



Crescimento da cana-de-açúcar (*Sacharum ssp* L.) em diferentes cenários produtivos de exposições e declividades

Growth of sugarcane (*Sacharum ssp* L.) in different production scenarios exhibitions and slopes

Rodrigo Garcia Brunini^{1(*)}
José Eduardo Pitelli Turco²

Resumo

E O Brasil encontra-se na posição de maior produtor mundial de cana-de-açúcar e exportador de açúcar. Destaque para o Estado de São Paulo, com 5,45 milhões de hectares e 404 milhões de toneladas respectivamente. A análise do crescimento da cana-de-açúcar permite identificar, nas fases de desenvolvimento da cultura, a influência dos diferentes ambientes produtivos (geografia do terreno, radiação solar e meteorologia adversa). Com este trabalho objetivou-se avaliar o crescimento da cultura de cana-de-açúcar cultivada em superfícies com diferentes exposições e declividades. A pesquisa foi desenvolvida em uma estrutura denominada “Bacia Hidrográfica Experimental”, utilizando-se cinco superfícies, caracterizadas como H (superfície horizontal), 20N (superfície com 20% de declividade e exposição Norte), 20S (superfície com 20% de declividade e exposição Sul), 40N (superfície com 40% de declividade e exposição Norte), e 40S (superfície com 40% de declividade e exposição Sul). Foram feitas avaliações quinzenais da altura, área foliar, diâmetro dos colmos das plantas e massa de matéria seca das plantas. Para comparação de médias, foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que as superfícies 20% de declividade com exposição Sul, Horizontal e 40% de

1 Engenheiro agrônomo e mestre em Ciência do Solo, atualmente é aluno de Doutorado em Ciência do Solo, atuando nas áreas de Engenharia de Água e Solo, Estudos Relacionados às Bacias Hidrográficas, Irrigação de Culturas, Meteorologia Agrícola, Termometria a Infravermelho e Estudos com Índice de Estresse Hídrico. Exerce atividades no Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, cep: 14884-900 - Jaboticabal-SP; tel: PABX: (16) 3209-2600. E-mail: rgbrunini@gmail.com. (*) Autor para correspondência.

2 Possui mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1991) e doutorado em Engenharia pela Universidade de São Paulo (1997). Atualmente é professor adjunto III da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.



declividade com exposição Sul foram as que mais afetaram o crescimento da cana-de-açúcar no período.

Palavras-chave: superfícies inclinadas, bacia hidrográfica, radiação solar, produção.

Abstract

The Brazil is the world's largest producer of sugarcane and sugar exporter position. Especially the state of Sao Paulo, with 5.45 million hectares and 404 million tons respectively. The analysis of the growth of sugarcane allows identifying the crop development stages the influence of different production environments (geography of the land, solar radiation and adverse weather). This work aimed to evaluate the growth of the culture of sugarcane grown on surfaces with different exposures and slopes. The research was conducted in a structure called "Watershed Experimental", using five surfaces, characterized as H (horizontal surface), 20N (surface with 20% slope and North exposure), 20S (surface with 20% slope and Southern exposure), 40N (surface with 40% slope and North exposure), and 40S (surface with 40% slope and Southern exposure). They were made biweekly assessments of height, leaf area, stem diameter and plant dry matter. To compare the means we used the Tukey test at 5% probability. The results obtained it can be concluded that surfaces; 20% slope with Southern exposure, Horizontal and 40% slope with Southern exposure, were the most affected the growth of sugarcane in the period.

Key words: inclined surfaces; watershed; solar radiation; production.

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) 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. Com destaque para o estado de São Paulo, tendo a maior área e a maior produção no país, 5,4 milhões de

hectares e mais de 400 milhões de toneladas, respectivamente (AGRIANUAL, 2015). Neste cenário, a maior parte das áreas em expansão apresenta limitações que estão diretamente relacionados aos aspectos agrônômicos e à variabilidade meteorológica do ambiente (PICOLI et al., 2009).

Desta forma, um aumento na tecnologia e manejo da cultura vem sendo empregado cada vez mais no melhoramento e aperfeiçoamento da

I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015

Eixo temático: Estudos ambientais em bacias hidrográficas: Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Hidrografia, Solos e Fisiologia da Paisagem
www.sasgeo.eco.br



produtividade (CHAVES JUNIOR, 2011). E o monitoramento dos parâmetros de crescimento da cultura de cana-de-açúcar, com base em seu desenvolvimento frente às diferentes variações climáticas do ambiente (condições atmosféricas, precipitações, radiação solar, etc.) é de extrema importância para ajudar o produtor na tomada de decisões (FARIAS, 2008).

O estudo da cultura em ambientes com disponibilidade específica de recursos (topografia e radiação solar) pode gerar informações importantes para adequar ao sistema produtivo o melhor manejo e tratamentos culturais, sendo possível explorar ao máximo o local de produção, promovendo o rendimento e, conseqüentemente, uma maior lucratividade e/ou competitividade entre os produtores de cana-de-açúcar (MAULE et al., 2001). Coan et al. (2012) afirma que superfícies com diferentes exposições em relação ao sol (norte-sul, leste-oeste) e declividades do terreno divergem entre si nas quantidades recebidas de radiação solar, a qual é o fator primário que condiciona os elementos climatológicos e fisiológicos relacionados ao crescimento e estabelecimento das culturas. Estudos realizados por Viana et al. (2013) indicam que a evapotranspiração potencial e as temperaturas médias divergem ao longo de uma bacia hidrográfica, sendo ambas proporcionais à declividade do terreno.

Outras pesquisas têm utilizado variáveis topográficas para explicar os padrões aleatórios da variação no rendimento e

qualidade de culturas (TURCO et al., 2012; BENINCASA, 1976). Neste contexto, uma melhor compreensão dos padrões espaciais das culturas, baseada em informações topográficas, pode fornecer aos agricultores oportunidades de aplicação de cenários específicos de manejo (SANCHEZ et al., 2012). Avaliar o crescimento da cultura de cana-de-açúcar, cultivada em diferentes exposições e declividades, é de suma importância para o manejo e monitoramento de sua produção. Diante da necessidade de disponibilizar informações científicas e técnicas, com este trabalho o objetivo foi de avaliar o crescimento da cana-de-açúcar irrigada e cultivada em diferentes cenários produtivos.

Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP, campus de Jaboticabal- SP, situada a 21° 14' 05" de latitude Sul, 48° 17' 09" de longitude Oeste e altitude de 613,68 m, em uma estrutura denominada "Bacia Hidrográfica Experimental", de acordo com a figura 1, descrita com detalhes por Turco et al. (1997).

O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cwa. Nessa estrutura foi realizado o experimento no período de dezembro de 2014 a abril de 2015 (abrangendo as fases de crescimento e maturação da cultura), na qual foram utilizadas cinco superfícies que simulam



terrenos com exposições e declividades caracterizadas como H (superfície horizontal), 20N (superfície com 20% de declividade e exposição), 20S (superfície com 20% de declividade e exposição sul), 40N (superfície

com 40% de declividade e exposição norte), e 40S (superfície com 40% de declividade e exposição sul). Nas superfícies da área experimental foi plantada a variedade de cana-de-açúcar RB855453.

Figura 1 – Bacia Hidrográfica Experimental, FCAV/UNESP



Exposição Sul

Exposição Norte

Fonte: Rodrigo Garcia Brunini, Jaboticabal-SP (2014).

Os dados meteorológicos foram obtidos em uma estação meteorológica automatizada da marca *Davis Instruments*, instalada próxima à área experimental do Departamento de Engenharia Rural. O crescimento da cultura no período foi monitorado 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 219, 235, 258, 307 e 336 d.a.e (dias após a emergência). Foram avaliadas três plantas por metro, previamente selecionadas, em cada superfície com três repetições cada. A altura da planta foi considerada a medida da base da planta até a folha +1, com o uso

de uma régua graduada em centímetros e metros. O diâmetro do colmo foi medido com o uso de uma paquímetro digital de precisão (0,001mm - 0.0005”). A área foliar foi obtida pela medida da área da folha +3 e utilizada para calcular a massa de matéria seca (HERMANN; CÂMARA, 1999; MARAFON, 2012). Para comparação de médias foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussões

Na figura 2, observam-se os dados do Índice de área foliar (em cm²); figura 2A, Massa de matéria seca (em gramas); figura 2



B, Altura da parte aérea (em mm); figura 2C, o Diâmetro dos colmos (em mm); figura 2D, durante o período de coleta dos dados. Para a o Índice de área foliar, figura 2A, a superfície 20S apresentou o menor desenvolvimento dos 219 d.a.e (dias após a emergência) até os 235 d.a.e (275,8 cm²), aumentando ao longo do desenvolvimento e aos 336 d.a.e, atingindo o maior valor (502,1 cm²).

Já a superfície 20N apresentou o menor desenvolvimento ao longo de todo o período, atingindo 437,5 cm², aos 336 d.a.e, pouco menor que superfície H, com valor de 438,2 cm². Uma menor área foliar acaba prejudicando a planta na captação da radiação solar, pois, de acordo com Machado et al. (1985), a quantidade e qualidade da radiação disponível dentro do dossel afetam os processos fisiológicos das plantas, tendo influência direta em sua produção.

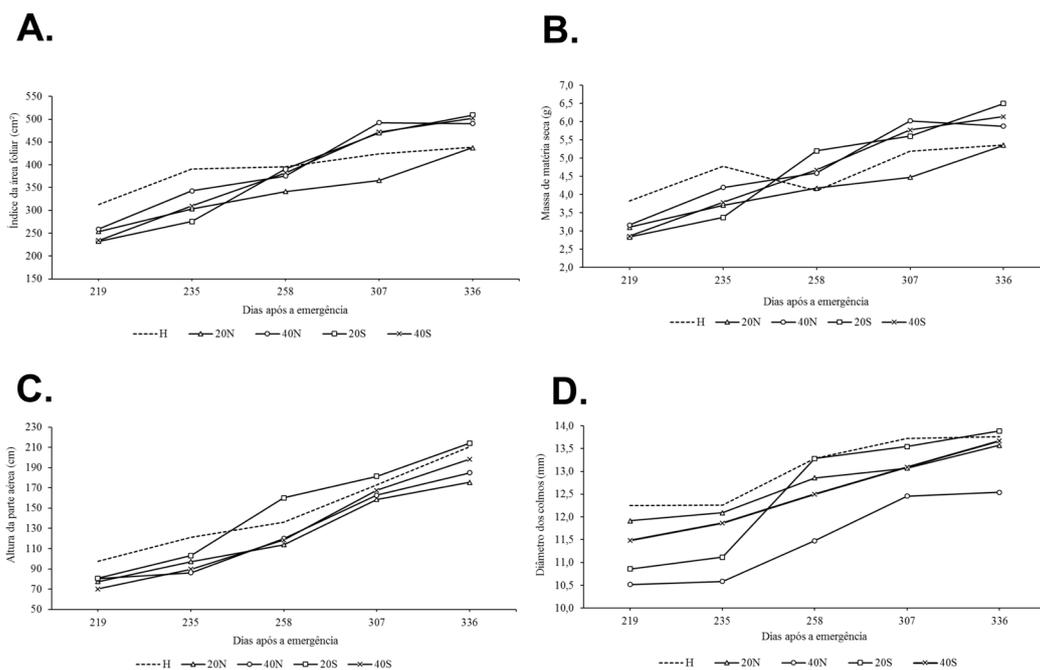
A superfície com menor acúmulo da massa de matéria seca das folhas, figura 2B, dos 219 aos 336 d.a.e, foi a 20N (5,4 g), seguida das superfícies H (5,4 g) e 40N (5,9 g). O maior acúmulo da massa de matéria seca ocorreu na superfície 20S (6,5 g). O acúmulo de matéria seca pelo dossel de uma cultura é dependente, além do índice de área foliar, da energia solar incidente e da temperatura do ar (VAN HEEMST,

1986), tendo função de expressar em seu crescimento o resultado do metabolismo da planta sob o efeito de condições ambientais adversas, pois determinando-se a quantidade de massa de matéria seca de uma planta é possível estimar sua taxa de crescimento em determinados períodos, podendo auxiliar na seleção das práticas culturais, como a escolha das melhores épocas de colheita e de plantio (HOLANDA et al., 2015).

A superfície 20S obteve o maior valor de altura da parte aérea (214,1 cm), figura 2C, assim como o maior valor do diâmetro dos colmos (13,9 mm), figura 2D, respectivamente, durante o período de desenvolvimento. Diferente das superfícies 20 e 40N, que apresentaram os menores valores de altura da parte aérea (175,4 cm), figura 2C e o diâmetro dos colmos (12,5 mm), figura 2D, respectivamente, para o mesmo período de coleta dos dados. A altura das plantas e o diâmetro dos colmos são importantes indicadores no estudo do crescimento da atividade metabólica, taxa fotossintética e acúmulo de sacarose da planta, tendo os colmos como principais funções a sustentação das folhas e das panículas, condução de água e nutrientes do solo às folhas e o armazenamento de açúcares (VALSECHI, 1983).



Figura 2 - Valores do Índice da área foliar (A), em cm^2 ; Massa de matéria seca (B), em gramas; Altura da parte aérea (C), em cm e Diâmetro dos colmos (D), em mm, para os tratamentos H, 20N, 20S, 40N e 40S. Jaboticabal- SP, 2014/2015



Fonte: Rodrigo Garcia Brunini, Jaboticabal-SP (2015).

De acordo com a figura 3 e a tabela 1, observa-se os dados do peso médio da cana-de-açúcar em quilogramas por metro linear (Kg m^{-1}). Verifica-se que o maior valor encontrado para as médias de peso foi da superfície 20S ($4,0 \text{ Kg m}^{-1}$), seguida das superfícies H ($3,5 \text{ Kg m}^{-1}$) e 40S ($3,5 \text{ Kg m}^{-1}$), enquanto nas superfícies 20 e 40 N foram constatados os menores valores do peso por metro linear no período, 2,7 e $2,9 \text{ Kg m}^{-1}$, respectivamente. Nota-se que os valores de

peso por metro linear foram menores nas exposições Norte do que os observados na exposição Sul, com 20% de declividade, indicando que a exposição solar e topografia do terreno têm influência no crescimento da cultura cultivada em diferentes superfícies. Sabe-se que condições atmosféricas dentro de uma bacia hidrográfica divergem quanto a declividade e topografia do terreno, fato que acaba impactando na produtividade da cultura (VIANA et al., 2013).

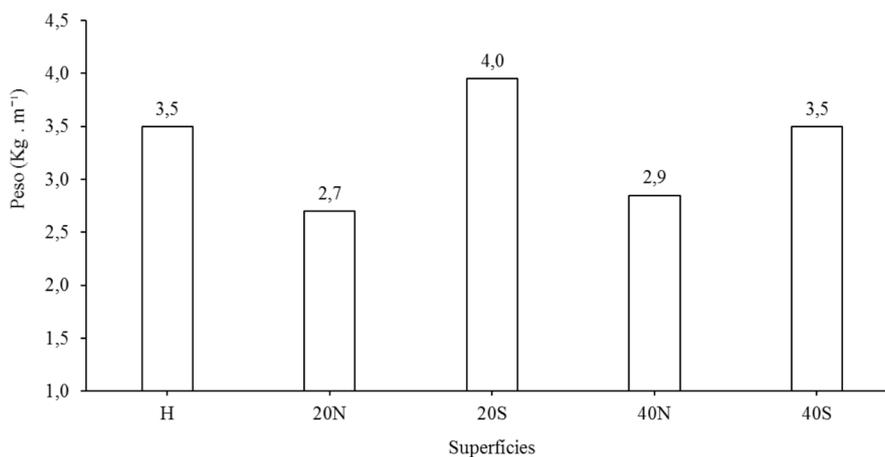
I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015

Eixo temático: Estudos ambientais em bacias hidrográficas: Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Hidrografia, Solos e Fisiologia da Paisagem

www.sasgeo.eco.br



Figura 3 - Produtividade de cana-de-açúcar, em Kg m⁻¹, das superfícies H, 20N, 20S, 40N e 40S, para o período observado no trabalho. Jaboticabal-SP, 2014/2015



Fonte: Rodrigo Garcia Brunini, Jaboticabal-SP (2015).

Tabela 1 - Análise de variância (quadrados médios) e médias das produtividades (Kg m⁻¹), submetidas a diferentes exposições e declividades. Jaboticabal, SP, 2014/2015

Média Geral	3,3
Diferença Mínima Significativa	0,96
CV (%)	7,3
Declividade - 0%	3,5 ab
Norte - 20%	2,7 b
Sul - 20%	4,0 a
Norte - 40%	2,9 b
Sul - 40%	3,5 ab

Fonte: Rodrigo Garcia Brunini, Jaboticabal-SP (2015).

Nota: *Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Conclusões

Os parâmetros (Área foliar; Massa de matéria seca; Altura das plantas e diâmetro dos colmos) utilizados para avaliar o crescimento da cultura estão relacionados com a declividade e exposição da superfície que está plantada a cana-de-açúcar, ou seja, o crescimento é diferente nas superfícies de produção.

As superfícies com exposição Norte apresentaram os menores valores produtivos.

O desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar (variedade RB 855453) foi influenciado pela exposição e declividade do terreno.



Literatura Citada

AGRIANUAL 2015. **Anuário estatístico da agricultura**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p.239-242, 2015.

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**. 1976. 103 f. Tese (Livre - Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1976.

CHAVES JUNIOR, G. T. **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.

COAN, R. M.; TURCO, J. E.; PIVETTA, K. F.; COSTA, M. N. D.; MATEUS, C. D. D'A. M. Emerald zoyzia grass development regarding photosynthetically active radiation in different slopes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, pp. 501-509, 2012.

FARIAS, C. H. de A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.356-362, 2008.

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

HOLANDA, L. A.; SANTOS, C. M.; NETO, G. D. S.; DE PÁDUA SOUSA, A.; DE ALMEIDA SILVA, M. Variáveis morfológicas da cana-de-açúcar em função do regime hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Irriga**, v. 19, n. 4, p.573-584, 2015.

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.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana de açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 29p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 168).

I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015

Eixo temático: Estudos ambientais em bacias hidrográficas: Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Hidrografia, Solos e Fisiologia da Paisagem

www.sasgeo.eco.br



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. **ScientiaAgricola**, v.58, p.295-301, 2001.

PICOLI, M. C. A.; RUDORFF, B. F. T.; RIZZI, R.; GIAROLLA, A. Índice de vegetação do sensor MODIS na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p.789-795, 2009.

SANCHEZ, R. B.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; BARACAT NETO, J.; SIQUEIRA, D. S.; SOUZA, Z. M. Mapeamento das formas do relevo para estimativa de custos de fertilização em cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p.1077-1090, 2012.

TRENTIN, R.; ZOLNIER, S.; RIBEIRO, A.; STEIDLE NETO, A. J. Transpiração e temperatura foliar da cana-de-açúcar sob diferentes valores de potencial matricial. **EngenhariaAgrícola**, v.31, n.6, p.1085-1095, 2011.

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. Valencia. **Anais...** Valencia: CIGR – AGENG 2012. CD-ROM.

TURCO, J. E.P.; PINOTTI JUNIOR, M.; RODRIGUES, T. J. D.; FERNANDES, E. J. Desenvolvimento da cultura de soja em terrenos com diferentes exposições e declividades. **Engenharia Agrícola. Jaboticabal**, v.17, n.2, p.21-28, 1997.

VALSECHI, O. A. Pagamento de cana pelo teor de sacarose: O sistema implantado em São Paulo. **Brasil Açucareiro**, v.101, n.1/3, p.32-39, 1983.

VAN HEEMST, H. D. J. Physiological principles. In: **Modelling of agricultural production: weather, soils and crops**. Pudoc, 1986. p.3-26.

VIANA, L. Q.; GONÇALVES, R. C.; ROTUNNO FILHO, O. C. Avaliação espaço-temporal do NDVI com a precipitação e com a evapotranspiração na bacia do Rio Preto RJ/MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves-RS. **Anais...** Bento Gonçalves-RS: ABRH, 2013. p.8.

I Simposio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias - SASGEO - 2015

Eixo temático: Estudos ambientais em bacias hidrográficas: Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Hidrografia, Solos e Fisiologia da Paisagem

www.sasgeo.eco.br