

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SUPERFÍCIES
IRRIGADAS, COM DIFERENTES EXPOSIÇÕES E
DECLIVIDADES**

Bruno Henrique Silveira Mazaron
Engenheiro Agrônomo

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SUPERFÍCIES
IRRIGADAS, COM DIFERENTES EXPOSIÇÕES E
DECLIVIDADES**

Bruno Henrique Silveira Mazaron

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Ciência do Solo)**

2013

M475c Mazaron, Bruno Henrique Silveira
Crescimento da cana-de-açúcar em superfícies irrigadas, com
diferentes exposições e declividades / Bruno Henrique Silveira
Mazaron. -- Jaboticabal, 2013
viii, 55 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientador: José Eduardo Pitelli Turco
Banca examinadora: Rogério Teixeira de Faria, Antônio Carlos
Barreto
Bibliografia

1. Manejo. 2. Radiação Solar. 3. *Sacharum*. 4. Superfícies
inclinadas I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.67:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
e-mail: arnold@cnpso.embrapa.br

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

BRUNO HENRIQUE SILVEIRA MAZARON, nascido em 27 de julho de 1987, em Campinas – SP, é Engenheiro formado pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal – FCAV/UNESP, desenvolvendo trabalhos na área da engenharia agrícola e economia rural, onde foi bolsista entre 2008 e 2009, e realizando estágios em diversas empresas do setor. Recebeu o título de Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 2010. Desde julho de 2009, trabalha na Usina São Martinho atuando nas áreas de plantio e tratos culturais. Em julho de 2010 ingressou na mesma Universidade para iniciar o curso de Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo. É autor e coautor de diversas publicações científicas dentre artigo e resumos.

“Há pessoas que desejam saber só por saber, e isso é curiosidade; outras, para alcançarem fama, e isso é vaidade; outras, para enriquecerem com a sua ciência, e isso é um negócio torpe; outras, para serem edificadas, e isso é prudência; outras, para edificarem os outros, e isso é caridade”.

(Santo Agostinho)

SUMÁRIO

Página

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. Aspectos gerais da cana-de-açúcar.....	2
2.2. Importância econômica.....	3
2.3. Fisiologia da cana-de-açúcar.....	5
2.4. Cana-de-açúcar irrigada.....	7
2.5. Declividades e exposições.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1. Caracterização da área experimental.....	10
3.2. Características físicas e químicas do solo.....	12
3.3. Obtenção dos dados meteorológicos.....	12
3.4. Cultura utilizada.....	13
3.5. Instalação do experimento.....	13
3.6. Manejo da irrigação.....	13
3.7. Radiação PAR.....	16
3.8. Caracterização das amostragens e análise estatística.....	16
3.8.1 Avaliações das variáveis.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1. Altura da planta.....	19
4.2. Área foliar.....	22
4.3. Diâmetro do colmo.....	25
4.4. Massa de matéria seca das folhas.....	28
4.5. Número de Colmos.....	31
4.6. Produtividade.....	33

Página

4.6.1. Produtividade comparada com radiação PAR e irrigação	36
4.7. Análises químicas	38
4.8. Retorno econômico	44
5. CONCLUSÕES	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

CRESCIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SUPERFÍCIES IRRIGADAS, COM DIFERENTES EXPOSIÇÕES E DECLIVIDADES

RESUMO - Compreender os padrões espaciais das culturas, baseada em informações topográficas, pode fornecer oportunidades de aplicações específicas de manejo. Com isso o presente trabalho objetivou estudar a influência da exposição, declividade e da irrigação sobre o crescimento da cana-de-açúcar. A pesquisa foi desenvolvida na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP, denominada “Bacia Hidrográfica Experimental”, no período de Fevereiro/2011 a Maio/2012, utilizando superfícies caracterizadas como HI (horizontal irrigada), HNI (horizontal sem irrigação), N10 (norte com declividade 10%), N20 (norte com declividade 20%), N30 (norte com declividade 30%), N40 (norte com declividade 40%), N50 (norte com declividade 50%), S10 (sul com declividade 10%), S20 (sul com declividade 20%), S30 (sul com declividade 30%), S40 (sul com declividade 40%) e S50 (sul com declividade 50%). A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB855453. O crescimento da cultura no período foi observado através das seguintes variáveis: altura da planta, diâmetro do colmo, número de colmos, área foliar, massa de matéria seca e produtividade. As análises foram realizadas a 122, 183, 210, 267, 287, 336, 365, 394, 420 DAP (dias após o plantio), com três repetições. Para a análise química foram analisados ATR, POL, BRIX e fibra. Os resultados foram submetidos à análise de variância e correlação. O crescimento da cana-de-açúcar foi influenciado significativamente pela exposição, sendo favorecido na exposição Norte. As declividades foram menos efetivas em alterar o crescimento da variedade. A presença de irrigação mostrou-se eficiente em alterar o crescimento. Todos os aspectos químicos foram influenciados significativamente pelas declividades e exposições.

Palavras-chave: manejo, radiação solar, *saccharum*, superfícies inclinadas

SUGARCANE GROWTH ON IRRIGATED SURFACES WITH DIFFERENT EXPOSITIONS AND DECLIVITIES

ABSTRACT - Understanding the spatial patterns of cultures, based on topographic information, can provide opportunities for specific applications management. Therefore the present study investigated the influence of exposure, slope and irrigation on the sugarcane growth. The research was conducted at the Experimental Watershed of the Agricultural Engineering Department, School of Agriculture and Veterinary Sciences of São Paulo State University (FCAV/UNESP), from the February/2011 to May/2012 using surfaces characterized as HI (horizontal irrigated), HNI (horizontal without irrigated), N10 (north slope with 10%), N20 (north slope with 20%), N30 (north slope with 30%), N40 (north slope with 40%), N50 (north slope with 50%), S10 (south slope with 10%), S20 (south slope with 20%), S30 (south slope with 30%), S40 (south slope with 40%) and S50 (south slope with 50%). A variety of sugarcane was used RB855453. The crop growth period was observed through the following variables: plant height, stem diameter, number of stems, leaf area, and yield. Analyses were performed at 122, 183, 210, 267, 287, 336, 365, 394, 420 DAP (days after planting), with three replicates. For chemical analysis were analyzed ATR, POL, BRIX and fiber. The results were submitted to analysis of variance and correlation. The growth of sugarcane was significantly influenced by exposure, being favored in Northern Exposure. The declivities were less effective in altering the growth of variety. The presence of irrigation was effective in altering growth. All chemical aspects were significantly influenced by the declivities and exposures.

KEYWORDS: manage, solar radiation, *sacharum*, inclined surfaces

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1. Valores do coeficiente da cultura da cana-de-açúcar (KC) descritos por Doorenbos e Kassam (1994).	15
TABELA 2. Características físico-hídricas médias para as camadas de 0–0,20 e 0,20–0,40 m de profundidade do solo da área experimental.....	16
TABELA 3. Irrigação mensal (mm) de fevereiro/2011 a maio/2012. Jaboticabal, SP, 2011/2012.	19
TABELA 4. Análise de variância (quadrados médios) e médias de altura das plantas (cm), submetidas a diferentes exposições e declividade. Jaboticabal, SP, 2011/2012.	21
TABELA 5. Análise de variância (quadrados médios) e médias de área foliar (cm ²), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.	23
TABELA 6. Análise de variância (quadrados médios) e médias de diâmetro dos colmos (mm), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.	27

TABELA 7. Análise de variância (quadrados médios) e médias de massa de matéria seca das folhas (g), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.	29
TABELA 8. Análise de variância (quadrados médios) e médias de número de colmos, submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.	32
TABELA 9. Análise de variância (quadrados médios) e médias das produtividades (t/ha), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.	34
TABELA 10. Análise de correlação entre as variáveis: produtividade, PAR acumulada, disponibilidade total de água, área foliar, diâmetro do colmo, n° colmos e altura da planta, submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.	38
TABELA 11. Análise de variância (quadrados médios) e médias dos valores de ATR, BRIX, POL e FIBRA, submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.	39
TABELA 12. Análise econômica (R\$/ha) dos tratamentos. Jaboticabal, SP, 2011/2012.	44

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Croqui da área experimental. Jaboticabal, SP, 2011.....	12
FIGURA 2. Precipitação mensal (mm) de fevereiro/2011 a maio/2012.	19
FIGURA 3. Médias de altura das plantas (cm), submetidas a diferentes exposições e declividades.....	22
FIGURA 4. Médias de área foliar (cm ²), submetidas a diferentes exposições e declividades.	25
FIGURA 5. Médias de diâmetro dos colmos (mm), submetidas a diferentes exposições e declividades.	28
FIGURA 6. Médias de massa de matéria seca das folhas (cm ²), submetidas a diferentes exposições e declividades.	30
FIGURA 7. Médias de número de colmos submetidas a diferentes exposições e declividades.	33
FIGURA 8. Médias das produtividades (t/ha) nas diferentes exposições e declividades.	35
FIGURA 9. Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) acumulada até a data de cada amostragem em cada tratamento.	36
FIGURA 10. Comparação entre TCH (t/ha) e Radiação PAR (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹) para as diferentes exposições e declividades.	37

Página

FIGURA 11. Comparação entre TCH (t/ha) e Disponibilidade total de água (mm) para as diferentes exposições e declividades.	37
FIGURA 12. Médias Dos valores de ATR nas diferentes exposições e declividades.	40
FIGURA 13. Médias Dos valores de BRIX nas diferentes exposições e declividades.	41
FIGURA 14. Médias Dos valores de POL nas diferentes exposições e declividades.	42
FIGURA 15. Médias Dos valores de Fibra nas diferentes exposições e declividades.	43

1. INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético nacional tem contribuído para destaque mundial do uso das energias renováveis, mostrando a importância desse setor, também como fonte de geração de empregos e renda, pilares considerados estratégicos dentro de um país.

Neste cenário de crescimento e maior inserção no cenário internacional, ressaltam-se os desafios logísticos e a expansão sustentável da produção, incluindo-se, portanto, os cuidados com o meio ambiente e a preocupação com as questões sociais (MORAES, 2007).

O Brasil possui pleno conhecimento de todas as tecnologias agroindustriais, e grandes acervos de inovações vem sendo desenvolvidos em diversos centros de pesquisas, instituições públicas e privadas, proporcionando a possibilidade de consolidação cada vez maior como líder no setor.

Com o iminente acréscimo da demanda por produtos provindos da cana-de-açúcar, grandes esforços e investimentos em mecanização, biotecnologia, química, manejo de água e solos vêm sendo desenvolvidos buscando o aperfeiçoamento da produtividade da cultura que hoje atingem patamares abaixo de seu potencial.

Segundo Oliveira et al., 2010, a análise de crescimento da cana-de-açúcar tem permitido identificar as fases de desenvolvimento da cultura nos diferentes ambientes, com influência da disponibilidade hídrica e radiação solar, podendo levar a cultura a expressar todo o seu potencial genético.

A busca pelas diferentes respostas da cultura a diferentes ambientes se torna indispensável na busca por elevados potenciais de produção.

Neste contexto, uma melhor compreensão dos padrões espaciais das culturas, baseada em informações topográficas, pode fornecer aos agricultores oportunidades de aplicação de sítios específicos de manejo. (SANCHEZ et al., 2012)

Mediante a importância e a necessidade de disponibilizar informações científicas e técnicas, o presente trabalho objetivou quantificar o efeito da influência da exposição, declividade e da irrigação sobre o crescimento da cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ASPECTOS GERAIS DA CANA – DE – AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma planta monocotiledônea, alógama e perene, pertencente à família *Poaceae*. É caracterizada pela inflorescência do tipo panícula, flor hermafrodita, caule em crescimento cilíndrico composto de nós e entrenós, folhas alternas, opostas, presas aos nós dos colmos, com lâminas de sílica em suas bordas, e bainha aberta adaptando-se a diversas condições de climas e solo. (RODRIGUES, 1995).

Segundo Magalhães (1987), a cana-de-açúcar é uma gramínea perene que perfilha abundantemente na sua fase inicial de desenvolvimento. Quando se estabelece como uma cultura, a competição intra-específica por luz (auto-sombreamento) induz uma inibição no perfilhamento e uma aceleração do crescimento do colmo principal. Este crescimento em altura continua até a ocorrência de temperaturas baixas, ou ainda devido ao florescimento.

É originária do sudeste asiático, região esta com ambiente com ampla disponibilidade de energia, luminosidade e água. (SUGUITANI, 2006). A cultura se propagou pelo norte da África e no sul da Europa, mas devido ao clima desfavorável daquela região, as tentativas de implantação da cultura foram frustradas (SEGATO et. al, 2006).

Atualmente ocupa lugar de destaque por sua importância econômica, social e ambiental, sendo cultivada comercialmente em mais de 70 países e territórios, localizados entre os paralelos 35º N e 35º S (LUCCHESI, 2001 apud SANTOS 2006).

No Brasil, até a década de 70, a maior parte do cultivo de cana-de-açúcar era destinado até à produção de açúcar. Alavancadas pela criação do PROÁLCOOL e pelos significativos aumentos nos preços internacionais do petróleo no período de 1973 a 1979. (JANINI, 2007). Se, na época o principal atrativo do uso do álcool combustível foi a redução da dependência em relação ao petróleo importado,

atualmente, acrescentam-se os benefícios ambientais ligados às reduções líquidas das emissões de CO₂. (MORAES, 2007). Fato este que no ano de 2002, foi apresentado o primeiro veículo com motor *flex-fuel*, modelo desenvolvido por empresas alemãs e produzido em série no Brasil a partir de março de 2003. Em fevereiro de 2006 já havia 76,6%, e em 2010 mais de 92% (KOHLHEPP, 2010).

As principais regiões brasileiras produtoras são centro sul e nordeste, o que permite dois períodos de safra, de abril a novembro e de setembro e abril, respectivamente, proporcionando o desenvolvimento da cultura nas mais variadas condições climáticas (TAVARES, 2009).

O Brasil apresenta condições naturais extremamente favoráveis para a produção de biocombustíveis, potencial que certamente será útil para firmar seu lugar como futuro líder do etanol no mercado internacional. (KOHLHEPP, 2010).

2.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

O Brasil é destaque mundial no uso de energias renováveis, que representam mais de 45% da matriz energética do país. O setor sucroenergético possui papel-chave nesta participação, uma vez que somente os produtos da cana-de-açúcar são responsáveis por 17,8% de toda a oferta primária de energia no país. Esta participação já ultrapassa o fornecido pelas usinas hidroelétricas (EPE; MME, 2011).

A cana-de-açúcar destaca-se como uma das principais culturas de interesse econômico para o Brasil, fornecendo matéria-prima para a produção de açúcar, etanol e energia (TRENTIN et al., 2011) e pela eficiência na produção de biocombustíveis e consequente mitigação da intensificação do efeito estufa. A cultura é uma das mais tecnificadas e capacitadas no que diz respeito ao uso de técnicas para seu gerenciamento (MENDONÇA et al., 2011) e dentre os fatores de produção relacionados com a modernização da canavicultura brasileira, destaca-se o crescimento da demanda pela mecanização (SEVERIANO et al., 2010).

Segundo a ÚNICA, 2012, O PIB (Produto Interno Bruto) do setor sucroenergético é estimado em US\$ 48 bilhões o que representou em 2010,

equivalentes a 1,6% do PIB nacional, 9,9% do PIB da agricultura, e 7,0% do PIB agropecuário nacional. (FREITAS E NASTARI, 2011).

Neste cenário, grandes esforços e investimentos em tecnologia vêm sendo desenvolvidos no melhoramento e aperfeiçoamento da produtividade da cana (JUNIOR, 2011), que está diretamente relacionada aos aspectos agronômicos e à variabilidade meteorológica (PICOLI et al., 2009) e estresses ambientais, incluindo temperaturas inadequadas, condições físico-químicas de solo desfavoráveis, várias doenças e pragas e principalmente déficit hídrico (FARIAS, 2008).

A possibilidade de produzir alimento e energia a partir de um mesmo parque industrial integrado transformou a cana-de-açúcar na melhor cultura para a produção de combustíveis e eletricidade de baixo carbono, e é o resultado da reinvenção da indústria canavieira com novas tecnologias (JANK, 2011). O autor cita ainda que estima-se que em 2020 o PIB do setor atinja US\$ 90 bilhões e até lá sejam investidos R\$ 46 bilhões na área agrícola e R\$ 110 bilhões no parque industrial.

O Brasil é o maior exportador mundial de açúcar, respondendo por 45% do total comercializado deste produto no mundo. Em relação à produção de etanol, que utiliza cerca de 1% da área agricultável do país, o Brasil também ocupa a liderança nas (CIB, 2009).

O Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e o segundo maior produtor mundial de etanol. A produção é desenvolvida em 22 dos 27 estados da federação, em 430 unidades produtoras, gerando 1,2 milhão de empregos. Estima-se que na safra 2012/13 o país processe cerca de 560 milhões de toneladas em oito milhões de hectares. (ÚNICA 2012)

Atualmente o etanol já é reconhecido mundialmente pelas suas vantagens ambientais, sociais e econômicas, atraindo um crescente interesse na tecnologia brasileira, o que vem refletindo em um substancial aumento da produção de cana-de-açúcar no país nos últimos anos. O aumento na produção requer tanto investimentos em infraestrutura e novas usinas, como também a expansão da área plantada (RODRIGUES, 2010).

Visando atender ao aumento na demanda por etanol, o setor sucroalcooleiro deverá até o ano de 2014 expandir a área plantada com cana-de-açúcar para 9,1 milhões de hectares. Essa expansão deverá ocorrer principalmente em áreas tradicionalmente ocupadas pela pecuária extensiva, como oeste de São Paulo, Goiás, triângulo mineiro, Paraná e Mato Grosso do Sul (ALBINO et al., 2006).

2.3. FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cada ciclo, a cultura é submetida durante o seu desenvolvimento, a diferentes condições ambientais (clima, solo), afetando diretamente o rendimento agrícola, sendo este afetado também, pelo manejo, época de plantio, variedade, tipo de muda, época de corte e estágio de desenvolvimento da cultura, surgindo a necessidade de uma previsão das respostas das culturas aos diferentes estímulos (MARCHIORI, 2004).

Segundo Rodrigues (1995), temperatura, nutrientes, disponibilidade de água, intensidade e quantidade luz são os processos que mais afetam a bioconversão de energia na cana-de-açúcar.

Segundo Oliveira et al.(2010), a análise de crescimento da cana-de-açúcar tem permitido identificar as fases de desenvolvimento da cultura nos diferentes ambientes, com influência da disponibilidade hídrica e radiação solar, podendo levar a cultura a expressar todo o seu potencial genético.

De acordo com a fenologia, a cana-de-açúcar apresenta quatro estádios fenológicos: 1º) brotação e emergência dos colmos; 2º) perfilhamento e estabelecimento da cultura; 3º) período de grande crescimento; 4º) maturação (intensa acumulo de sacarose no colmo) (CÂMARA 1993 apud SANTOS, 2006).

O autor ainda cita que pode ser dividida em três fases: fase inicial, em que o crescimento é lento (até 200 dias após o plantio); fase de crescimento rápido (entre 200 e 400 dias após o plantio), onde 75% de toda matéria seca é acumulada; fase final (entre 400 e 500 dias após o plantio) em que o crescimento é novamente lento.

A cana de ano (12 meses), plantada em setembro-outubro, tem seu desenvolvimento máximo de novembro a abril, diminuindo depois devido às condições climáticas adversas do período de inverno no centro-sul. A cana de ano e meio (18 meses), plantada de janeiro ao início de abril, apresenta taxa de crescimento mínimo de maio a setembro, com pequena disponibilidade hídrica no solo ou mesmo déficit hídrico, baixas temperaturas e menores intensidades de radiação. Já com o início das precipitações, aumento da intensidade luminosa e também da temperatura, a fase de maior desenvolvimento da cultura acontece de outubro a abril, com o pico do crescimento por volta de dezembro a abril (RODRIGUES, 1995).

O acúmulo de matéria seca pelo dossel de uma cultura é dependente, além do índice de área foliar, da energia solar incidente e da temperatura do ar para todas as gramíneas (VAN HEEMST, 1986, apud VILLA NOVA, 2007).

Ao ser interceptada pelo dossel, a radiação solar pode ser absorvida, transmitida e refletida em proporções variáveis, dependendo do ângulo de incidência dos raios solares e das características estruturais das plantas. Tais características estão intimamente relacionadas com a disposição espacial das folhas, ângulo de inserção foliar, índice de área foliar e propriedades óticas da vegetação. (MACHADO, 1985)

As interações da radiação solar com as plantas condicionam o microclima interno da cobertura vegetal, e a quantidade e a qualidade da radiação disponível dentro do dossel afetam os processos fisiológicos das plantas. (MACHADO, 1985)

A disponibilidade de radiação solar é um dos fatores que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois, a energia necessária para a realização da fotossíntese, processo que transforma o CO_2 atmosférico em energia metabólica, é proveniente da radiação solar (TAIZ & ZIEGER, 2004).

As medidas dos componentes do balanço de radiação e de energia em condições de campo têm aplicabilidade direta em práticas agrícolas, principalmente no planejamento racional da irrigação, no uso adequado do solo, no zoneamento

agrícola regional, no impacto das variações meteorológicas sobre os cultivos agrícolas, na proteção de plantas, entre outros (BOUHID et al, 2010).

Por ser considerada uma planta do tipo C4, desta forma com alta eficiência fotossintética, Brunini (2008), afirma que quanto maior a captação de luz solar (intensidade luminosa), maior será a fotossíntese realizada pela cultura, e consequentemente maior produtividade e acúmulo de açúcares.

A temperatura, a insolação e a umidade são fatores determinantes do clima para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, planta tropical que se desenvolve melhor em lugares quentes e ensolarados (MARCHIORI, 2004).

As condições climáticas existentes na região sudeste do Brasil, no estado de São Paulo, são muito propícias à maturação fisiológica natural de cana-de-açúcar. O processo tem início nos meses de abril e maio, sendo as precipitações pluviais determinantes para se estabelecer este início. A somatória das quedas gradativas da temperatura com a redução e termino das precipitações reduz o processo de crescimento da cana de açúcar (VIANA et al., 2007)

2.4. CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA

A irrigação pode ser descrita como um conjunto de técnicas destinadas a deslocar água para modificar a capacidade agrícola de cada região visando proporcionar uma maior produtividade, em complementação às demais práticas agrícolas (MACHADO et al., 2002), com o objetivo principal de suprir as necessidades hídricas das culturas.

Essa técnica não funciona isoladamente, mas, sim, conjugada com outras práticas de manejo da cultura. A irrigação, além de proporcionar incremento na produtividade, permite ampliar o tempo de exploração da planta e o número de colheitas (DALRI et al., 2008).

A resposta de produtividade da cana-de-açúcar irrigada depende de um conjunto de fatores, dentre eles: da quantidade de água e de fertilizantes aplicados

do manejo de irrigação da cultivar, idade de corte e do tipo de solo e do clima (GAVA et al., 2011).

Segundo Rocha (2001) dependendo do clima, as necessidades de água da cana-de-açúcar são de 1500 a 2500 mm distribuídos durante a temporada de desenvolvimento.

O consumo diário de água pela cana-de-açúcar nas principais regiões produtoras do país, dependendo da variedade e do estágio de desenvolvimento da cultura, em geral tem variado de 2,0 a 6,0 mm/dia. (SALASSIER, 2006)

O déficit hídrico afeta vários aspectos do crescimento vegetal; os efeitos mais óbvios do estresse hídrico se referem à redução do tamanho das plantas, de sua área foliar e da produtividade da cultura (TAIZ & ZIEGER, 2004).

O grau de injúria causado pelo déficit hídrico depende consideravelmente do estágio fenológico em que ele ocorre na planta e da duração do estresse. Segundo Barlow et al.,1980, citado por Farias,2008, o crescimento vegetal depende da divisão celular, do crescimento e da diferenciação celular e todos esses processos são afetados por déficits hídricos, mas não necessariamente na mesma proporção.

Por isso na irrigação da cana-de-açúcar é de capital importância a definição dos estágios de desenvolvimento da cultura a fim de aperfeiçoar a eficiência de aplicação da irrigação.

Segundo Salassier (2006), pode-se dividir o ciclo da cana de doze meses em quatro estágios de desenvolvimento, sendo os dois primeiros estágios são os mais críticos ao déficit hídrico. O quarto estágio responde positivamente ao déficit hídrico. O consumo diário de água é maior no terceiro estágio em função do maior índice de área foliar.

A evapotranspiração de referência (ET_0) é um parâmetro fundamental para a estimativa das necessidades hídricas das culturas (CONCEIÇÃO, 2010), que por sua vez afeta o desenvolvimento da arquitetura do dossel vegetativo, responsável por interceptar a radiação solar atuando nos processos de fotossíntese e transpiração, sendo fundamental na produtividade da cultura (TRENTIN et al, 2011).

A irrigação complementar ou suplementar da cana-de-açúcar é, hoje, uma das alternativas tecnológicas em busca da verticalização da produção (FARIAS et al, 2008), principalmente devido a incorporação de novas áreas, promovendo o plantio em áreas antes consideradas marginais, sobremaneira por deficiência hídrica, influenciando no desenvolvimento da cultura (BARBOSA et al., 2012).

2.5. DECLIVIDADE E EXPOSIÇÕES

Como o Brasil possui grande extensão territorial, a cana-de-açúcar é cultivada em vários tipos de solos que estão sob influência de diferentes climas e relevos, o que resulta em vários tipos de ambientes para a produção desta cultura (DIAS, 1997).

Vários fatores interferem na produção e maturação da cultura da cana-de-açúcar, sendo os principais a interação edafoclimática, o manejo da cultura e a cultivar escolhida (CESAR et al, 1987).

Superfícies com diferentes exposições e declividades recebem diferentes totais de radiação solar, a qual é o fator primário que condiciona os elementos climatológicos e fisiológicos relacionados ao crescimento e estabelecimento das culturas (COAN, 2008). A autora afirma ainda, que a quantificação da radiação incidente em diversas situações e o entendimento de seu efeito no funcionamento de vários processos fisiológicos são fundamentais para estabelecer uma expectativa de produção vegetal e, também, para que se possam propor práticas de manejo que possibilitem o melhor aproveitamento deste e de outros recursos.

Estudar a cultura no seu ambiente de desenvolvimento pode gerar uma enorme quantidade de informações para adequar o melhor manejo e cultivar para os específicos ambientes (solo e clima), sendo assim, possível explorar ao máximo o local de produção para promover o melhor rendimento da cultura e conseqüentemente maior lucratividade ou competitividade para as agroindústrias da cana-de-açúcar. (MAULE et al., 2001).

Pesquisas têm utilizado variáveis topográficas para explicar os padrões aleatórios da variação no rendimento e qualidade de culturas (BENINCASA, 1976; TURCO, 1997; TURCO et al., 2006; COAN et al., 2012). Neste contexto, uma melhor compreensão dos padrões espaciais das culturas, baseada em informações topográficas, pode fornecer aos agricultores oportunidades de aplicação de sítios específicos de manejo. (SANCHEZ et al., 2012)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi desenvolvida na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal/SP, situada a 22°15'22" de latitude sul, 48°18'58" de longitude oeste, e altitude de 575 m, em uma estrutura denominada "Bacia Hidrográfica Experimental", descrita com detalhes por Turco (1997). O clima da região, segundo a classificação de Köeppen é do tipo Cwa, isto é, subtropical com estiagem no inverno.

É uma simulação no terreno, de uma bacia hidrográfica de formato aproximadamente elíptico, com o eixo principal de 56 m de comprimento na orientação leste-oeste e eixo secundário transversal ao principal com 14 m. O talvegue da bacia foi construído partindo de leste, da mesma cota do divisor de águas, para oeste, a uma cota de 2,35 m abaixo e no mesmo plano vertical que contém o eixo principal. Assim foram definidas superfícies com exposições norte e sul, sobre as quais foram construídos planos simétricos e opostos, inclinados de 0° (horizontal), 5°42' (10% de declividade), 11°18' (20% de declividade), 16°42' (30% de declividade), 21°48' (40% de declividade) e 26°34' (50% de declividade) segundo Benincasa (1976), Lopes (1986), Ortolani (1987) e Coan (2008).

Confirmando essas informações, Pavani (1993) destaca que sobre cada plano construíram-se paredes de alvenaria de 0,13 m de espessura, revestidas de argamassa de cal-cimento-areia, definindo-se caixas-canteiro com dimensões internas de 3,00 m na orientação leste-oeste e 3,50 m na orientação da declividade.

O autor acima citado confirma que, ao longo da parede, na parte inferior de cada caixa-canteiro, construiu-se internamente um sistema de drenagem com a finalidade de eliminar os eventuais excessos de água através de um conduto central de PVC de 0,025 m de diâmetro, orientado para o escoadouro principal da bacia.

Toda a área da bacia, com exceção das superfícies das caixas-canteiro, foi revestida com grama-batatais (*Paspalum notatum* Flüggé), e o sistema de drenagem, definido de tal modo que toda a água superficial escoe diretamente para o talvegue. Esse escoadouro foi construído em alvenaria de tijolos com pequenos ressaltos com a finalidade de diminuir a velocidade da água. Em seu extremo, cota mínima da bacia, construiu-se uma caixa coletora de 0,80 x 0,80 x 0,60 m, a partir da qual a água escoava através de uma manilha.

Nessa estrutura foi realizado o experimento no período de Fevereiro/2011 a Maio/2012, com os seguintes tratamentos: H I (superfície horizontal – com irrigação), H NI (superfície horizontal – sem irrigação), N 10 (superfície com 10% de declividade e exposição norte), N 20 (superfície com 20% de declividade e exposição Norte), N 30 (superfície com 30% de declividade e exposição norte) N 40 (superfície com 40% de declividade e exposição Norte), N 50 (superfície com 50% de declividade e exposição norte); S 10 (superfície com 10% de declividade e exposição sul), S 20 (superfície com 20% de declividade e exposição sul), S 30 (superfície com 30% de declividade e exposição sul), S 40 (superfície com 40% de declividade e exposição sul), S 50 (superfície com 50% de declividade e exposição sul). O espaçamento entre as superfícies é de 3,00 m entre exposições e de 5,00 m entre declividades.



FIGURA 1. Croqui da área experimental. Jaboticabal, SP, 2011.

3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO

O tipo de solo da área experimental é o LE1, Vermelho-Escuro, eutrófico, A moderado, caulínítico, hipoférrico, textura argilosa, relevo suave ondulado (ANDRIOLI & CENTURION, 1999).

Foi realizado amostragens de solo, calagem e adubação seguindo as recomendações do Boletim técnico 100 (1997) para a cultura da cana-de-açúcar. Os resultados das amostragens encontram-se no anexo 1.

3.3. OBTENÇÃO DOS DADOS METEOROLÓGICOS

Para a obtenção dos dados meteorológicos, foi instalada próxima à área experimental uma estação meteorológica automatizada da marca *Davis Instruments*. A estação possui um sistema de aquisição de dados, onde todos os sensores foram conectados por meio de cabos. Os dados foram obtidos em um período de dezesseis meses, abrangendo as quatro estações do ano e suas peculiaridades.

A estação encontra-se equipada com um sistema de aquisição de dados (*Vantage Pro Plus Wireless*), onde foi medida: a radiação solar global (sensor *Standard* - modelo 6450); a temperatura e a umidade relativa do ar (sensor externo - modelo 7859); a velocidade do vento (anemômetro *Standard* - modelo 7911), e a precipitação pluviométrica (pluviômetro - modelo 7852, *Rain Collector*).

3.4. CULTURA UTILIZADA

A cultura utilizada foi a cana-de-açúcar obtida junto à usina São Martinho, localizada no município de Pradópolis – SP. A variedade foi a RB855453 que possui como destaque a maturação precoce e o elevado teor de sacarose.

3.5. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram realizados os procedimentos de pré-plantio iniciando-se pela homogeneização e preparo do terreno deixando o solo em condições de ser explorado, abertura dos sulcos (30 cm de profundidade) de plantio com espaçamento de 1,4 m entrelinhas e adubação.

O plantio foi realizado no dia 25 de fevereiro/2012 onde foram depositados sete toletes m^{-1} a uma profundidade de sulco de 30 cm e cobertura de cinco centímetros, buscando-se obter de 15-18 gemas m^{-1} .

3.6. MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A quantidade de água aplicada em cada superfície foi função dos valores da ET_0 , obtidos pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração de referência foi calculada pela seguinte equação:

$$ET_{0(PM)} = \frac{0,409 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) v (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 v)} \quad (1)$$

Em que,

$ET_0(\text{PM})$ = evapotranspiração de referência pelo método de PM (Penman-Monteith), em gramado, mm d^{-1} ;

R_n = radiação líquida, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$;

G = fluxo de calor no solo, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$;

T = temperatura média do ar, $^{\circ}\text{C}$;

V = velocidade média do vento a 2 m de altura, m s^{-1} ;

$(e_s - e)$ = déficit de pressão de vapor, kPa ;

Δ = tangente à curva de pressão de vapor, $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$;

γ = constante psicrométrica, $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$, e

900 = fator de conversão.

Os valores foram corrigidos para cada superfície segundo a metodologia descrita por Turco et al. (2012), que analisou e correlacionou o saldo de radiação incidente em diferentes superfícies, ajustando o modelo de Penman-Monteith para cada situação proposta. O modelo consiste em inserir a radiação líquida (R_n) recebida em cada superfície.

Para a determinação da evapotranspiração da cultura foi utilizada a seguinte equação:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \quad (2)$$

em que,

ET_c = Evapotranspiração da cultura, expressa em mm dia^{-1} .

ET_0 = Evapotranspiração de referencia, expressa em mm dia^{-1} .

K_c = Coeficiente de cultura da cana-de-açúcar.

Os valores de Kc para a cana-de-açúcar foram obtidos de acordo com Doorenbos e Kassam (1994), descritos na Tabela 1.

TABELA 1. Valores do coeficiente da cultura da cana-de-açúcar (Kc) descritos por Doorenbos e Kassam (1994).

Período de desenvolvimento	Dias do Ciclo	Coeficiente de cultura (Kc)
Do Plantio até 25% de cobertura	30 a 60 dias	0,40 a 0,60
De 25 a 50% de cobertura	30 a 40 dias	0,75 a 0,85
De 50 a 75% de cobertura	15 a 25 dias	0,90 a 1,00
De 75% a cobertura completa	45 a 55 dias	1,00 a 1,20
Utilização Máxima	180 a 330 dias	1,05 a 1,30
Início da senescência	30 a 150 dias	0,80 a 1,05
Maturação	30 a 60 dias	0,60 a 0,75

Foi instalado no centro de cada superfície três tensiômetros a 20 cm de profundidade e três a 40 cm de profundidade. A irrigação foi realizada no final da tarde, com um turno de rega a cada três dias, ou caso o solo atingisse 50% do de total de água disponível (CAD) (FARIAS et al., 2012), porém, durante o período analisado não foi necessária a utilização.

A capacidade de água disponível no solo (CAD, em mm), foi obtida pela seguinte equação:

$$CAD=(\theta_{CC}-\theta_{pmp}) \quad (3)$$

em que,

θ_{CC} = umidade do solo $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ à capacidade de campo, e

θ_{pmp} = umidade do solo $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ no ponto de murchamento permanente.

A Tabela 2 mostra as características físico-químicas do solo em estudo.

TABELA 2. Características físico-hídricas médias para as camadas de 0–0,20 e 0,20–0,40 m de profundidade do solo da área experimental.

Profundidade (m)	θ_{CC}	θ_C	θ_{pmp} (cm ³ cm ⁻³)	θ_s	θ_r	δ_s (g cm ⁻³)
0,00 - 0,20	0,38	0,339	0,3	0,539	0,297	1,13
0,20 - 0,40	0,27	0,239	0,21	0,506	0,209	1,04

θ_{CC} – umidade do solo a capacidade de campo; θ_C – umidade crítica do solo; θ_{pmp} – umidade do solo no ponto de murchamento permanente; δ_s – densidade do solo; θ_s – umidade do solo saturado; θ_r – umidade residual do solo;

A irrigação por gotejamento foi realizada com seis mangueiras de 3,5 m de comprimento, com gotejadores a cada 20 cm, em toda a sua extensão. O conjunto possuía uma vazão de 90 l h⁻¹.

3.7. RADIAÇÃO PAR

Foi estimada a radiação fotossinteticamente ativa incidente nas superfícies pela equação de Gerolineto (2005), descrita a seguir:

$$PAR = -0,257 + 0,4237S_s \quad (4)$$

em que,

PAR = radiação fotossinteticamente ativa, MJ m⁻² dia⁻¹, e

S_s = radiação solar global incidente, MJ m⁻² dia⁻¹.

3.8. CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAGENS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

As avaliações foram realizadas a 122, 183, 210, 267, 287, 336, 365, 394, 420 DAP (dias após o plantio) na linha central de todas as superfícies em três plantas, com três repetições, abrangendo todos os estádios fenológicos da cultura e suas variações no decorrer do período. Foi utilizado como bordadura a primeira linha em cada lateral e 0,50 m na entrada da linha analisada.

A escolha da folha a ser usada na mensuração, seguiu a numeração proposta por Rodrigues (1995), que consiste em designar como +1 a primeira folha de cima

para baixo, que se apresenta inserida com a aurícula (colarinho) bem visível. As folhas de baixo passariam a receber a numeração +2, +3, etc.

3.8.1 AVALIAÇÕES DAS VARIÁVEIS

O crescimento da cultura no período foi observado através das seguintes variáveis:

Altura da planta: Foi medida, com uma trena, a altura da planta da base até a folha + 1.

Diâmetro do colmo: Foi medido, com paquímetro digital, abaixo da folha +1.

Número de colmos: Foi contada a quantidade de colmos totais em cada planta analisada.

Área foliar: mensurado, na folha +3 segundo metodologia descrita por Hermann & Câmara (1999):

$$A=0,75LxC \quad (5)$$

onde,

L = maior largura da folha, em cm, e

C = comprimento da folha, em cm.

Massa de matéria seca da folha: Após a medição da área foliar a folha foi retirada, pesada, acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa dotada de sistema com circulação forçada de ar à temperatura de 70 °C, por 72 horas. Após a secagem foi realizada nova pesagem para a conferência do peso seco.

Ao final do experimento foi realizada a colheita, todas as plantas foram pesadas e a produtividade calculada através do peso total por metro em três repetições. Os valores foram estimados para um hectare.

Após a pesagem as plantas foram encaminhadas para o laboratório da Usina São Martinho para a realização das análises químicas. Foram analisadas as seguintes variáveis:

BRIX: É a porcentagem em massa de sólidos solúveis contidos em uma solução de sacarose quimicamente pura.

POL: É a porcentagem em massa de sacarose aparente contida em uma solução açucarada de peso normal determinada pelo desvio provocado pela solução no plano de vibração da luz polarizada.

FIBRA: A fibra corresponde à parte sólida da planta, formada por celulose, hemicelulose, ligninas, pectinas, pentosanas e outros componentes.

ATR: É o Açúcar Total Recuperável (ATR), expresso em quilogramas de açúcar por tonelada de cana, representando todos os açúcares presentes na matéria prima.

Os resultados foram submetidos, através do software estatísticos AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO, 2011), à análise de variância e correlação. Para comparação de médias, foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o cálculo da análise econômica foi utilizado o sistema pago aos produtores do estado de São Paulo (CONSECANA, 2006), elaborado pela equação:

$$\text{Valor (R\$/ha)} = (\text{Pm ATR} \times \text{ATR}) \times P \quad (6)$$

onde,

Pm ATR = Preço médio ATR,

ATR = Açúcar Total Recuperável, em kg açúcar . tonelada de cana, e

P = Produtividade, em t . ha⁻¹

O valor do preço médio do ATR foi de R\$ 0,4743, obtido através dos dados publicados pela ÚNICA (2012 a), que são a média dos preços da safra 2012/2013 acumulados até o mês de dezembro/2012.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, apresentam-se os dados de precipitação ao longo do ano de cultivo. O acumulado das precipitações no período totalizou 1.516 mm.

A Tabela 3 representa as irrigações mensais, corrigidas para cada superfície, segundo Turco et al. (2012).

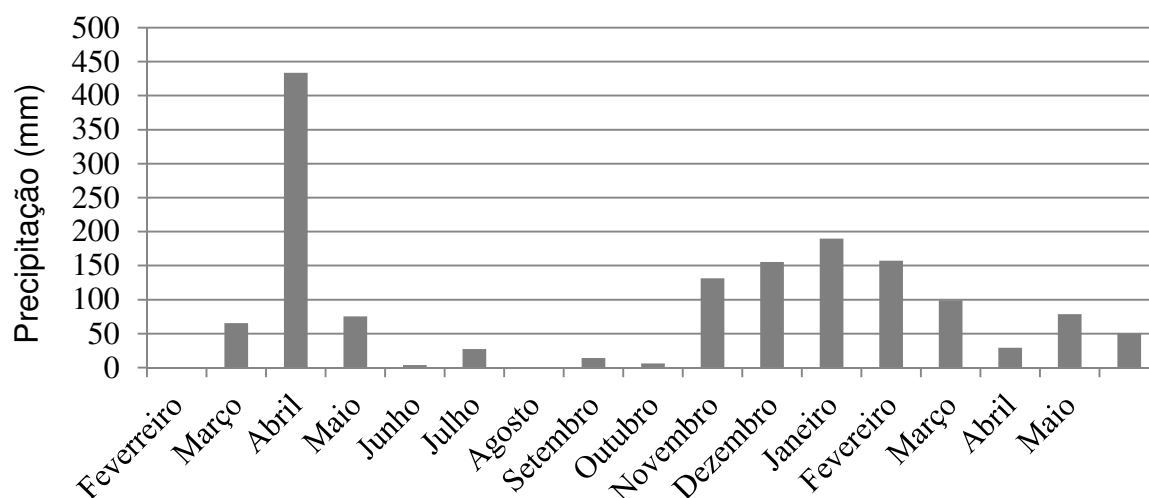


FIGURA 2. Precipitação mensal (mm) de fevereiro/2011 a maio/2012.

TABELA 3. Irrigação mensal (mm) de fevereiro/2011 a maio/2012. Jaboticabal, SP, 2011/2012.

Data	HI	10N	20N	30N	40N	50N	10S	20S	30S	40S	50S
Fevereiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Março	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abril	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maio	22,40	24,73	25,85	26,98	28,11	29,24	17,77	15,45	13,13	10,81	8,49
Junho	57,82	63,83	66,74	69,66	72,58	75,49	45,88	39,89	33,90	27,91	21,91
Julho	77,00	85,01	88,89	92,77	96,66	100,54	61,11	53,13	45,15	37,17	29,18
Agosto	92,90	102,61	107,31	112,01	116,72	121,43	73,65	63,98	54,30	44,64	34,96
Setembro	105,31	116,64	122,14	127,63	133,14	138,63	83,04	72,13	61,22	50,31	39,40
Outubro	73,88	75,55	73,66	71,76	69,86	67,96	67,50	66,46	65,42	64,37	63,33
Novembro	86,50	88,46	86,23	84,01	81,78	79,58	79,05	77,85	76,65	75,45	74,24
Dezembro	45,38	46,54	45,23	43,98	42,74	41,49	41,19	40,50	39,82	39,13	38,45
Janeiro	46,69	47,89	46,53	45,16	43,79	42,43	42,09	41,34	40,61	39,89	39,18
Fevereiro	82,86	84,88	82,59	80,31	78,01	75,72	75,17	73,91	72,65	71,39	70,13
Março	85,54	87,46	85,32	83,19	81,04	78,90	78,56	77,04	76,05	74,79	73,53
Abril	55,59	56,82	55,43	54,04	52,65	51,26	50,92	50,16	49,40	48,63	47,87
Maio	38,21	39,04	38,09	37,15	36,21	35,27	35,04	34,52	34,00	33,48	32,96
Total	870,07	919,47	924,02	928,67	933,30	937,94	750,97	706,37	662,28	617,97	573,63

4.1. ALTURA DA PLANTA

Os resultados da análise de variância e comparação de médias, de altura da planta encontram-se na Tabela 4, ao longo do período de Fevereiro/2011 a

Maio/2012, assim como na Figura 3, respectivamente, os valores das médias de altura da planta para comparação de exposição (N e S), declividades (10 a 50%) e presença de irrigação.

A interação entre a exposição e a declividade foi significativa até 287 DAP, observando após esse período a ação apenas a variável exposição como fator de diferença no crescimento em altura da planta.

Observa-se que em todo o período houve diferenças significativas entre as exposições, e entre declividades apenas até 210 DAP. A exposição N foi superior a S durante todo o ciclo da cultura, conforme apresentado na Figura 3, que demonstra o crescimento das plantas, comparando a influência do fator exposição sobre cada uma das declividades. Tal diferença foi significativa em todas as análises para as declividades 20 e 40%; a partir de 394 DAP para a declividade 10%; e a partir de 210 DAP para a declividade 30% e 50%.

A presença de irrigação proporcionou maior crescimento da planta em todo o período (Figura 3a), fato comprovado também por Oliveira et al., (2010) que concluiu que a disponibilidade hídrica promovida pela irrigação plena durante as fases de crescimento da cana-de-açúcar proporcionou diferença no perfilhamento, crescimento em altura e acúmulo de matéria seca. Também Dantas Neto et al., (2006), obteve resultados semelhantes analisando a influencia da irrigação na fase inicial de crescimento da cana e no início do máximo desenvolvimento.

TABELA 4. Análise de variância (quadrados médios) e médias de altura das plantas (cm), submetidas a diferentes exposições e declividade. Jaboticabal, SP, 2011/2012.

Causas da Variação	122 DAP	183 DAP	210 DAP	267 DAP	287 DAP	336 DAP	365 DAP	394 DAP	420 DAP
Declividade (A)	5,1 **	3,03 *	4,65 **	0,38 ^{ns}	2,13 ^{ns}	0,98 ^{ns}	2,44 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,75 ^{ns}
Exposição (B)	33,87 **	41,05 **	71,73 **	112,43 **	143,06 **	61,30 **	54,51 **	46,67 **	26,15 **
Interação A x B	7,61 **	7,30 **	8,17 **	4,17 *	3,92 *	1,81 ^{ns}	1,53 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Entre Trat. Adic. (I x NI)	7,51 *	4,67 *	5,09 *	32,18 **	30,57 **	5,41 *	3,82 ^{ns}	2,56 ^{ns}	8,80 **
C.V (%)	17,07	13,46	13,10	11,96	9,00	10,87	9,80	9,23	8,91
Média Geral	17,54	21,05	26,69	95,00	112,32	165,16	186,64	203,57	233,11
Média Tratamentos Adi.	16,88	22,38	26,89	96,33	116,16	180,50	208,05	226,05	236,50
Exposição Norte	20,85 a	24,09 a	32,06 a	116,75 a	133,64 a	187,77 a	207,71 a	222,53 a	251,84 a
Exposição Sul	14,49 b	17,46 b	21,24 b	72,73 b	89,46 b	136,42 b	157,02 b	175,62 b	213,04 b
Declividade 0% - Irrigado	20,23 a	24,89 a	30,11 a	122,66 a	139,00 a	197,55 a	222,66 a	238,33 a	261,66 a
Declividade 0% - Não Irrigado	13,53 b	19,88 b	23,66 b	70,00 b	93,33 b	163,44 b	193,44 a	213,77 a	211,33 b
Norte - 10%	12,81 a	18,27 a	21,88 a	101,33 a	118,55 a	179,78 a	208,22 a	227,44 a	262,00 a
Sul - 10%	14,24 a	16,44 a	21,33 a	84,11 a	102,66 a	157,00 a	181,11 a	195,11 b	222,99 b
Norte - 20%	22,17 a	27,33 a	31,00 a	114,44 a	141,11 a	171,77 a	192,89 a	223,66 a	252,22 a
Sul - 20%	10,88 b	16,78 b	21,22 b	69,22 b	89,00 b	128,78 b	142,88 b	152,66 b	213,22 b
Norte - 30%	22,26 a	23,78 a	31,11 a	114,77 a	131,22 a	190,44 a	211,44 a	215,78 a	257,11 a
Sul - 30%	19,25 a	21,00 a	24,11 b	74,77 b	86,66 b	134,78 b	172,44 b	185,22 a	211,22 b
Norte - 40%	26,30 a	28,67 a	40,66 a	130,33 a	129,88 a	199,22 a	209,11 a	217,88 a	236,66 a
Sul - 40%	11,07 b	12,89 b	18,33 b	60,01 b	77,44 b	123,77 b	136,88 b	159,33 b	207,33 b
Norte - 50%	20,72 a	22,44 a	35,66 a	122,89 a	147,44 a	197,67 a	216,89 a	227,89 a	251,22 a
Sul - 50%	17,00 a	20,22 a	21,22 b	75,55 b	91,55 b	137,77 b	151,77 b	185,77 b	210,44 b

^{ns} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Nos meses de maior precipitação (Novembro a Março), descritos na Figura 2, a diferença entre altura das plantas nos tratamentos com e sem irrigação diminuiu deixando de ser significativa em 365 e 394 DAP, porém após o período a diminuição das chuvas acarretou em aumento significativo na altura das plantas irrigadas e consequente maior produtividade final (Figura 8).

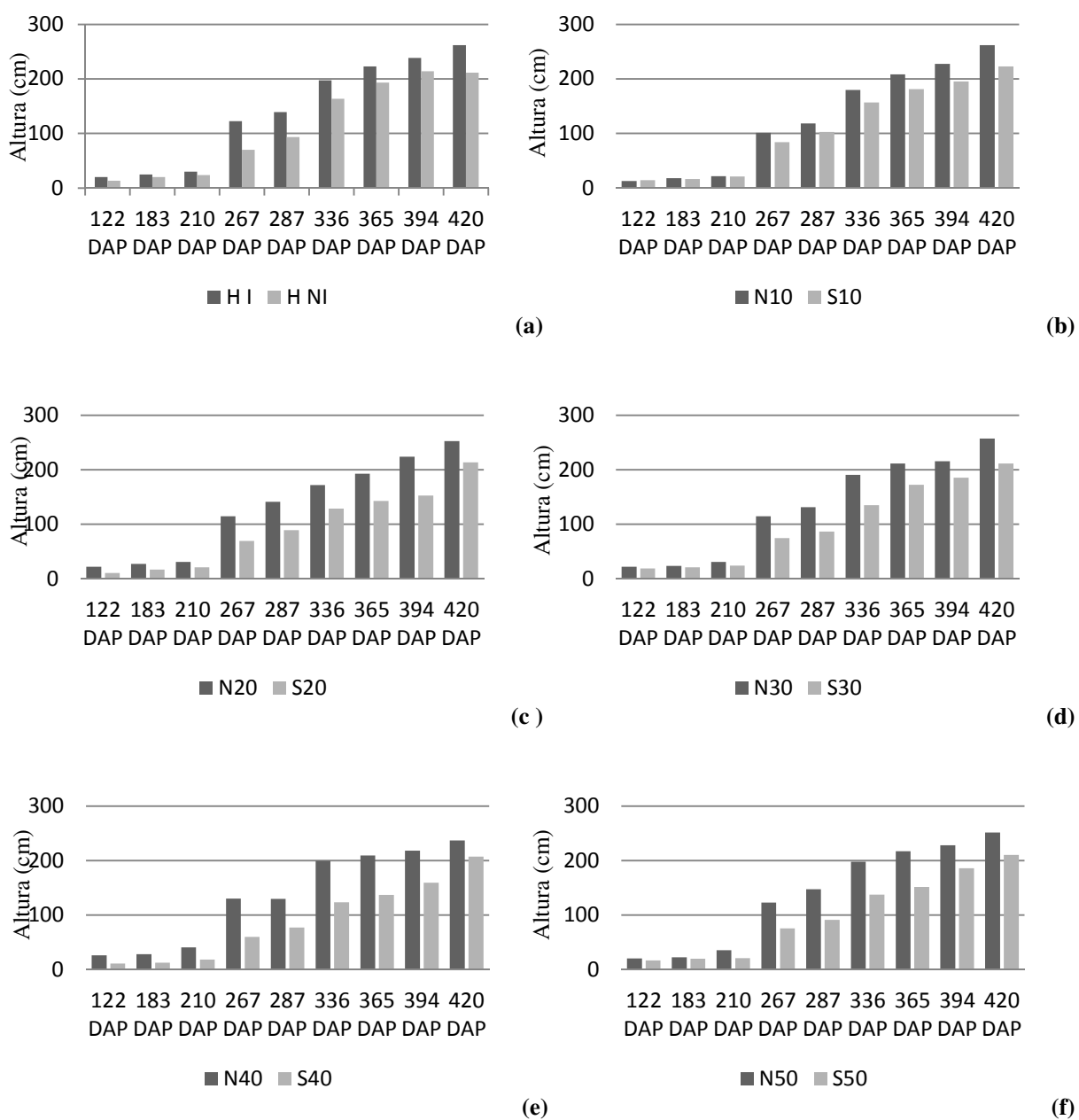


FIGURA 3. Médias de altura das plantas (cm), submetidas a diferentes exposições e declividades

4.2 ÁREA FOLIAR

Os resultados da análise de variância e comparação de médias de área foliar encontram-se na Tabela 5, ao longo do período de Novembro/2011 a Maio/2012. Na Figura 4 apresentam-se, os valores das médias de área foliar para comparação de

exposição (N e S), declividades (10 a 50%) e presença de irrigação. Não houve interação entre a exposição e a declividade.

TABELA 5. Análise de variância (quadrados médios) e médias de área foliar (cm²), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.

Causas da Variação	267 DAP	287 DAP	336 DAP	365 DAP	394 DAP	420 DAP
Declividade (A)	1,75 ^{ns}	5,08 **	1,44 ^{ns}	1,25 ^{ns}	4,12 **	6,40 **
Exposição (B)	22,97 **	44,57 **	31,89 **	40,16 **	32,35 **	89,26 **
Interação A x B	0,46 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,20 ^{ns}	2,06 ^{ns}
Entre Trat. Adic. (I x NI)	1,94 ^{ns}	25,17 **	0,09 ^{ns}	1,35 ^{ns}	3,29 **	3,33 **
C.V (%)	12,70	7,85	9,40	10,16	11,95	10,76
Média Geral	420,88	437,28	494,97	502,96	502,27	541,38
Média Tratamentos Adi.	401,27	448,1	552,32	615,91	583,17	629,07
Declividade de 10 %	411,13 a	467,50 a	499,62 a	517,50 a	556,42 a	594,60 a
Declividade de 20 %	396,23 a	459,28 ab	445,56 a	457,38 a	453,20 b	454,60 c
Declividade de 30 %	408,83 a	407,52 bc	491,40 a	474,34 a	490,66 ab	520,34 abc
Declividade de 40 %	467,84 a	396,37 bc	480,03 a	466,31 a	426,55 b	476,56 bc
Declividade de 50 %	440,01 a	444,94 abc	500,89 a	486,33 a	503,60 ab	473,13 ab
Exposição Norte	471,60 a	476,99 a	531,49 a	539,50 a	548,46 a	624,33 a
Exposição Sul	378,01 b	393,26 b	435,51 b	421,24 b	423,72 b	423,36 b
Declividade 0% - Irrigado	431,67 a	518,45 a	557,92 a	591,66 a	538,71 b	585,68 b
Declividade 0% - Não Irrigado	370,87 a	377,75 b	546,71 a	640,16 a	627,64 a	672,45 a
Norte - 10%	441,62 a	497,22 a	524,47 a	586,32 a	608,13 a	672,13 a
Sul - 10%	380,65 a	437,79 b	474,76 a	448,67 b	504,72 b	517,07 b
Norte - 20%	448,33 a	514,24 a	479,51 a	507,22 a	476,73 a	535,57 a
Sul - 20%	344,12 b	404,32 b	411,62 a	407,54 b	429,67 a	373,63 b
Norte - 30%	441,33 a	445,75 a	561,01 a	540,30 a	571,58 a	614,12 a
Sul - 30%	376,33 a	369,29 b	421,80 b	407,37 b	409,75 b	426,57 b
Norte - 40%	532,76 a	432,16 a	535,58 a	515,74 a	489,39 a	566,34 a
Sul - 40%	402,92 b	360,57 b	424,49 b	416,88 b	363,71 b	386,79 b
Norte - 50%	493,98 a	495,58 a	556,87 a	547,92 a	596,46 a	733,51 a
Sul - 50%	386,05 b	394,31 b	444,91 b	424,75 b	410,75 b	412,75 b

^{NS} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

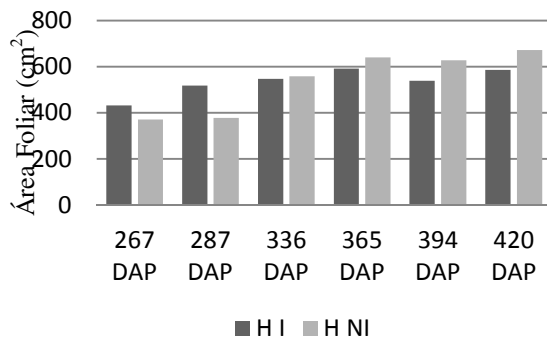
Observa-se que o fator declividade foi significativo a 287 DAP e na etapa final do ciclo a partir de 394 DAP sendo que o maior Crescimento das folhas ocorreu na declividade 10% e o menor na declividade 20%.

Para o fator exposição às diferenças foram significativas em todo o período, e assim como em altura de planta a exposição N foi superior a S durante todo o ciclo da cultura (Figura 4).

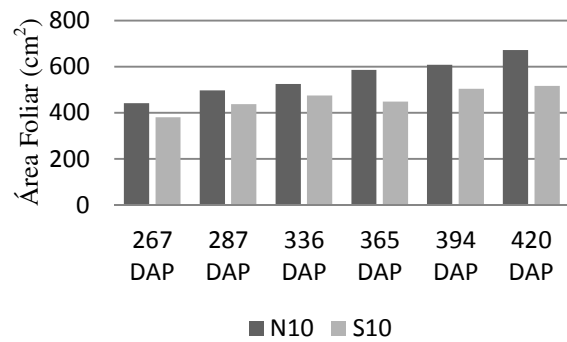
A Figura 4 demonstra o crescimento da folha, comparando a influência do fator exposição sobre cada uma das declividades. Tal diferença foi significativa em todas as análises para as declividades 40 e 50%; para a declividade 10% em 287, 365, 394 e 420 DAP; para a declividade 20% em 267, 287, 365 e 420 DAP; e para a declividade 30% a partir de 287 DAP.

Diferentemente do ocorrido com a altura, o comportamento do crescimento das folhas não correspondeu à presença de irrigação e corroborou com dados obtidos por Trentin et al. (2011) que notando um aumento da área foliar em condições de estresse hídrico.

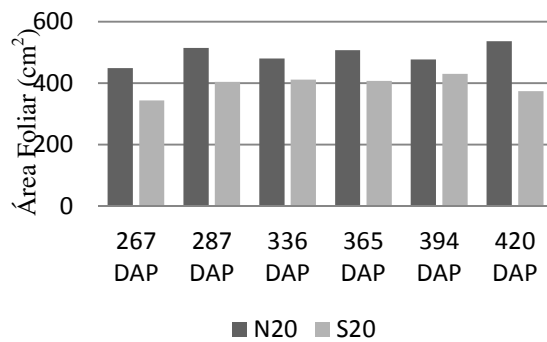
A Figura 4a demonstra que após 336 DAP ocorreu um aumento da área foliar das plantas da parcela não irrigada, sendo significativos a 394 e 420 DAP.



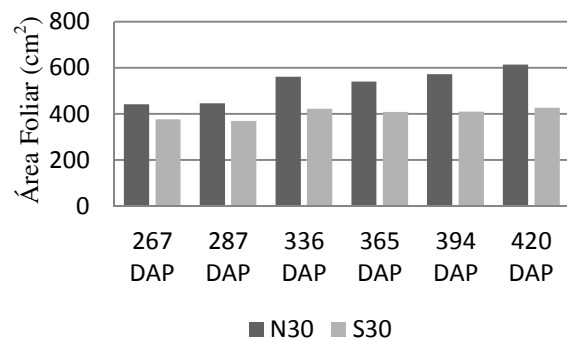
(a)



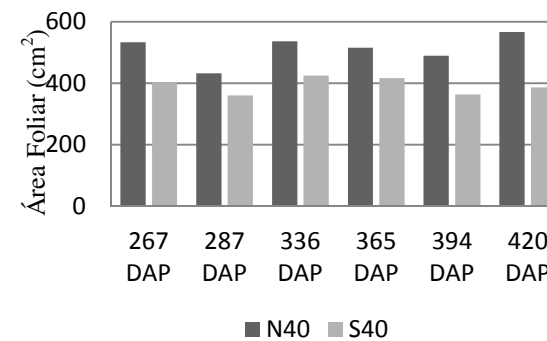
(b)



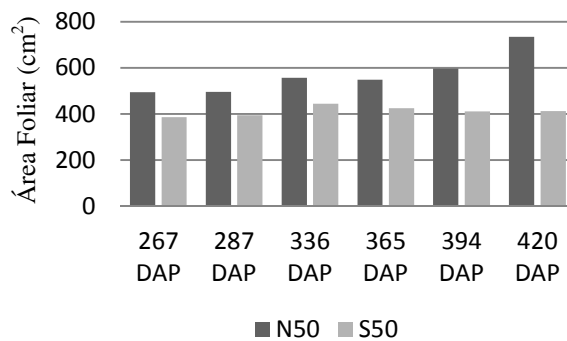
(c)



(d)



(e)



(f)

FIGURA 4. Médias de área foliar (cm²), submetidas a diferentes exposições e declividades.

4.3 DIÂMETRO DO COLMO

Os resultados da análise de variância e comparação de médias, de diâmetro dos colmos encontram-se na Tabela 6. Os valores das médias de diâmetro dos

colmos para comparação de exposição (N e S), declividades (10 a 50%) e presença de irrigação estão na Figura 5.

Não houve interação entre exposição e declividade. Apenas na primeira amostragem (122 DAP) houve diferenças significativas entre as declividades.

Seguindo uma tendência das análises das outras variáveis a influencia do fator exposição foi significativa a 122 DAP, 183 DAP, 210 DAP, 336 DAP, 365 DAP, 394 DAP e 420 DAP.

A Figura 5 mostra que o maior crescimento ocorreu nas exposições norte e no tratamento N50. O menor crescimento dos colmos, em diâmetro, foi visualizado na superfície HNI.

Quanto à presença de irrigação, apenas no início houve diferenças significativas, após o início das chuvas os valores não foram significativamente diferentes, fato mostrado também por Rodrigues (1995) que concluiu que o pico de desenvolvimento de cultivares denominados “18 meses”, ou seja plantados entre janeiro e março, acontece com o início das precipitações e aumento das temperaturas.

TABELA 6. Análise de variância (quadrados médios) e médias de diâmetro dos colmos (mm), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.

Causas da Variação	122 DAP	183 DAP	210 DAP	267 DAP	287 DAP	336 DAP	365 DAP	394 DAP	420 DAP
Declividade (A)	3,25 *	1,2 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Exposição (B)	17,82 **	14,50 **	10,69 **	3,57 ^{ns}	2,02 ^{ns}	11,23 **	12,73 **	16,49 **	18,69**
Interação A x B	1,68 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,20 ^{ns}
Entre Trat. Adic. (I x NI)	0,86 ^{ns}	3,82 ^{ns}	9,43 **	0,94 ^{ns}	0,18 ^{ns}	3,09 ^{ns}	2,27 ^{ns}	2,37 ^{ns}	3,97 ^{ns}
C.V (%)	7,45	12,57	9,22	11,26	9,06	6,74	5,40	5,45	5,31
Média Geral	7,77	9,44	10,40	17,17	18,06	19,49	21,00	22,35	23,42
Média Tratamentos Adi.	7,83	9,23	10,22	17,09	18,07	19,02	20,58	21,75	22,83
Declividade de 10%	7,46 a	8,56 a	10,04 a	17,50 a	18,26 a	19,88 a	21,08 a	22,12 a	23,40 a
Declividade de 20%	7,46 a	9,51 a	10,27 a	16,22 a	17,94 a	18,91 a	20,33 a	22,14 a	23,35 a
Declividade de 30%	8,44 a	9,70 a	11,01 a	17,49 a	17,67 a	19,33 a	21,09 a	22,65 a	23,41 a
Declividade de 40%	7,52 a	10,02 a	10,57 a	17,24 a	18,19 a	19,64 a	21,19 a	22,61 a	23,57 a
Declividade de 50%	8,44 a	9,61 a	10,32 a	17,49 a	18,23 a	20,14 a	21,70 a	22,85 a	24,01 a
Exposição Norte	8,20 a	10,30 a	11,01 a	17,85 a	18,66 a	20,38 a	21,82 a	23,38 a	24,53 a
Exposição Sul	7,31 b	8,65 b	9,87 b	16,52 a	17,46 a	18,78 b	20,34 b	21,57 b	22,57 b
Declividade 0% - Irrigado	8,05 a	10,18 a	11,42 a	17,85 a	18,35 a	19,96 a	21,28 a	22,52 a	23,84 a
Declividade 0% - Não Irrigado	7,61 a	8,29 a	9,01 b	16,32 a	17,79 a	18,08 a	19,89 a	20,99 a	21,82 a
Norte - 10%	7,74 a	8,96 a	10,32 a	17,73 a	18,44 a	20,33 a	21,38 a	22,48 a	24,09 a
Sul - 10%	7,17 a	8,15 a	9,76 a	17,27 a	18,08 a	19,44 a	20,79 a	21,76 a	22,71 a
Norte - 20%	8,22 a	11,06 a	11,35 a	17,18 a	18,64 a	19,71 a	20,75 a	22,99 a	24,16 a
Sul - 20%	6,69 b	7,96 b	9,19 b	15,27 a	17,23 a	18,11 a	19,92 a	21,28 a	22,54 a
Norte - 30%	8,57 a	10,42 a	11,24 a	18,28 a	18,30 a	20,42 a	22,63 a	24,15 a	24,67 a
Sul - 30%	8,31 a	8,99 a	10,77 a	16,70 a	17,05 a	18,24 a	19,55 b	21,14 b	22,16 b
Norte - 40%	8,31 a	10,58 a	11,19 a	17,85 a	18,81 a	20,28 a	21,72 a	23,44 a	24,65 a
Sul - 40%	6,73 b	9,46 a	9,96 a	16,63 a	17,58 a	19,00 a	20,65 a	21,78 a	22,49 b
Norte - 50%	8,18 a	10,51 a	10,97 a	17,24 a	19,11 a	21,19 a	22,61 a	23,83 a	25,09 a
Sul - 50%	7,65 a	8,71 a	9,67 a	15,27 a	17,35 a	19,10 a	20,79 a	21,87 a	22,94 b

^{NS} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

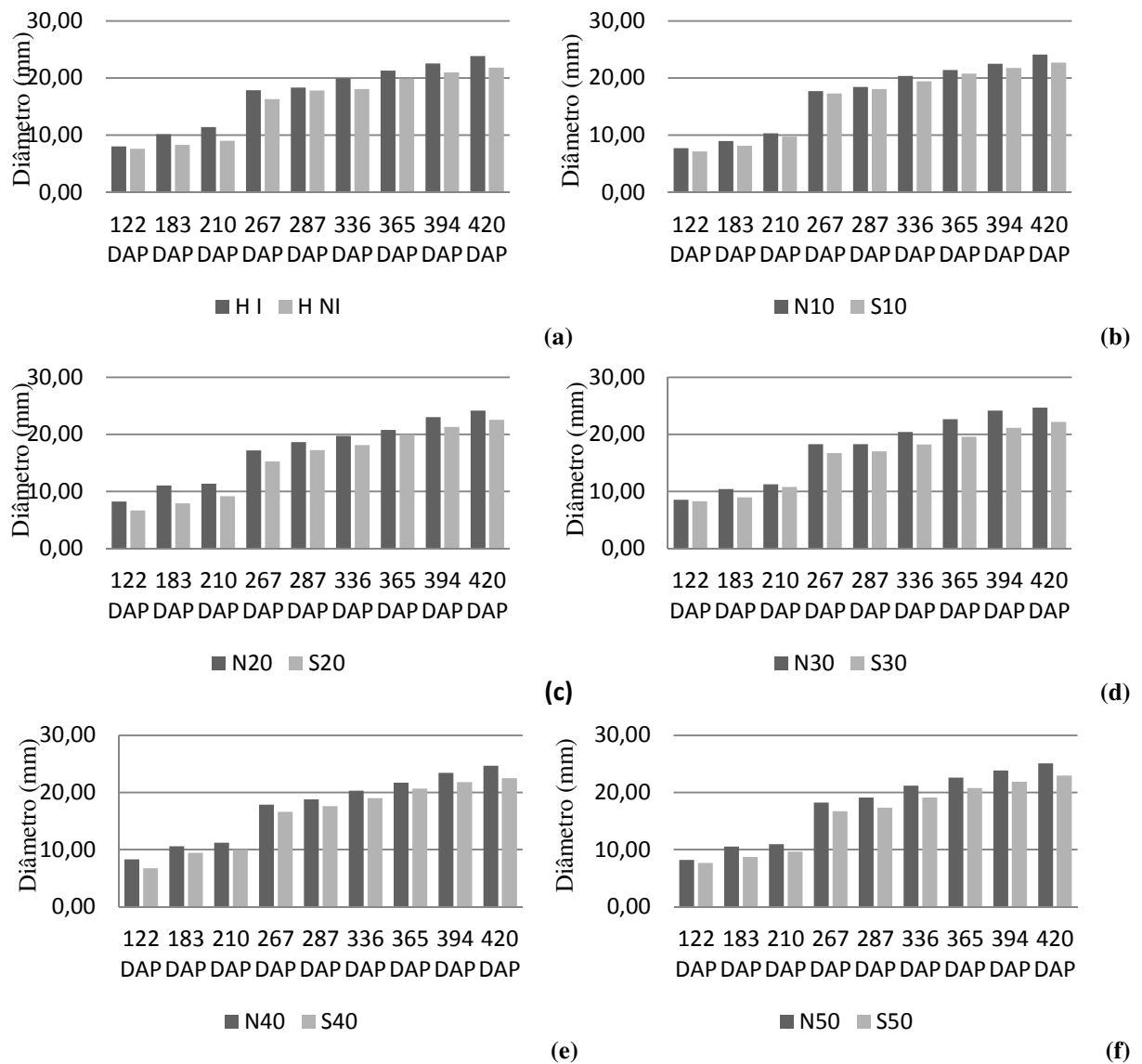


FIGURA 5. Médias de diâmetro dos colmos (mm), submetidas a diferentes exposições e declividades.

4.4. MASSA DE MATÉRIA SECA DAS FOLHAS

Os resultados da análise de variância e comparação de médias de massa de matéria seca das folhas encontram-se na Tabela 7, ao longo do período de Novembro/2011 a Maio/2012.

Na Figura 6 apresentam-se, os valores das médias do peso (g) da massa de matéria seca para comparação de exposição (N e S), declividades (10 a 50%) e presença de irrigação.

TABELA 7. Análise de variância (quadrados médios) e médias de massa de matéria seca das folhas (g), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.

Causas da Variação	267 DAP	287 DAP	336 DAP	365 DAP	394 DAP	420 DAP
Declividade (A)	1,75 ^{ns}	5,10 **	1,44 ^{ns}	1,25 ^{ns}	4,10 **	6,37 **
Exposição (B)	22,91 **	44,45 **	31,95 **	40,10 **	32,27 **	89,83 **
Interação A x B	0,46 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,20 ^{ns}	2,04 ^{ns}
Entre Trat. Adic. (I x NI)	1,95 ^{ns}	25,24 **	0,09 ^{ns}	1,35 ^{ns}	3,30 ^{ns}	3,32 ^{ns}
C.V (%)	12,70	7,85	9,41	10,17	11,96	10,78
Média Geral	5,14	5,34	6,05	6,15	6,14	6,62
Média Tratamentos Adi.	4,90	5,47	6,75	7,53	7,13	7,69
Declividade de 10%	5,02 a	5,71 a	6,11 a	6,33 a	6,80 a	7,27 a
Declividade de 20%	4,84 a	5,61 ab	5,45 a	5,59 a	5,54 b	5,55 c
Declividade de 30%	4,99 a	4,98 bc	6,01 a	5,80 a	6,00 ab	6,36 abc
Declividade de 40%	5,72 a	4,84 c	5,87 a	5,70 a	5,21 b	5,82 bc
Declividade de 50%	5,38 a	5,44 abc	6,12 a	5,94 a	6,15 ab	7,01 ab
Exposição Norte	5,76 a	5,83 a	6,50 a	6,59 a	6,70 a	7,63 a
Exposição Sul	4,62 b	4,81 b	5,32 a	5,15 b	5,18 b	5,17 b
Declividade 0% - Irrigado	5,28 a	6,34 a	6,68 a	7,23 a	6,58 a	7,16 a
Declividade 0% - Não Irrigado	4,53 a	4,61 b	6,82 a	7,83 a	7,67 a	8,22 a
Norte - 10%	5,40 a	6,08 a	6,41 a	7,17 a	7,43 a	8,22 a
Sul - 10%	4,65 a	5,35 b	5,80 a	5,48 b	6,17 b	6,32 b
Norte - 20%	5,48 a	6,29 a	5,86 a	6,20 a	5,83 a	6,55 a
Sul - 20%	4,21 b	4,94 b	5,03 a	4,98 b	5,25 a	4,56 b
Norte - 30%	5,39 a	5,45 a	6,86 a	6,60 a	6,99 a	7,51 a
Sul - 30%	4,60 a	4,51 b	5,15 b	4,99 b	5,01 b	5,21 b
Norte - 40%	6,51 a	5,28 a	6,55 a	6,30 a	5,98 a	6,92 a
Sul - 40%	4,92 b	4,41 b	5,19 b	5,09 b	4,45 b	4,73 b
Norte - 50%	6,04 a	6,06 a	6,81 a	6,70 a	7,29 a	8,97 a
Sul - 50%	4,72 b	4,82 b	5,44 b	5,19 b	5,02 b	5,05 b

^{NS} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%.

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve interação entre declividades e exposições; e a presença de irrigação não contribuiu significativamente para um aumento no peso das folhas.

Aos 287 DAP e no final do ciclo a 394 DAP e 420 DAP a massa de matéria seca das folhas foi influenciada significativamente pelas diferentes declividades, sendo que o maior valor ocorreu na declividade 10%.

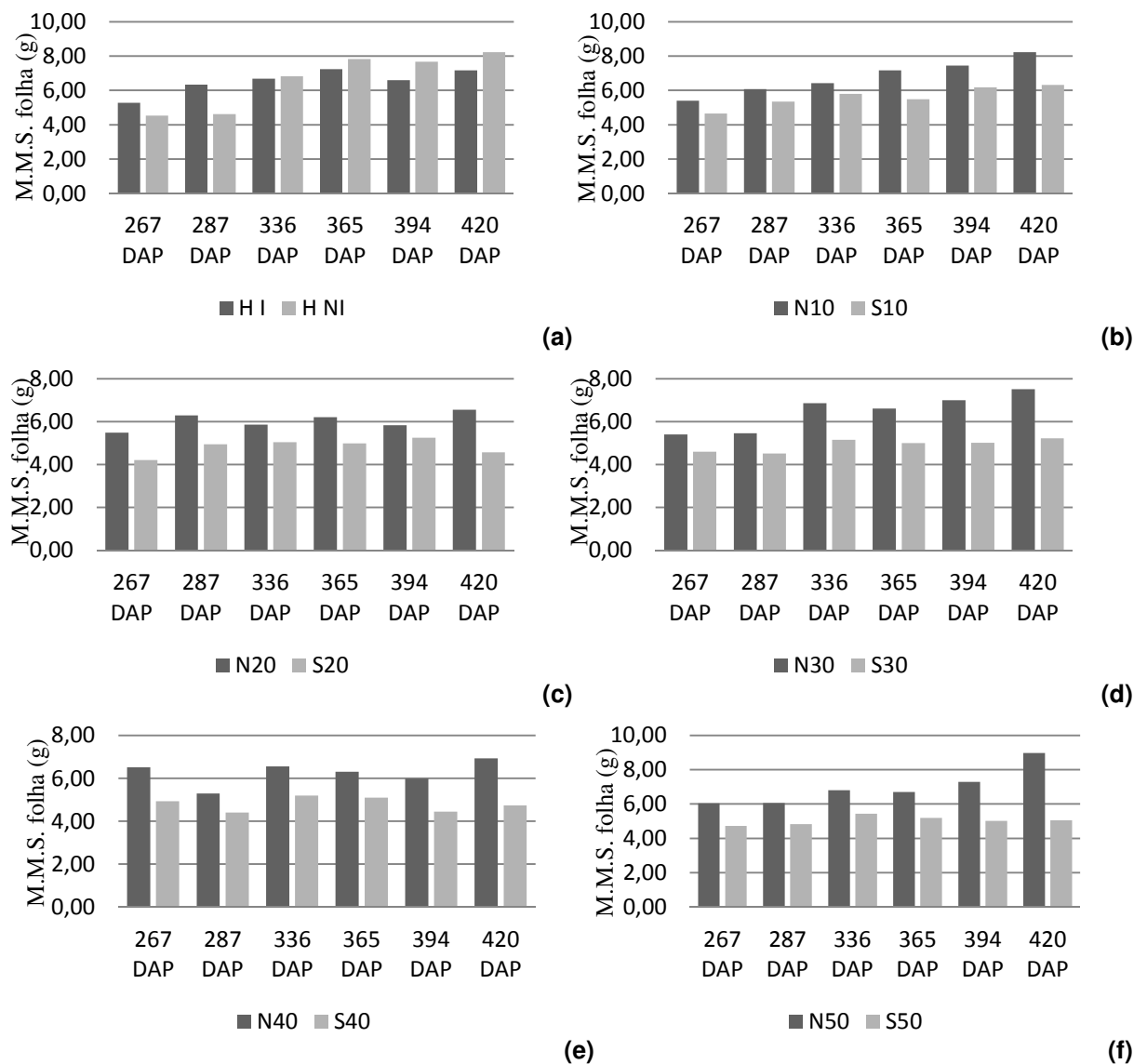


FIGURA 6. Médias de massa de matéria seca das folhas (cm^2), submetidas a diferentes exposições e declividades.

Demonstrando uma tendência em todos os fatores anteriormente analisados a exposição gerou, durante todo o período, diferenças significativas. Em todos os tratamentos (Figura 6) os maiores valores para massa de matéria foram na exposição norte. A exposição 50N foi a que apresentou maiores valores de massa de matéria seca. O menor valor foi encontrado na exposição S40.

Semelhante ao ocorrido com a área foliar a Figura 6a mostra um maior desenvolvimento, porém não significativo, da parcela sem irrigação, fato exemplificado no item 4.2.

4.5. NÚMERO DE COLMOS

Os resultados da análise de variância e comparação de médias de número de colmos encontram-se na Tabela 8, e na Figura 7 apresentam-se os valores das médias do número de colmos para comparação de exposição (N e S), declividades (10 a 50%) e presença de irrigação.

As amostragens foram realizadas a 365 DAP 394 DAP e 420 DAP.

Não houve interação entre exposição e declividade e a presença de irrigação não influenciou significativamente um aumento no número de colmos.

Houve diferenças significativas para as declividades a 365 DAP e 420 DAP tendo um maior número de colmos na declividade 10% e um menor na declividade 40%.

O crescimento da planta, em número de colmos, foi significativamente influenciado pelas exposições. Durante todo o período as diferenças foram significativas e maiores na exposição norte em todos os tratamentos, como mostrado na Figura 7.

O maior crescimento ocorreu na superfície N10 e o menor na S20.

A Figura 7a mostra o comparativo entre os tratamentos com e sem irrigação. Mesmo apresentando um valor numérico maior em todas as análises, sua presença não influenciou significativamente um aumento no número de colmos.

TABELA 8. Análise de variância (quadrados médios) e médias de número de colmos, submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.

Causas da Variação	365 DAP	394 DAP	420 DAP
Declividade (A)	3,42 **	1,81 ^{ns}	4,16 *
Exposição (B)	15,10 **	42,75 **	54,01 **
Interação A x B	0,24 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,54 ^{ns}
Entre Trat. Adic. (I x NI)	1,54 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,23 ^{ns}
C.V (%)	14,53	14,64	13,80
Média Geral	10,55	12,77	15,12
Média Tratamentos Adi.	11,22	14,16	15,38
Declividade de 10%	10,22 ab	13,00 a	17,50 a
Declividade de 20%	8,83 b	12,16 a	14,16 ab
Declividade de 30%	10,83 ab	12,00 a	14,33 ab
Declividade de 40%	10,19 ab	11,33 a	13,16 b
Declividade de 50%	12,02 a	14,00 a	16,16 ab
Exposição Norte	11,51 a	14,73 a	17,86 a
Exposição Sul	9,33 b	10,26 b	12,26 b
Declividade 0% - Irrigado	12,00 a	14,33 a	16,33 a
Declividade 0% - Não Irrigado	10,44 a	14,00 a	14,44 a
Norte - 10%	10,77 a	13,66 a	19,66 a
Sul - 10%	9,66 a	12,33 a	15,33 b
Norte - 20%	10,00 a	15,33 a	17,66 a
Sul - 20%	7,66 a	9,00 b	10,66 b
Norte - 30%	11,99 a	14,66 a	17,66 a
Sul - 30%	9,66 a	9,33 b	11,00 b
Norte - 40%	11,55 a	13,66 a	15,33 a
Sul - 40%	8,83 b	9,00 b	11,00 b
Norte - 50%	13,22 a	16,33 a	19,00 a
Sul - 50%	10,83 a	11,66 b	13,33 b

^{NS} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

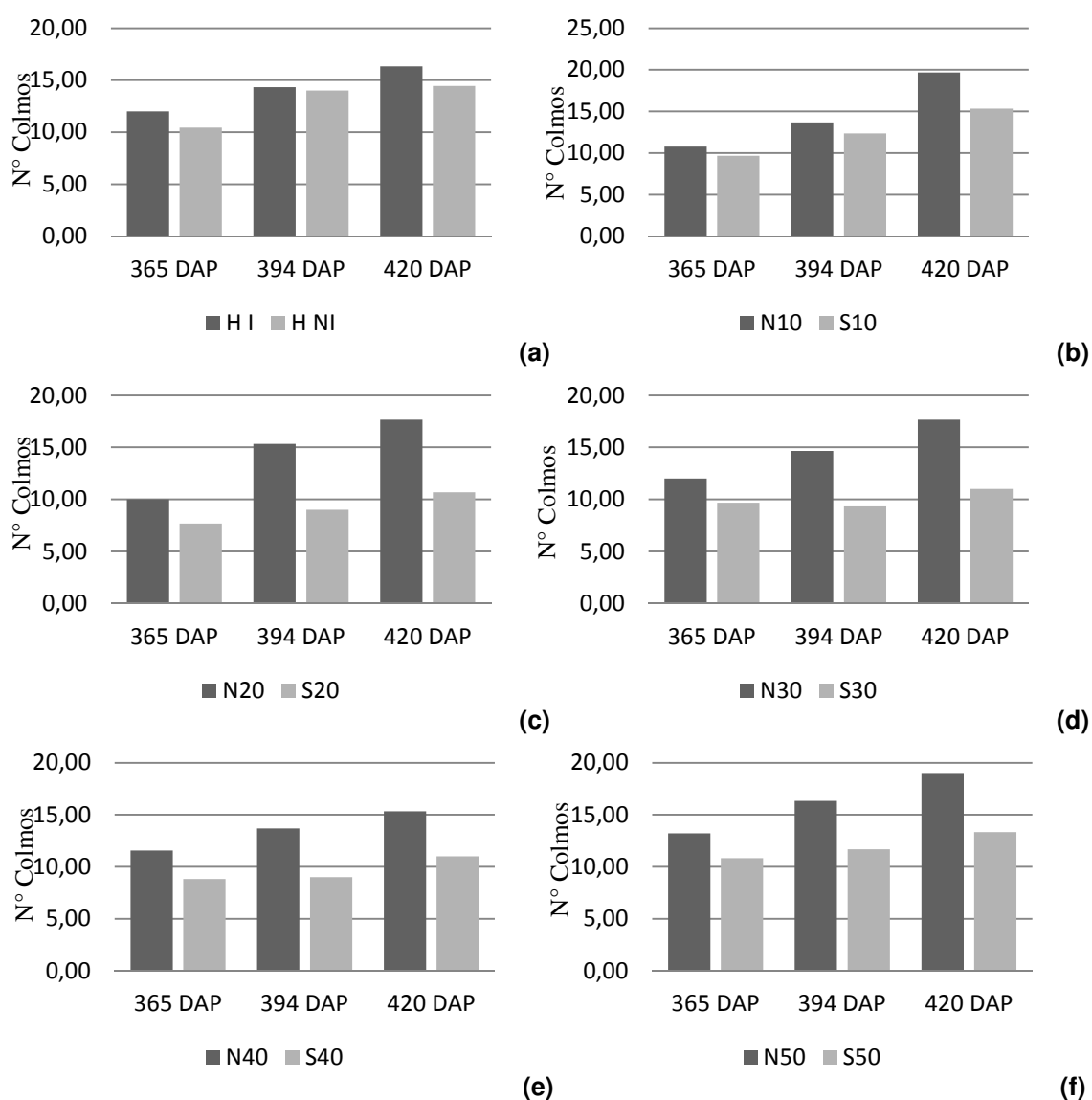


FIGURA 7. Médias de número de colmos submetidas a diferentes exposições e declividades.

4.6. PRODUTIVIDADE

Aos 465 DAP, foi realizado a colheita, pesagem e cálculo da produtividade para todas as superfícies inclinadas, com três repetições. Os resultados da análise de variância e comparação de médias da produtividade encontram-se na Tabela 9.

Não houve interação entre declividade e exposição e a declividade não influenciou significativamente o aumento da produtividade.

TABELA 9. Análise de variância (quadrados médios) e médias das produtividades (t ha⁻¹), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.

Causas da Variação	465 DAP
Declividade (A)	1,42 ^{ns}
Exposição (B)	10,02 **
Interação A x B	0,37 ^{ns}
Entre Trat. Adic. (I x NI)	7,81 *
C.V (%)	17,68
Média Geral	117,69
Média Tratamentos Adi.	116,25
Declividade de 10%	101,78 a
Declividade de 20%	117,50 a
Declividade de 30%	125,71 a
Declividade de 40%	117,55 a
Declividade de 50%	127,38 a
Exposição Norte	130,02 a
Exposição Sul	105,95 b
Declividade 0% - Irrigado	140,00 a
Declividade 0% - Não Irrigado	92,50 b
Norte - 10%	107,50 a
Sul - 10%	96,07 a
Norte - 20%	127,14 a
Sul - 20%	107,85 a
Norte - 30%	136,42 a
Sul - 30%	115,00 a
Norte - 40%	136,90 a
Sul - 40%	98,21 b
Norte - 50%	142,14 a
Sul - 50%	112,62 a

^{NS} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A exposição norte influenciou significativamente um aumento da produtividade em relação à exposição sul.

Na Figura 8 apresentam-se, os valores das médias da produtividade para comparação de exposição (N e S), declividades (10 a 50%) e presença de irrigação.

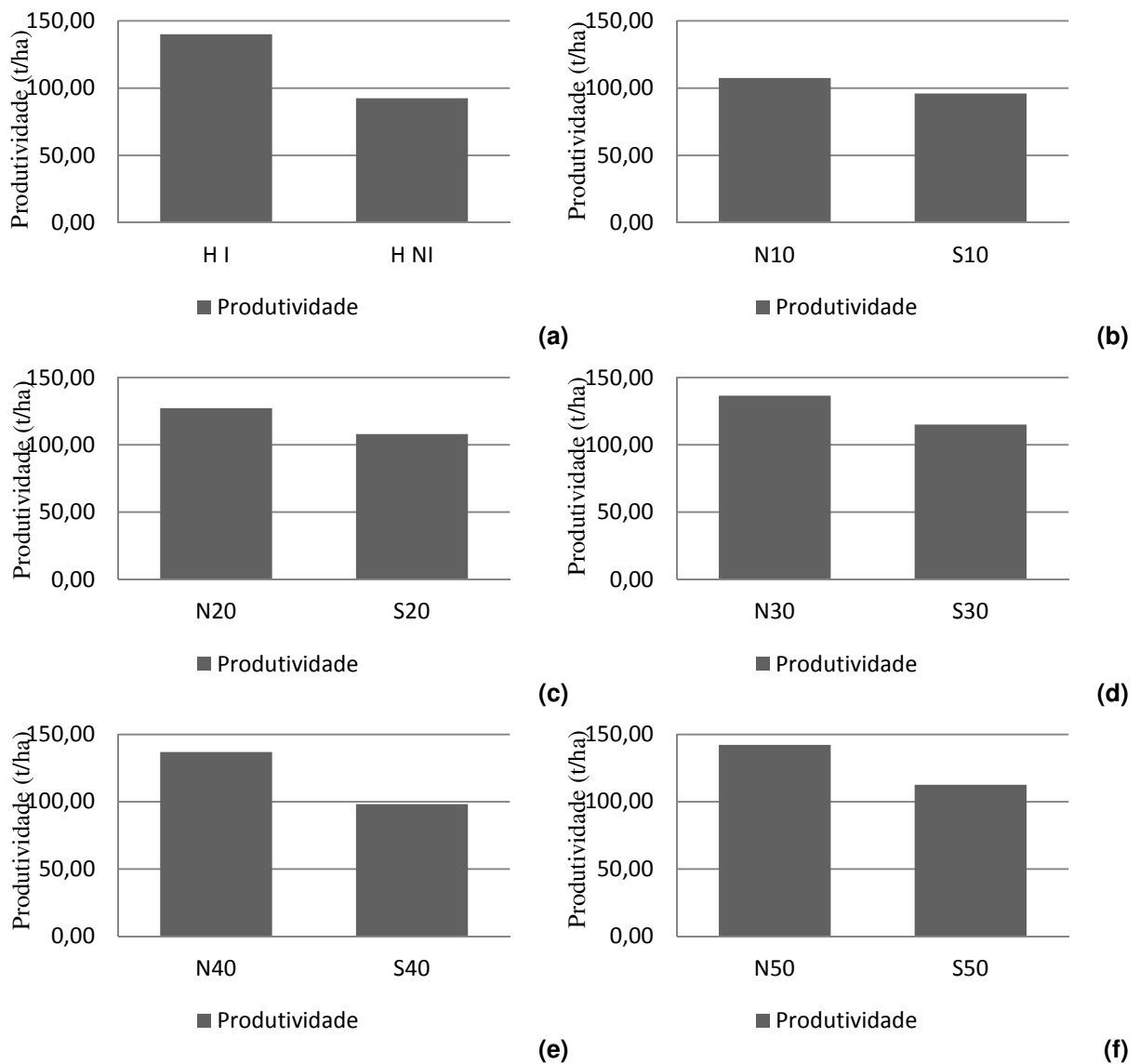


FIGURA 8. Médias das produtividades ($t\ ha^{-1}$) nas diferentes exposições e declividades.

Todos os valores de produtividades foram maiores na exposição norte em relação à exposição sul, porém apenas no tratamento N40 os valores foram significativos.

A presença da irrigação influenciou significativamente o crescimento na superfície HI, com uma produtividade de $140,00\ t\ ha^{-1}$.

4.6.1. PRODUTIVIDADE COMPARADA COM A RADIAÇÃO PAR E IRRIGAÇÃO

A Figura 9 mostra a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) acumulada em cada superfície.

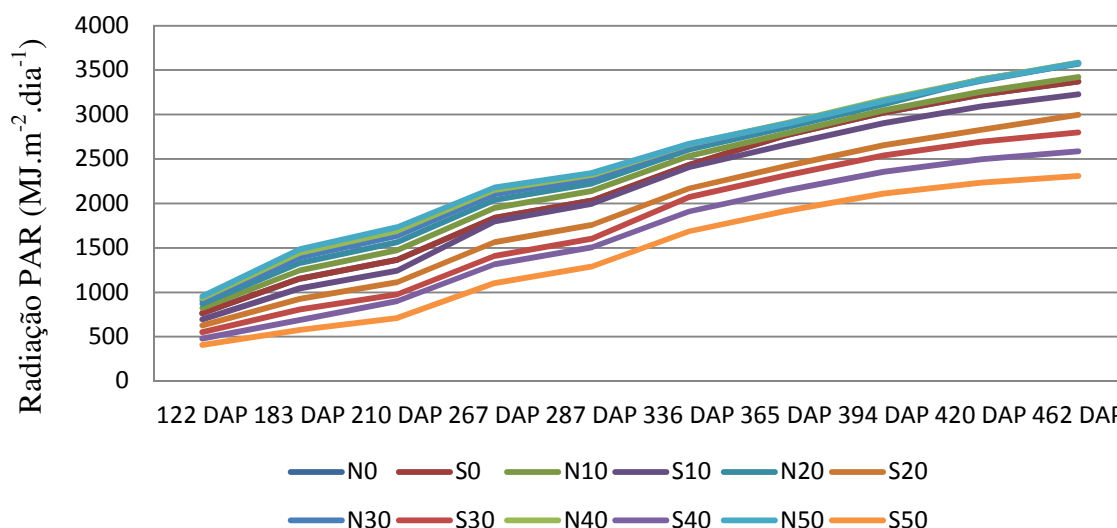


FIGURA 9. Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) acumulada até a data de cada amostragem em cada tratamento.

As Figuras 10 e 11 demonstram o comportamento da produtividade em função da PAR acumulada e da quantidade de água disponibilizadas a cultura durante todo ciclo, respectivamente.

Os dados das Figuras 10 e 11 mostram que a produção da exposição N foi superior a exposição S, influenciado pelo aumento da radiação PAR e pela disponibilidade de água, fato que confirma com os resultados obtidos por Coan et al., (2012) estudando o crescimento de grama esmeralda em diferentes exposições; Ferreira Junior et al., (2012) estudando variáveis biométricas e meteorológicas no crescimento da cana-de-açúcar; Barbosa et al., (2012) estudando fertirrigação em cana-de-açúcar; e Silva et al., (2011) analisando a eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada.

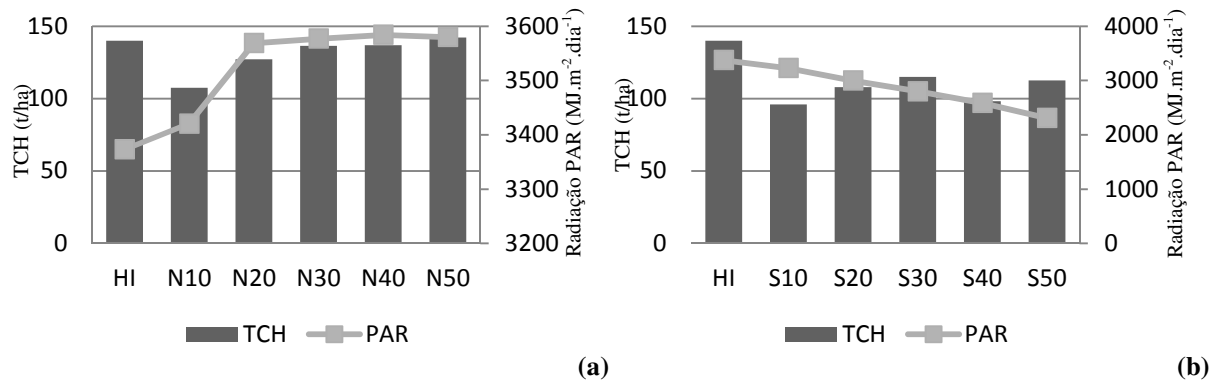


FIGURA 10. Comparação entre produtividade (t ha^{-1}) e Radiação PAR ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) para as diferentes exposições e declividades.

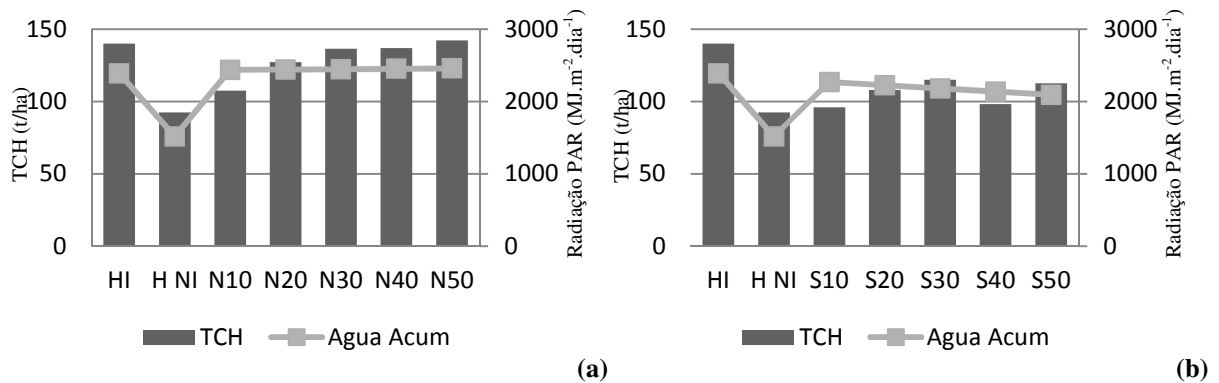


FIGURA 11. Comparação entre produtividade (t ha^{-1}) e disponibilidade total de água (mm) para as diferentes exposições e declividades.

A fim de analisar a influência da radiação PAR e da irrigação para o crescimento de todos os fatores foi realizada uma análise de correlação entre as variáveis (Tabela 10).

A PAR correlacionou-se com crescimento da planta em altura, área foliar, diâmetro e número de colmos.

Houve correlação entre a quantidade de água irrigada acumulada e os seguintes fatores de crescimento: altura, diâmetro do colmo e produtividade final.

TABELA 10. Análise de correlação entre as variáveis: produtividade, PAR acumulada, disponibilidade total de água, área foliar, diâmetro do colmo, n° colmos e altura da planta, submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.

	Produtividade	Altura	Diâmetro	Área Foliar	N° Colmos	PAR Acum.
PAR Acum.	0,50 ^{ns}	0,75 **	0,65 *	0,79 **	0,75 **	-
Água Acum.	0,69 *	0,70 *	0,79 **	0,11 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,37 ^{ns}

^{NS} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.7. ANÁLISES QUÍMICAS

Após a colheita o material de todos os tratamentos foi encaminhado ao laboratório de análises químicas da Usina São Martinho, localizado na cidade de Pradópolis, SP.

Foram analisados os seguintes aspectos: ATR, BRIX, POL, FIBRA. Os resultados da análise de variância e comparação de médias de todos os fatores citados acima se encontram na Tabela 11.

Houve interação entre declividades e exposições em todos os aspectos.

Para o ATR os valores foram significativamente influenciados pela declividade e pela exposição, sendo a última maior na exposição norte.

A Figura 12 mostra os valores das médias de ATR comparando as exposições em cada declividade. Nas declividades 10% e 50% os valores da exposição sul foram significativamente maiores que a exposição norte, que por sua vez foram maiores nas declividades 20% e 30%. Na declividade 40% não houve diferença significativa entre as exposições.

Com relação à irrigação, sua presença mostrou-se favorável significativamente (Tabela 11 e Figura 12a) ao maior valor de ATR.

TABELA 11. Análise de variância (quadrados médios) e médias dos valores de ATR, BRIX, POL e FIBRA, submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2011/2012.

Causas da Variação	ATR	BRIX	POL	FIBRA
Declividade (A)	330,25 **	545,36 **	16,07 **	22,75 **
Exposição (B)	21,68 **	1026,68 **	18,47 **	261,08 **
Interação A x B	425,86 **	809,74 **	22,72 **	70,69 **
Entre Trat. Adic. (I x NI)	229,29 **	360,38 **	11,50 **	0,9 ^{ns}
C.V (%)	0,14	0,097	0,70	0,62
Média Geral	151,71	20,57	18,55	12,81
Média Tratamentos Adi.	154,32	20,91	18,92	12,90
Declividade de 10%	148,74 e	20,21 e	18,16 c	12,79 b
Declividade de 20%	151,38 c	20,53 c	18,50 ab	12,80 b
Declividade de 30%	150,62 d	20,44 d	18,40 b	12,78 b
Declividade de 40%	152,95 a	20,60 b	18,64 a	12,58 c
Declividade de 50%	152,28 b	20,72 a	18,70 a	13,02 a
Exposição Norte	151,38 a	20,62 a	18,58 a	13,03 a
Exposição Sul	151,01 b	20,38 b	18,38 b	12,56 b
Declividade 0% - Irrigado	155,68 a	21,07 a	19,10 a	12,91 a
Declividade 0% - Não Irrigado	152,96 b	20,76 b	18,74 b	12,89 b
Norte - 10%	147,02 b	19,99 b	17,89 b	12,65 b
Sul - 10%	150,46 a	20,44 a	18,44 a	12,94 a
Norte - 20%	152,79 a	20,76 a	18,74 a	12,95 a
Sul - 20%	149,98 b	20,31 b	18,27 b	12,63 b
Norte - 30%	153,25 a	20,83 a	18,80 a	12,96 a
Sul - 30%	148,00 b	20,05 b	18,01 b	12,61 b
Norte - 40%	153,02 a	20,78 a	18,79 a	13,00 a
Sul - 40%	152,88 a	20,43 b	18,50 b	12,17 b
Norte - 50%	150,84 b	20,74 a	18,71 a	13,60 a
Sul - 50%	153,73 a	20,70 b	18,69 a	12,45 b

^{NS} não significativo, * significativo ao nível de 5%, ** significativo ao nível de 1%. Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para o BRIX os resultados foram semelhantes ao ATR sendo os valores significativamente influenciados pela declividade e pela exposição, sendo a última maior na exposição norte.

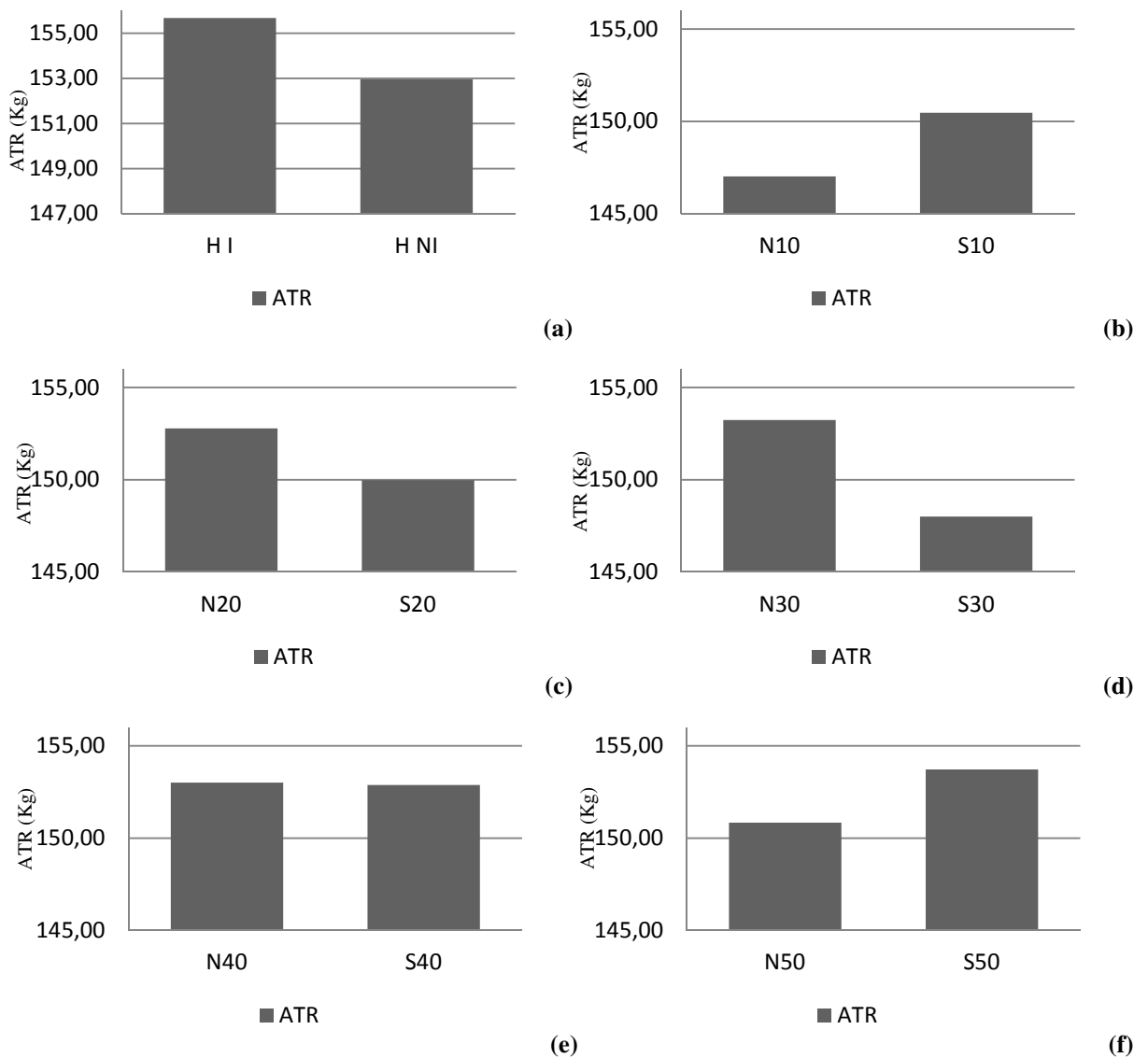


FIGURA 12. Médias Dos valores de ATR nas diferentes exposições e declividades.

A Figura 13 mostra os valores das médias de BRIX comparando as exposições em cada declividade. Nas declividades 20%, 30%, 40% e 50% os valores da exposição norte foram significativamente maiores que a exposição sul, que por sua vez foi maior apenas na declividade 10%.

Com relação à irrigação, sua presença mostrou-se favorável significativamente (Tabela 11 e Figura 13a) ao maior teor de BRIX.

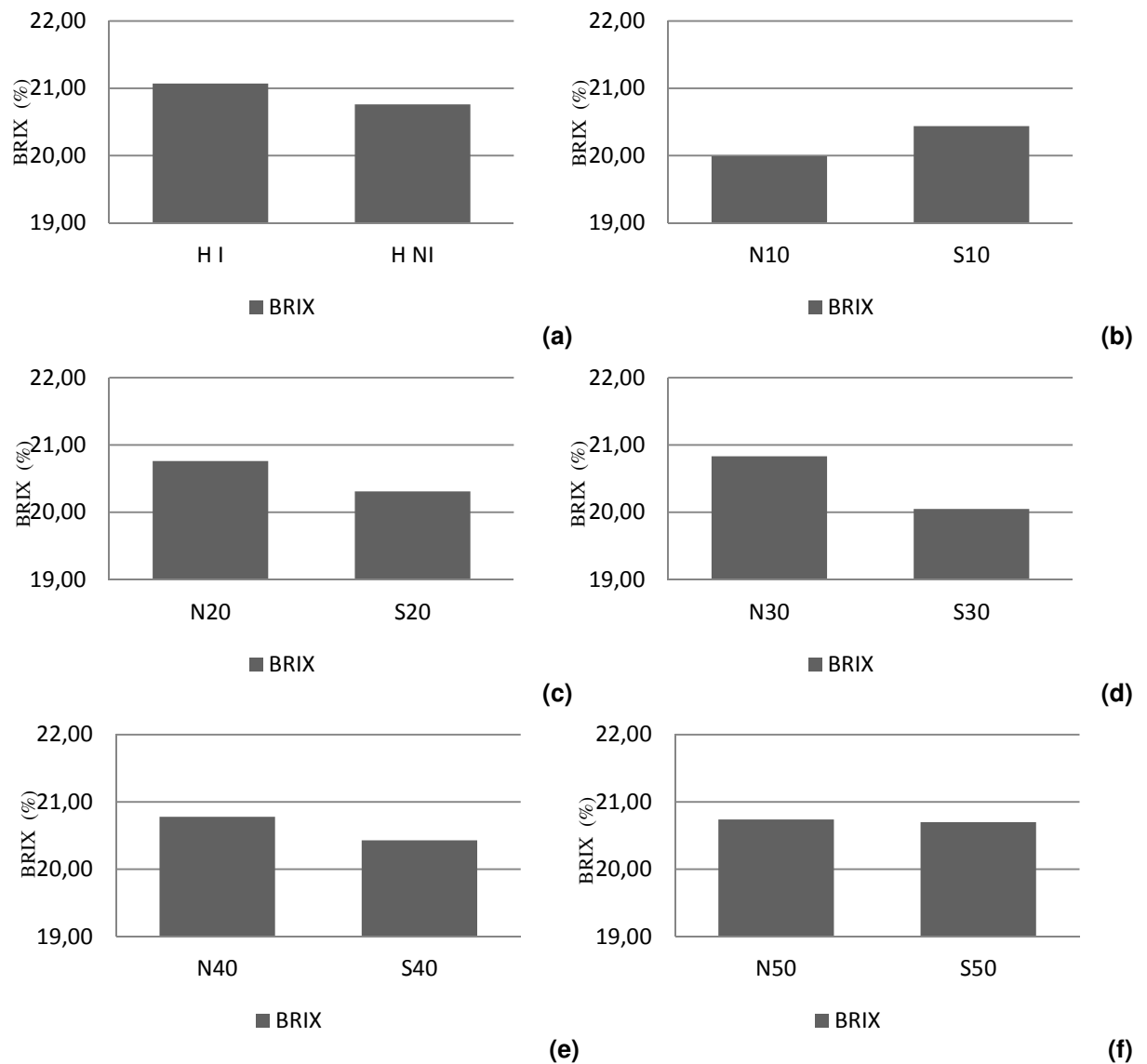


FIGURA 13. Médias Dos valores de BRIX nas diferentes exposições e declividades.

Assim como para ATR e BRIX os valores de POL foram significativamente influenciados pela declividade e pela exposição, sendo a última maior na exposição norte.

Na Figura 14 estão os valores das médias de ATR comparando as exposições em cada declividade. Não houve diferença significativa na declividade 50% e na declividade 10% os valores foram maiores significativamente na exposição sul, tendo a exposição norte os maiores valores de POL nas declividades 20%, 30% e 40%.

A irrigação mostrou-se eficiente em aumentar a POL da cana-de-açúcar, sendo significativamente maior no período analisado.

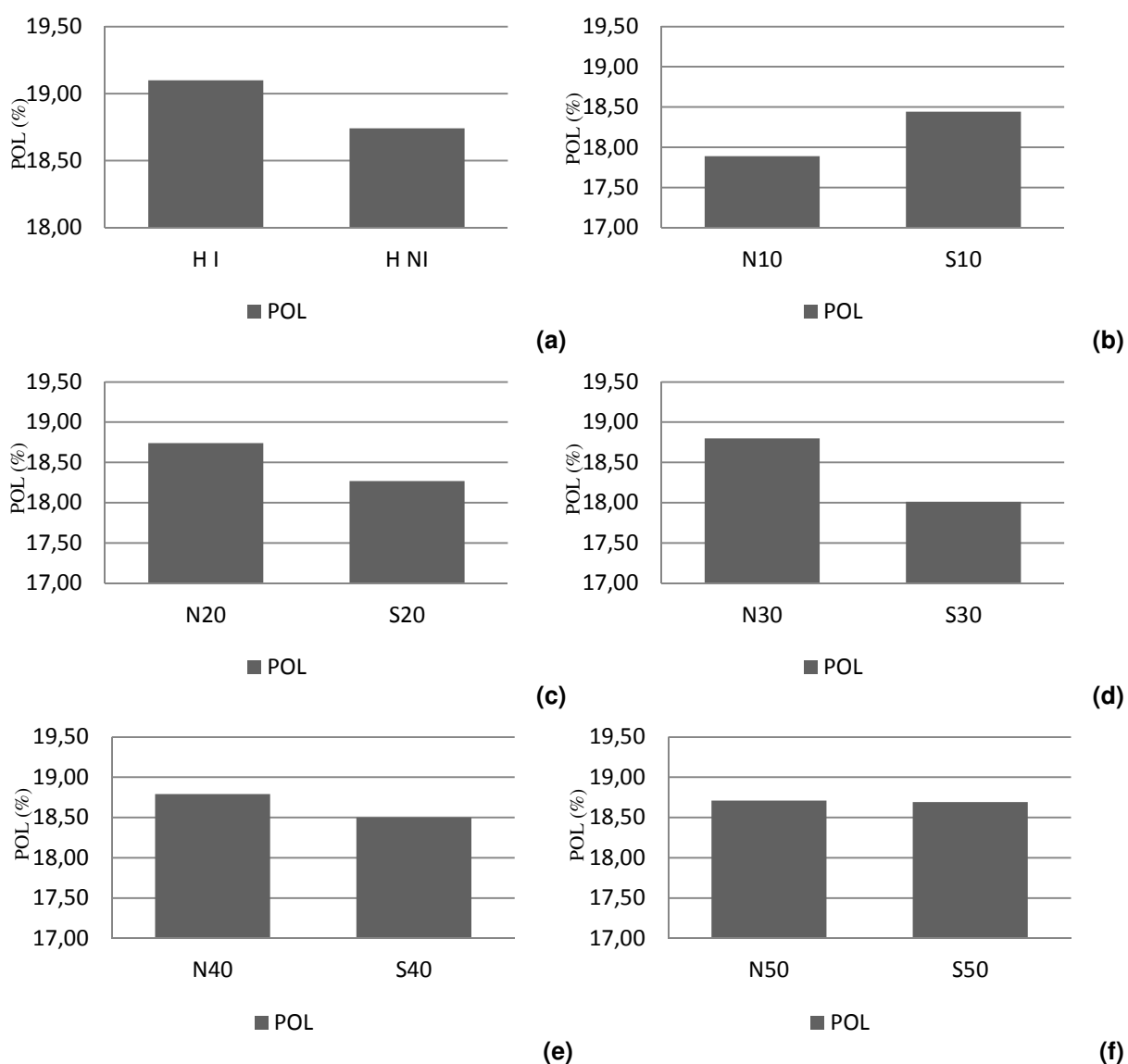


FIGURA 14. Médias Dos valores de POL nas diferentes exposições e declividades.

Para a FIBRA os valores foram significativamente influenciados pela declividade e pela exposição, sendo a última maior na exposição norte.

A Figura 15 mostra os valores das médias de FIBRA comparando as exposições em cada declividade. Apenas na declividade 10% os valores da exposição sul foram significativamente maiores que a exposição norte, que por sua

vez foram maiores nas declividades 20%, 30%, 40% e 50%. Os dados corroboram com Fernandes (2000), que encontrou influencia do clima e do solo nos teores de fibra.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem irrigação.

Analisando todos os fatores das análises químicas é possível afirmar que houve influência da exposição e declividade, verificando um diferente ponto de maturação em cada tratamento.

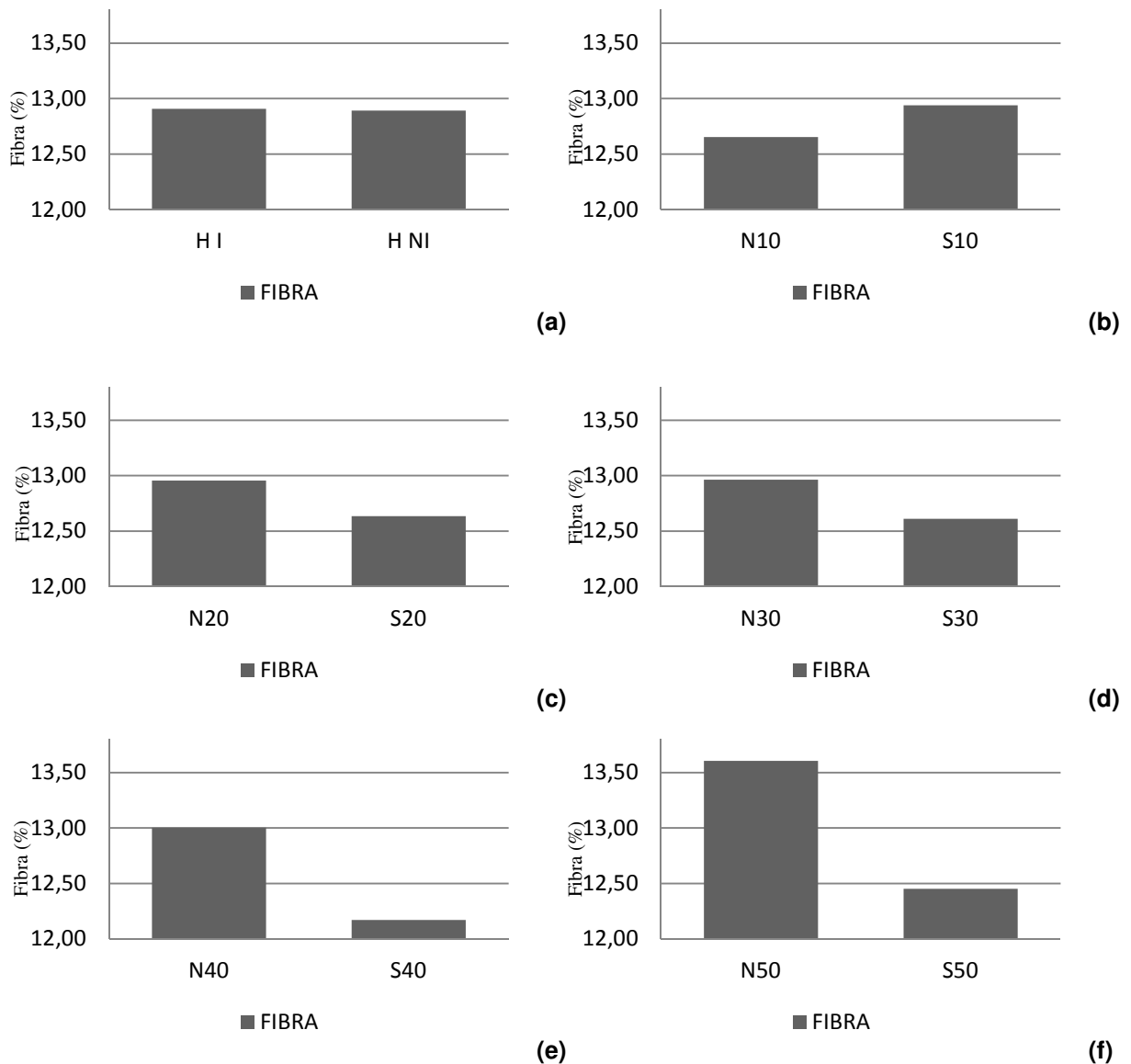


FIGURA 15. Médias Dos valores de Fibra nas diferentes exposições e declividades.

4.8. RETORNO ECONÔMICO

Ao final do experimento foi realizada uma análise econômica simulando o valor final de cada tratamento, em R\$ ha⁻¹. Foi utilizado o método CONSECANA, descrito no item 3.6, utilizado para o pagamento dos produtores no estado de São Paulo, levando em consideração os valores de ATR e produtividade.

A Tabela 12 mostra que em todos os tratamentos os valores foram maiores para a exposição norte. A parcela horizontal irrigada foi a que apresentou maior rentabilidade ha⁻¹ contrastando com o menor valor na parcela não irrigada.

É possível observar uma tendência de aumento no valor final com o aumento da declividade em norte.

TABELA 12. Análise econômica (R/ha) dos tratamentos. Jaboticabal, SP, 2011/2012.

Causas da Variação	Produtividade	ATR	R\$/ha
Declividade 0% - Irrigado	140,00	155,68	10.337,15
Declividade 0% - Não Irrigado	92,50	152,96	6.710,68
Norte - 10%	107,50	147,02	7.496,26
Sul - 10%	96,07	150,46	6.856,09
Norte - 20%	127,14	152,79	9.213,63
Sul - 20%	107,86	149,98	7.672,23
Norte - 30%	136,43	153,25	9.916,21
Sul - 30%	115,00	148,00	8.072,40
Norte - 40%	136,90	153,02	9.935,87
Sul - 40%	98,21	152,88	7.121,83
Norte - 50%	142,14	150,84	10.169,26
Sul - 50%	112,62	153,73	8.211,60

5. CONCLUSÕES:

O crescimento da cana-de-açúcar (variedade RB 855453) foi influenciado significativamente pela exposição, sendo favorecido na exposição Norte.

As declividades foram menos efetivas em alterar o crescimento da variedade, não ocorrendo correlação entre produtividade e radiação fotossinteticamente ativa (PAR).

A presença de irrigação mostrou-se eficiente em alterar o crescimento, apresentando correlação entre a quantidade aplicada água e produtividade.

Todos os aspectos químicos foram influenciados significativamente pelas declividades e exposições, mostrando a interferência no ponto de maturação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AGRIANUAL 2012: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2012. p. 221-246.

ALBINO, J. C.; CRESTE, S.; FIGUEIRA, A. Mapeamento genético da cana-de-açúcar. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 36, p. 82-89, janeiro-junho, 2006.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 27.; 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 1 CD-ROM.

BARBOSA, E. A. A. et al . Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: ciclo da cana-planta. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 16, n. 9, Sept. 2012 . Disponível em
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662012000900005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 01 Dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000900005>.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. **AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos**, Versão 1.1.0.626, 2011

BENINCASA, M. **Efeitos de rampas com diferentes declividades e exposições Norte e Sul de uma bacia hidrográfica sobre o microclima e produtividade biológica do *Sorghum bicolor* (L.) Moench**. Jaboticabal, 1976. 103 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1976.

BOLETIM TÉCNICO 100. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed, 285p. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.

BOUHID, R.G.; MENDONÇA, J.C; PINHEIRO, F.M.A. MARQUES, V.; MARQUES, J. Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana-de-açúcar. Balanço de energia e parâmetros derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.4, 535 - 542, 2010

BRUNINI, O. **Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar**. Cana - de- açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p. 205-218.

CIB - CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia da Cana-de-açúcar** – Avanço Científico Beneficia o País. Setembro, 2009.

COAN, R. M. **Crescimento da grama-esmeralda em diferentes exposições e declividades**. 2008. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2008.

COAN, R. M. et al . Emerald zoyzia grass development regarding photosynthetically active radiation in different slopes. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, jun. 2012 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162012000300009&lng=pt&nrm=iso>. acesso em 30 nov. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000300009>.

CONCEICAO, M. A. F.. Evapotranspiração de referência com base na radiação solar global estimada pelo método de Bristow-Campbell. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, ago. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000400006&lng=pt&nrm=iso>. acesso em 04 dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000400006>.

CONSECANA. CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Manual de Instruções**. Piracicaba, 2006.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, Sept. 2008 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000300012&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 15 out. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162008000300012>.

DANTAS NETO, J. et al . Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 10, n. 2, June 2006 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-

43662006000200006&lng=en&nrm=iso>. acesso em 05 Dez. 2012.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000200006>.

DIAS, F.L.F. **Relação entre a produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na Região Noroeste do Estado de São Paulo**. 1997. 64p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1997.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de: GHEYI, H.R.; SOUZA, A.A. de; DAMASCO, F.A.V.; MEDEIROS, J.F. Campina Grande: UFPB, 1994. p.220-6 (Boletim, 33).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco Energético Nacional 2011**: ano-base 2010. Rio de Janeiro: EPE/MME, 2011.

FARIAS, M. T.; TURCO, J.E.; FERNANDES, E.J.; GUIRRA, A.M.; Resposta produtiva do feijoeiro comum a diferentes manejos de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 137-147, abril - junho, 2012.

FARIAS, C. H. A. et al . Eficiência no uso da água na cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação e níveis de zinco no litoral paraibano. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, set. 2008 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000300010&lng=pt&nrm=iso>. acesso em 04 dez. 2012.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162008000300010>.

FERNANDES, A. C. Fibra % Cana – Métodos. **STAB** – Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v.18, n.6, p.20, 2000.

FERREIRA JUNIOR, R. A. et al . Crescimento e fotossíntese de cana-de-açúcar em função de variáveis biométricas e meteorológicas. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 16, n. 11, Nov. 2012 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-

43662012001100012&lng=en&nrm=iso>. acesso em 04 Dez. 2012.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012001100012>.

FREITAS, B. W.; NASTARI, P. M. **Avaliação do produto interno bruto do setor sucroenergético brasileiro – evolução de 1994 a 2010**. [S.l.]: [s.n.], 2011. 8 p.

GAVA, G.C.; SILVA, M.A.; JERONIMO, E.M.; CRUZ, J.C.S.; KOLLN, O.T.;
 Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.3, p.250–255, 2011 Campina Grande, PB.

GEROLINETO, E. **Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa no município de Jaboticabal – SP**. 2005. 47 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

HERMANN, E.R. & G.M.S. CÂMARA. 1999. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **STAB**, v.17. p 32-34.

JANINI, D. A. **Análise operacional e econômica do sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. 2007. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Estadual Paulista, Piracicaba, 2007.

JANK, M. **O futuro do setor sucroenergético: ações da unica e cenários**. São Paulo: Sugar Week, 2011.

JUNIOR, C. G. **Influência do clima na produtividade da cana-de-açúcar**. 2011. 55f. : il. Trabalho de Graduação apresentado ao curso de tecnologia em biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, 2011.

KOHLHEPP, Gerd. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estud. av.**, São Paulo, v. 24, n. 68, 2010 . Available from

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142010000100017&lng=en&nrm=iso>. access on 10 Jan. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100017>.

LOPES, L. R. **Efeitos da topografia sobre a variação da radiação solar incidente, temperatura do solo e produção de *Cynodon dactylon* (L.) Pers cv. Coastcross I.** 1986. 103 f. Tese (Livre-Docência) -Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1986.

MACHADO, E.C; P., A.R; CAMARGO, M.B.P; FAHL, J.I . Relações radiométricas de uma cultura de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.44, n.1, p.229 - 238, 1985

MACHADO, T., NEVES, M.F. & NETO, S.B – Viabilidade Econômica da Irrigação Localizada na Cultura da Cana-de-Açúcar - **Anais do XL Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural - SOBER**, “Equidade e Eficiência na Agricultura Brasileira”, Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo – Rio Grande do Sul, 28 a 31 de julho de 2002, p. 48. Versão integral disponível no CD-ROM do evento

MAGALHÃES, A. C. N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Potafós, 1987. p. 113-118.

MARCHIORI, L. F. S. **Influência da época de plantio e corte na produtividade da cana-de-açúcar.** 2004. 275f. Tese - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004

MENDONÇA, J. C. et al . Mapeamento das áreas de cana-de-açúcar na região norte fluminense - RJ por uso de técnicas de sensoriamento remoto. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, jun. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162011000300016&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 04 dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000300016>.

MORAES, M. A. F.D. de. Introdução - As profundas mudanças institucionais ao longo da história da agroindústria canavieira e os desafios atuais. **Econ. Apl.**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 4, Dec. 2007 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-80502007000400005&lng=en&nrm=iso>. access on 10 Jan. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-80502007000400005>.

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

OLIVEIRA, E. C. A. de et al . Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 14, n. 9, Sept. 2010 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000900007&lng=en&nrm=iso>. acesso em 04 Dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000900007>.

ORTOLANI, A. F.; BENINCASA, M.; LOPES, L. R.; LATANZE, R. J. Bacia Hidrográfica: I – um equipamento para estudo das relações solo-planta-clima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 16., Jundiaí, 1987. **Anais...**, p. 646.

PAVANI, L. C. **Efeitos da exposição Norte-Sul e Leste-Oeste das linhas de plantas, das exposições Norte e Sul e da declividade da superfície, sobre o balanço de radiação e o consumo de água da cultura de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).** 1993. 174 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1993.

PICOLI, M. C. A. et al . Índice de vegetação do sensor MODIS na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, set. 2009 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052009000300028&lng=pt&nrm=iso>. acesso em 02 dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000300028>.

ROCHA, F.C.S. **Avaliação da eficiência técnica e análise financeira de um plantio comercial de cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum* L., microirrigado por gotejamento subsuperficial**. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2001.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociência, 1995. 101 p. Apostila.

RODRIGUES, L. D. **A cana-de-açúcar como Matéria-prima para a Produção de Biocombustíveis: Impactos Ambientais e o Zoneamento Agroecológico como Ferramenta para Mitigação**. 2010. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

SANCHEZ, R. B. et al . Mapeamento das formas do relevo para estimativa de custos de fertilização em cana-de-açúcar. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, abr. 2012 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162012000200008&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 04 dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000200008>.

SALASSIER, B. Manejo da Irrigação na Cana-de-açúcar. In: congresso nacional de irrigação e drenagem. 2006, Goiás, GO. **Anais....** [Brasília, DF: ABID, 2006].

SANTOS, V. R. **Crescimento e produção de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo**. 2006. 88f. Dissertação (mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, 2006.

SEGATO, S. V; PINTO. A. S. de; JENDIROBA. E; NÓBREGA. J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba-SP. ND-LIVROCERES, 2006.

SEVERIANO, E. da C. et al . Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: I -modelagem e quantificação da compactação adicional após as operações de colheita. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, jun. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162010000300005&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 04 dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000300005>.

SILVA, T. G. F. da et al . Demanda hídrica e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 15, n. 12, Dec. 2011 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011001200007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 02 Dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011001200007>.

SUGUITANI, C. **Entendendo o crescimento e produção da cana de açúcar: avaliação do modelo Mosicas**. 2006. 60f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade Estadual Paulista, Piracicaba, 2006.

TAIZ, L; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. *et al.*, 3° ed., Porto Alegre: Artemed, 2004. 719p.

TAVARES, A.C.S. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao excesso de água no solo**. 2009, 220 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade Estadual Paulista, Piracicaba, 2009.

TRENTIN, R. et al . Transpiração e temperatura foliar da cana-de-açúcar sob diferentes valores de potencial matricial. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 31, n. 6, dez. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100691620110006000006&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 04 dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-691620110006000006>.

TURCO, J. E. P. **Modelo de crescimento da planta de soja para terrenos com diferentes exposições e declividades**. 1997. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

TURCO, J. E. P.; RIZZATTI, G. S.. Avaliação de modelo matemático para estimar a radiação solar incidente sobre superfícies com diferentes exposições e declividades. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, abr. 2006 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162006000100028&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 04 dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162006000100028>.

TURCO, J. E.; MILANI, A. P.; FERNANDES, E. J. Adequacy of the Penman-Monteith method to irrigated surfasse with diferente exposures and declivity. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING. CIGR – AGENG 2012, 2012, Valencia. **Anais...**

ÚNICA. UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Agricultura – Política estratégica. cana-de-açúcar e etanol**. 2012. 36 P.

ÚNICA. UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Evolução do preço médio do ATR no Estado de São Paulo**. 2012.

VIANA,S.R; MUTTON, M. A; BARBOSA,V; DURIGAN, A.M.P. Maturadores químicos na cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) aplicados em final de safra. **Revista de Biologia e Ciências da Terra** v.7, n. 2, 2007.

VILLA NOVA, N.A; TONATO,F; PEDREIRA, C.G.S; MEDEIROS, H.R. Método alternativo para cálculo da temperatura base de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.2, p.545-549, mar-abr,2007.

ANEXO 1
Análise Química de Solos

Identificação da amostra	M.O %	pH CaCl ₂	P (Resina) mg/dm ³	H+Al Meg/100 cm ³	K+ (Resina) mmolc/dm ³	Ca++ mmolc/dm ³	Mg++ mmolc/dm ³	Al Meg/100cm ³	Relação Ca / Mg	Saturação H + Al	S	T	M%	V%
NORTE 0	1,3	5,60	14	1,6	2,10	28,90	8,00	0,01	4	29,59	3,90	5,54	0,26	70,41
NORTE 10	1,5	5,60	12	1,6	1,80	27,60	6,60	0,01	4	31,29	3,60	5,24	0,28	68,71
NORTE 20	1,5	5,70	14	1,6	2,03	26,50	7,80	0,01	3	31,10	3,63	5,27	0,27	68,90
NORTE 30	1,5	5,80	12	1,5	1,50	29,10	5,60	0,01	5	28,96	3,62	5,10	0,28	71,04
NORTE 40	1,4	5,80	13	1,6	2,03	29,60	7,10	0,01	4	29,74	3,87	5,51	0,26	70,26
NORTE 50	1,6	5,90	15	1,5	1,80	29,40	5,70	0,01	5	28,56	3,69	5,17	0,27	71,44
SUL 0	1,5	5,60	13	1,6	1,88	25,80	6,50	0,01	4	32,42	3,42	5,06	0,29	67,58
SUL 10	1,6	5,80	12	1,5	1,80	29,50	6,90	0,01	4	27,86	3,82	5,30	0,26	72,14
SUL 20	1,5	5,80	10	1,5	1,65	24,90	6,30	0,01	4	30,99	3,29	4,76	0,30	69,01
SUL 30	1,2	5,90	11	1,3	1,28	26,30	5,10	0,01	5	28,90	3,27	4,60	0,31	71,10
SUL 40	1,2	5,90	9	1,5	1,58	26,60	5,70	0,01	5	30,34	3,39	4,86	0,29	69,66
SUL 50	1,5	5,80	13	1,5	1,50	24,10	4,70	0,01	5	32,75	3,03	4,51	0,33	67,25
Média	1,5	5,8	11,6	1,6	1,6	26,9	6,5	0,0	4,2	31,3	3,5	5,1	0,3	68,7