Faculdade de Tecnologia – Bioenergia. Jaboticabal-SP. p. 3 2010.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.
Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Disponível em:
<<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2010.

CONSECANA. **Manual de instruções.** 5 ed. Piracicaba: Conselho dos Produtores de cana-de-açúcar. Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo, 2006. 111p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** 5. ed. Lavras, 1999. 359 p.

COSTA, E. L. *et al.* Irrigação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.28, nº239, p. 56-63, 2007.

CTC -Centro de Tecnologia Canavieira.

Disponível em:<<http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/noticias/ctc-tera-novas-variedades-de-cana-productivas-e-resistentes-doencas>>. Acesso em: 4 de Dezembro de 2010.

DALRI, A. B. Irrigação em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba, 2006. p. 157-169.

DIAS, F. L. F, *et al.* Produtividade da cana-de-açúcar em relação a clima e solos da região noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 627-634, 1999.

DIAS, W. O. B. **Comportamento de diferentes variedades de cana-de-açúcar no norte de Minas Gerais sob condições de irrigação. 2006.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), UNIMONTES, Janaúba-MG, 2006.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1994. p. 222-226

DUARTE, A. M. A; **Crescimento e maturação da cana-de-açúcar, sob condições de cultivo irrigado, em Janaúba-MG.** 2009. 55 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - UNIMONTES, Janaúba-MG. 2009.

EPAMIG- Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Sítio Eletrônico. Disponível em:
http://www.epamig.br/index.php?Itemid=169&id=43&option=com_content&task=view. Acesso: Janeiro de 2010.

FARIAS, Carlos H. de A. *et al.* Qualidade industrial de cana-de-açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** [online]. 2009, v.13, n. 4, p. 419-428. ISSN 1415-4366.

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 em Educação Agrícola) - UFRRJ, Seropédica, 2005.

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

FORTES, C. **Discriminação varietal e estimativa de produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar pelo sensor orbital ETM+/LANDSAT7/.** 2003. 131 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

FRANÇA, B. H. C.; JASINSKI, M. Cultivo de cana de açúcar. **Dossiê Técnico**, Rio de Janeiro. 19 p. Novembro, 2007. Disponível em: <http://sbtr.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjgw>. Acesso em: Novembro de 2010

GAVA, G. J. C. *et al.* Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n. 11, p. 1347-1354, 2001.

GONÇALVES, E. R. **Fotossíntese, osmorregulação e crescimento inicial de quatro variedades de cana-de-açúcar submetida à deficiência hídrica**. 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal)-Universidade Federal do Alagoas-AL, Rio Largo, 2008.

GONÇALVES, E. R. *et al.* Osmorregulação e teores de pigmentos fotossintéticos em quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas ao estresse hídrico. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2008, Maceió. **Anais...STAB**, p. 659-664, 2008.

GRAÇA, J. P. **Avaliação de parâmetros fisiológicos em cultivares de cana-de-açúcar submetidas ao déficit hídrico**. 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias -UNESP, Jaboticabal – SP, 2009.

IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006-2007**. Disponível: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 23 de janeiro de 2010.

IEA. Instituto de Economia Aplicada. **Prognóstico Agrícola**. 2010. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/prognostico/cana-0106.pdf>. Acesso: 20 de Janeiro de 2010.

JESUS, S. V; MARENCO, R. A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazônica**. Manaus-AM, v. 38, n. 4, p. 815-818., Junho, 2006.

KUMAR, D. Breeding for drought resistance. In: ASHRAF M., HARRIS P.J.C. (eds), **Abiotic stresses: Plant Resistance through Breeding and Molecular Approaches**,. New York: The Haworth Press,2005 p.145-175, .

LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, J.A. Melhoramento Genético, Caracterização e Manejo Varietal. In: DINARDO-MIRANDA, L. L. *et al.* **Cana-de-Açúcar**, Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 2008,. p. 882.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2004. 531 p.

LONG, S. P.; HUMPHRIES, S.; FALKOWSKI, P. G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, New York, v. 45, p. 633-662, 1994.

MACHADO, M. L. *et al.* Zoneamento agropedocliático da cana-de-açúcar sucroalcooleira para o estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 12-18, 2007.

MACHADO, R. S. RIBEIRO, R. V. MARCHIORI. P. E. R. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1575-1582, dez. 2009.

MATIOLI, C. S.; FRIZZONE, J. A.; PERES, F. C. Irrigação suplementar cana-de-açúcar: modelo de análise de decisão para a Região Norte do Estado de São Paulo. **STAB**, Piracicaba, v. 17, n. 2, p. 42-45, Nov.- dez. 1998.

MATSUOKA, S. *et al.* Novas Variedades de cana-de-açúcar para região oeste do estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 7., 1999, Londrina., **Anais...** Piracicaba: STAB, p.34-39, 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.

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

MINOLTA CAMERA. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osak, 1989. 22 p.

MONTE, A. J.; **Produtor de cana-de-açúcar**/ Instituto Centro de ensino Tecnológico 2. Ed. Ver. – Fortaleza: Edições Demócrito Rocha; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. 64 p. : Il. Color.- (Caderno Tecnológico).

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

OLIVEIRA, E. C. A, OLIVEIRA, R I, ANDRADE, B.T .Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** Campina Grande, PB, v. 14, n. 9, p. 951–960, 2010.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1982. 425 p.

O'NEILL, P. M.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Science**, Madison, v. 46, p. 681-687, 2006.

PEDROSA, R. M. B; SANTOS, J. S; ALBUQUERQUE, W. G. Avaliação dos parâmetros dos colmos da cana-de-açúcar, segunda folha, submetida a níveis de

irrigação e adubação. **Revista de Biologia e Ciências da terra**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 5, 2005.

PEREIRA, A. R.; BARBIERI, V.; VILLA NOVA, N. A. Condicionamento climático da indução ao florescimento em cana-de-açúcar. **Boletim Técnico PLANALSUCAR**, Piracicaba, v. 5, n. 3, p. 5-14, 1983.

SALLA, L; RODRIGUÊS, J. C; MARENCO, R. A. Teores de Clorofila em árvores tropicais determinados como SPAD-502. *Revista Brasileira de Biociências*, PortoAlegre, v. 5, supl. 2, p. 159-161, Julho 2007.

SANTOS, R. F, CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e Fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

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. **Diagnóstico da cachaça de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2001. 259 p.

SEGATO, S. V. *et al.* **Atualização em Produção de Cana-de-açúcar**. Piracicaba-SP: Editora Prol., 2006 p. 19-36.

SILVA, L. C. **Análise de crescimento e acúmulo nutrientes de sete cultivares de cana-de-açúcar na Região de Coruripe**. 2007. 127 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) UFAL, Maceió, 2007..

SILVA, M. A. *et al.*, Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, p. 193-201, 2007

SILVA, M. de A. *et al.* Agronomic performance of sugarcane families in response to water stress. **Bragantia**, Campinas, v. 67, p. 656-661, 2008.

SILVEIRA, L. C. I. da; BARBOSA, M. H. P.; OLIVEIRA, M. W. de. Manejo 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.

SOUZA, C. M. de; BRAGANÇA, M. da G. L. **Processamento artesanal de cana-de-açúcar**: fabricação de açúcar mascavo. Belo Horizonte: EMATER-MG, mar. 1999b. 5 p. (EMATER-MG. Informação Tecnológica).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed., Porto Alegre: Artmed. 2004. 719 p.

TAUPIER, L. O. G.; RODRÍGUEZ, G. O. A cana-de-açúcar. In: ICIDCA. **Manual dos derivados da cana-de-açúcar**: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia. Brasília: ABIPTI, 1999. cap. 21. p. 21-27.

TERRAMOTO, E. R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativas de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) baseados em parâmetros do solo e do clima**. 2003. 86 p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

THIAGO, R. D. R. T; **Avaliação nutricional da cana-de-açúcar submetida a métodos de colheita para a produção animal**. 2009. 101 p. Dissertação ((Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2009.

TRIBUZY, E. S.; **Variações da temperatura foliar do dossel e o seu efeito na taxa assimilatória de CO₂ na Amazônia Central**. 2005. 84 p. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistema) Universidade Estadual de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2005.

TROVÃO, D. M. B. M. *et al.* Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.3, Junho, 2007.

ÚNICA. União da Indústria da cana-de-açúcar. Sítio eletrônico. Disponível em: www.unica.com.br. Acesso: 15 de janeiro de 2010.

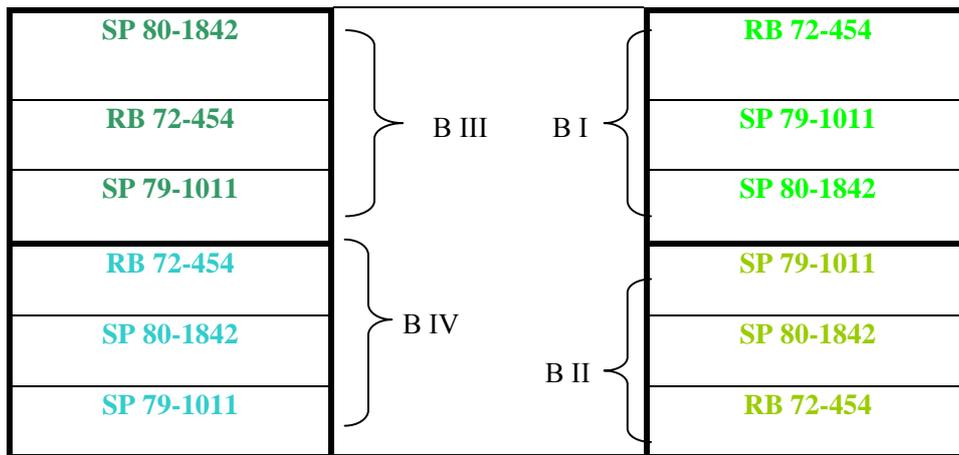
VANZELA, L. S. ZOCOLER, J. L.; HERNANDEZ, F. B. T. Uniformidade de distribuição da água acima e abaixo da Superfície do solo em um sistema de irrigação por Aspersão convencional In:XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, 2002, Salvador-BA.**Anais...**Salvador, 2002. P.2410-2413.

VIANA, E. M. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade de redutase do nitrato em plantas de trigo.** 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

8- ANEXOS

8.1 Croqui da área experimental

NÃO IRRIGADA



IRRIGADO

