

Produtividade e índices biométricos e fisiológicos de cana-de-açúcar cultivada sob diferentes quantidades de palhada

Gisele Silva de Aquino⁽¹⁾ e Cristiane de Conti Medina⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Agronomia, Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, Km 380, Caixa Postal 6.001, CEP 86051-990 Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: gisele.s.aquino@hotmail.com, medina@uel.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes quantidades de palhada sobre os índices biométricos e fisiológicos e sobre a produtividade da cana-de-açúcar, no primeiro ciclo de cultivo (cana-planta) da variedade SP 801816. Cinco tratamentos – com 0, 25, 50, 75 e 100% de palhada – foram avaliados aos 60, 180, 270 e 350 dias após o plantio. Determinaram-se os seguintes índices biométricos: área foliar, número de folhas, massa de matéria fresca e número de perfilhos. Os índices fisiológicos foram: índice de área foliar (IAF), taxa de crescimento da cultura (TCC) e taxa de crescimento relativo (TCR). Observou-se efeito significativo da palhada em todas as variáveis. Os tratamentos com 100, 75 e 50% de palhada proporcionaram os maiores valores de IAF, TCC, TCR e número de perfilhos, e os tratamentos com 50 e 75%, as maiores produtividades. A manutenção da palhada em superfície não foi prejudicial ao desenvolvimento da cultura. A retirada total ou a manutenção de 25% da palhada resultaram nas menores produtividades. A retirada de 50% da palhada não causa prejuízos à cultura.

Termos para indexação: *Saccharum*, análise de crescimento, cana crua, produção, resíduo agrícola.

Productivity and biometric and physiological indices of sugarcane grown under different amounts of straw

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effect of different amounts of straw mulch on the biometric and physiological indices and on the yield of the sugarcane variety SP 801816, in the first crop cycle (plant cane). Five treatments – with 0, 25, 50, 75, and 100% straw mulch – were evaluated at 60, 180, 270, and 350 days after planting. The following biometric indices were determined: leaf area, number of leaves, fresh matter weight, and number of tillers. The physiological indices were: leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), and relative growth rate (RGR). A significant effect of straw mulch was observed on all variables. Treatments with 100, 75, and 50% straw provided the highest values for LAI, CGR, RGR, and number of tillers, and the treatments with 50 and 75% straw provided the highest yields. Keeping straw mulch at the soil surface had no effect detrimental to sugarcane development. Total removal or straw kept at 25% resulted in the lowest yields. Removal of 50% straw can be done without harming the crop.

Index terms: *Saccharum*, analysis of growth, green cane, production, agricultural waste.

Introdução

As principais áreas produtoras de cana-de-açúcar no Brasil utilizam o sistema de colheita mecanizada, e essa prática tende a aumentar, tanto nas áreas atuais quanto nas de expansão (Braunbeck & Magalhães, 2010). Nesse novo sistema, as folhas secas são trituradas, e os ponteiros são cortados e lançados à superfície do solo, o que forma uma cobertura morta denominada palhada.

Com a demanda interna e o volume previsível para exportação de etanol, o Brasil deverá produzir em 2013/2014 o equivalente a 650 milhões de toneladas de cana, o que pode gerar mais de 140 milhões de toneladas de palhada (Companhia Nacional de Abastecimento,

2013). No campo, são encontrados valores de 10 a 30 Mg ha⁻¹ de matéria seca de palhada que pode oscilar conforme a variedade, a idade (Christoffoleti et al., 2007) e a produtividade do canavial. Durante a decomposição, esse material constitui, primeiramente, uma fonte de nutrientes para a sustentação da macro e da microfauna do solo e, posteriormente, para a própria cultura da cana.

Quando se consideram apenas os aspectos agrônômicos, observam-se grandes modificações consequentes da manutenção da cobertura morta sobre o solo, tais como: aumento e estabilização da umidade, elevação dos teores de matéria orgânica, alterações da fertilidade e da temperatura, maior eficácia no

controle da erosão, interferência na incidência de luz à superfície do solo, mudança da flora e irregularidade de brotação, com possível queda da produtividade em variedades suscetíveis à palhada (Christoffoleti et al., 2007; Guimarães et al., 2008).

A brotação, a emergência e o crescimento das plantas também são influenciados pelas mudanças físico-químicas no ambiente de produção. Este fato torna-se mais importante, quando se considera que as variedades de cana-de-açúcar disponíveis atualmente foram desenvolvidas em sistema de cana queimada, de modo que cada variedade pode apresentar resposta diferente quanto à adaptabilidade às mudanças, não apenas em aspectos físicos, mas também quanto às particularidades do manejo (Souza et al., 2005).

Campos et al. (2008) avaliaram a influência da palhada sobre o perfilhamento, o acúmulo de biomassa fresca e a produtividade da cana-de-açúcar da variedade SP 832847, e observaram efeitos negativos da palhada, em área total, sobre as três variáveis, com redução de cerca de 10% da produtividade. Resultados semelhantes foram encontrados por Campos (2010), com a variedade RB 855453. Entretanto, Ball-Coelho et al. (1993) observaram que a manutenção da palhada sobre o solo causou aumentos de 43% da produção de matéria seca da cana-de-açúcar.

Oliveira et al. (1995) e Resende et al. (2006) também relataram os benefícios obtidos com a manutenção da palhada sobre a superfície do solo, embora não tenham tratado sobre qual volume seria ideal para obtenção de tais benefícios ou qual o efeito da manutenção de menor quantidade de palhada sobre a cultura. A avaliação da quantidade mínima necessária de palhada a permanecer no campo é importante informação para o desenvolvimento de uma produção sustentável e otimizada da cana-de-açúcar, o que possibilitaria utilização do excedente para a produção de bioeletricidade e bioetanol, setores que necessitam de grande quantidade desse material. Segundo Lima & Natalense (2010), estima-se que a utilização simultânea da palhada e do bagaço triplicaria a produção de etanol, sem a necessidade de aumentar a área de plantio, e produziria o equivalente a 15% do total de energia consumida no Brasil, até 2020, além de servir como energia complementar à hidroeletricidade.

A manutenção da palhada como cobertura representa também um importante papel de proteção ambiental quanto à conservação do solo, pois, a elevação do teor

de matéria orgânica, promovida pela manutenção da palhada favorece não só a maior estruturação do solo e o aumento da microbiota, como também o aumento da produtividade da cultura, ao longo dos sucessivos ciclos de cultivo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes quantidades de palhada sobre os índices biométricos e fisiológicos e a produtividade de cana-de-açúcar, no primeiro ciclo de cultivo (cana-planta) da variedade SP 801816.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido na Usina de Açúcar e Alcool Bandeirantes, localizada, no Município de Bandeirantes, PR, a 23°06'S, 50°21'W e a 440 m de altitude. O clima predominante na região, com base na classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa, com precipitação média anual de 1.300 mm, e média de 30 mm no mês mais seco. Os dados meteorológicos do período de avaliação foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), a dois quilômetros do local do ensaio, e estão apresentados na Figura 1.

O ensaio foi instalado em agosto de 2010, em delineamento experimental de blocos ao acaso, em arranjo de parcelas subdividas no tempo, com quatro repetições por época. Cada parcela foi constituída de 10 linhas de cana-de-açúcar, variedade SP 80 1816, com 10 m de comprimento (10x10 m), com total de 100 m lineares e espaçamento de 1,5 m entre linhas. A parcela útil considerada para a coleta dos dados foi composta de seis fileiras centrais de nove metros lineares. Foram avaliados cinco tratamentos: 0%, 25% (5 Mg ha⁻¹), 50% (10 Mg ha⁻¹), 75% (15 Mg ha⁻¹) e 100% (20 Mg ha⁻¹) de palhada, em quatro períodos de amostragem: 60, 180, 270 dias após o plantio (DAP) e no momento da colheita (350 DAP).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico, com textura argilosa (Santos et al., 2006). As análises químicas do solo foram realizadas nas camadas de 00,-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4 e 0,4-0,6 m de profundidade no perfil, antes da instalação do experimento, e seus resultados estão apresentados na Tabela 1. De acordo com os resultados, não houve necessidade de adubação química, e foi aplicada apenas torta de filtro à área total, à quantidade de 70 Mg ha⁻¹. Nos anos anteriores, foram aplicados 150 m³

de vinhaça, para suprir a necessidade de potássio extraído pela cultura anualmente. O solo foi preparado com uma gradagem pesada e uma gradagem leve.

Cultiva-se cana-de-açúcar há 65 anos, na área onde se instalou o experimento. Durante esse período, foi empregado o método de colheita manual, com despalha a fogo. Há um ano, a usina adotou o sistema de colheita mecanizada, tendo sido essa a técnica utilizada no local do ensaio.

A palhada utilizada nos tratamentos foi coletada após colheita mecanizada de uma área de cultivo com a mesma variedade de cana, onde foram demarcadas parcelas com as mesmas medidas da área experimental. A quantidade de palhada produzida por essa variedade foi estimada a partir da pesagem da matéria seca, contida em cada parcela, no local de origem de coleta. Em seguida, a palhada foi distribuída uniformemente no local experimental, logo após o plantio, conforme a percentagem estabelecida para cada tratamento.

As análises de crescimento foram realizadas por meio da amostragem obtida em dois metros lineares por

parcela em cada período de avaliação (60, 180, 270 e 350 DAP). Os índices fisiológicos foram determinados em todas as coletas, a partir dos índices biométricos.

Em relação aos índices biométricos, o número de folhas verdes por perfilho foi determinado por meio da contagem das folhas totalmente expandidas, com o mínimo de 20% de área verde, a partir da folha +1 (Hermann & Câmara, 1999).

A área foliar (AF) foi obtida por meio da coleta da folha TVD ("top visible dewlap") (Rossetto, 2010) de cada perfilho existente nos dois metros lineares e, posteriormente, foi medida, conforme Nassif et al. (2013), com medidor de área foliar de bancada, da marca Li-Cor modelo LI 3100 (LI-COR, Lincoln, NE, EUA). A área foliar por perfilho foi obtida pela equação $AFP = AF \times (N + 2)$, em que: AF é a área foliar; N é o número de folhas verdes abertas; e 2 é o fator de ponderação para as folhas ainda não totalmente expandidas.

O índice de área foliar (IAF) foi determinado pela equação $NPI \times AF/S$, em que: NPI corresponde ao número de perfilhos (m^2); AF é a área foliar por perfilho (m^2); e S é a área do terreno, em m^2 , utilizada para a avaliação. O material para a análise da fitomassa de colmos foi obtido com a coleta aleatória e destrutiva das plantas contidas em 2 m lineares, dentro da parcela. Para a cultura de cana-de-açúcar, o produto de importância econômica, industrial e agrícola é o conteúdo líquido (caldo), que contém os açúcares indispensáveis para a indústria sucroalcooleira, por isso, optou-se por realizar as avaliações com a massa de colmos frescos. Assim, seguiu-se o mesmo procedimento utilizado por Gilbert et al. (2006) e Santos et al. (2009) em suas avaliações de crescimento de cana-de-açúcar.

Para que não ocorresse diferença de umidade do material entre as coletas, realizou-se a avaliação de cada bloco em um mesmo período (manhã ou tarde),

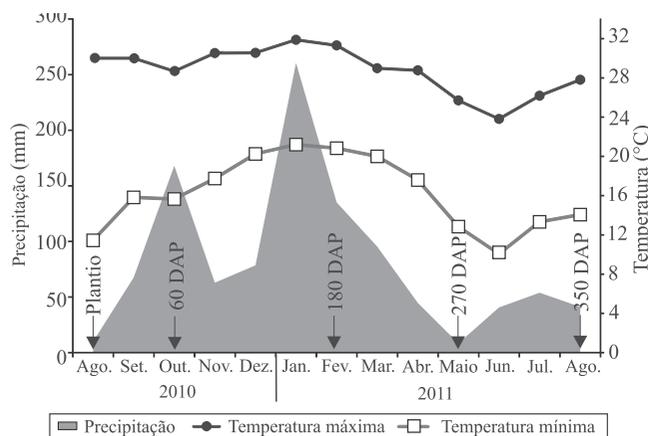


Figura 1. Precipitação e temperaturas máxima e mínima, durante o período experimental.

Tabela 1. Valores médios dos atributos químicos do solo antes da instalação do experimento em 2010, nas diferentes camadas do solo.

Camada (m)	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V
	CaCl ₂	(g kg ⁻¹)	(mg dm ⁻³)	-----	(cmol _c dm ⁻³)-----				(%)
0,0-0,1	5,4	26,8	8,6	2,5	7,8	1,7	3,1	15,1	79,4
0,1-0,2	5,9	41,6	71,3	3,6	7,9	1,9	2,9	16,3	82,3
0,2-0,3	6,1	34,9	31,0	3,7	8,0	2,1	3,0	16,8	82,1
0,3-0,4	6,2	30,9	5,1	4,6	8,1	2,1	2,2	17,0	86,9
0,4-0,5	6,3	37,6	9,0	4,2	7,3	2,0	2,4	15,9	84,8
0,5-0,6	6,3	28,2	5,3	3,2	6,1	2,1	2,4	13,8	82,7

e a amostra de cada parcela foi pesada imediatamente após o corte. A avaliação de massa de matéria fresca de todos os blocos foi realizada no máximo em dois dias. Assim, o efeito entre os blocos, ainda que pequeno, foi isolado estatisticamente.

A taxa de crescimento relativo (TCR), que expressa o incremento da massa de matéria vegetal por unidade de massa inicial (g g^{-1} por dia), em um dado intervalo de tempo, foi obtida a partir da matéria fresca do colmo, conforme Santos et al. (2009), por meio da equação $\text{TCR} = [(\ln P2 - \ln P1)/(T2 - T1)]$, em que: P1 e P2 representam a massa da matéria fresca de colmos (g m^{-2}) de duas amostras sucessivas, nos intervalos de tempo T1 e T2.

A taxa de crescimento da cultura (TCC) representa a taxa de produção de matéria fresca do colmo, acumulada por unidade de área de solo (S), em um determinado tempo, expressa em g m^{-2} por dia (Marafon, 2012). A TCC foi obtida a partir da massa de matéria fresca do colmo (Santos et al., 2009), com a equação $\text{TCC} = (P2 - P1) / S / (t2 - t1)$, em que: S representa a área amostrada (m^2) ocupada pela cultura no terreno; e P1 e P2 representam a massa de matéria verde, nos tempos inicial (t1) e final (t2) da avaliação.

Avaliou-se a população de perfilhos, em cada período, por meio da contagem do número de plantas contidas em 2 m lineares de cada parcela. A produtividade total, em megagramas de cana por hectare (TCH) foi avaliada aos 350 DAP, por meio da coleta e pesagem do total de colmos existentes na área útil das parcelas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ajustados em relação ao tempo, com o emprego de polinômios ortogonais. Para a variável TCH, aplicou-se o teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A palhada apresentou efeito significativo no índice de área foliar (Figura 2). Verificou-se um período de crescimento lento até os 60 dias, seguido de crescimento rápido dos 60 aos 120 dias, estabilização dos 120 até os 180 dias (com exceção dos tratamentos 75 e 100% de palhada), que atingiu valores máximos e, finalmente, um período de decréscimo a partir dos 180 dias, em consequência da maturação e concentração de sacarose. Este tipo de comportamento também foi observado por Oliveira et al. (2007), no Estado do Paraná, e Farias et al. (2008), no Estado da Paraíba, e está relacionado ao fato de que, passada a fase de intenso crescimento,

a cultura diminui o gasto de energia na produção de folhas verdes.

Os tratamentos 100 e 75% de palhada proporcionaram crescimento mais rápido nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura e, no período de maior crescimento, maiores valores de superfície foliar disponível para interceptação e absorção de luz, em comparação aos demais tratamentos, tendo chegado a 9,5 e 8,5, respectivamente. A dose 50% de palhada apresentou pouca variação de IAF durante o ciclo e manteve, a partir dos 240 DAP até o período de colheita, maior média, em torno de 7,0. Os tratamentos 0 e 25% apresentaram os menores valores de IAF durante, praticamente, todo o ciclo da cultura, de modo mais expressivo a 0%. O índice de área foliar decresce com a redução do número de perfilhos por metro linear e da área foliar por perfilho que, por sua vez, decresce com a diminuição da umidade do solo (Farias et al., 2008).

Segundo Tavares et al. (2010) há uma significativa associação entre a produtividade da cultura e a superfície total fotossinteticamente ativa representada pelo IAF. Oliveira et al. (2007), ao avaliar a área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa, observaram correlação positiva entre o IAF e a produção de massa de matéria seca total, independentemente da cultivar.

A palhada forma uma densa camada de material vegetal que aumenta a infiltração de água no solo e diminui a evaporação, o que permite retenção

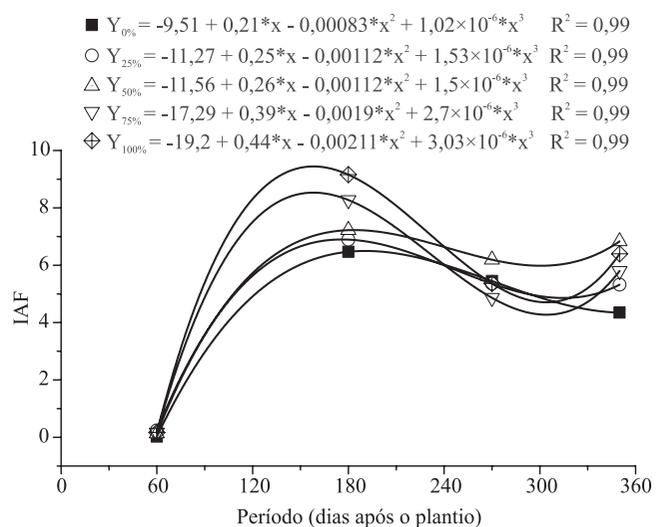


Figura 2. Índice de área foliar (IAF) da cana-planta sob diferentes quantidades de palhada.

de umidade junto ao solo. O plantio sob palhada proporciona redução da perda de água do solo de aproximadamente 70% e redução da temperatura média da camada superficial do solo (Braunbeck & Magalhães, 2010). Assim, os maiores valores de IAF, para os tratamentos com 100, 75 e 50% de palhada, possivelmente, estão relacionados à maior umidade e à menor flutuação térmica do solo, proporcionadas pela presença da palhada, principalmente nos períodos iniciais de desenvolvimento da cultura, quando ocorreu deficiência hídrica severa, acompanhada de altas temperaturas (acima 30°C, Figura 1). Essas condições climáticas desfavoráveis tiveram maior efeito sobre a cultura nos tratamentos 0% (solo descoberto) e 25% de palhada mantida sobre a superfície.

No final do ciclo, aos 350 DAP, houve pequena elevação dos valores de IAF, em que o tratamento com 0% de palhada apresentou o menor índice (4,3), e os demais não diferiram entre si. Entretanto, ao correlacionar o IAF com a produtividade em TCH, Tavares et al. (2010) verificaram correlação positiva entre a produção de folhas e de colmos, quando avaliaram o crescimento de cana-planta.

As taxas de crescimento da cultura (TCC) foram baixas no início do ciclo, tendo aumentado rapidamente até atingir valores máximos, por volta dos 270 DAP, e decrescido em seguida (Figura 3). Este fato também foi constatado por Santos et al. (2009) quanto à taxa

de produção de matéria fresca do colmo, ao avaliar o crescimento e produtividade de cana-planta com diferentes fontes de fósforo.

Houve efeito da palhada, com maior incremento de matéria fresca de colmos (TCC), aos 270 DAP, no tratamento 75% de palhada com 82 g m⁻² por dia, seguido dos tratamentos com 50 e 100%, que apresentaram valores próximos de 65 g m⁻² por dia (Figura 3). Os maiores valores de TCC dos tratamentos 50, 75 e 100% se mantiveram até o final do ciclo, apesar da redução esperada do crescimento a partir dos 270 DAP. O tratamento 0% apresentou taxa de incremento de colmo 33% menor do que o tratamento 75% de palhada. Pode-se, então, verificar que, apesar de apresentarem os maiores valores de IAF (Figura 2), estes tratamentos permitiram manter a maior produção de material vegetal até o final do ciclo. Esses valores observados estão de acordo com os resultados obtidos por Santos et al. (2009) que, ao avaliar a cana-planta, observaram valores máximos de TCC em torno de 90 g m⁻² por dia. Segundo Dantas Neto et al. (2006), métodos de manejo que proporcionem aumento do suprimento hídrico, nas fases iniciais e de grande crescimento, acarretarão melhoria do rendimento agrícola e industrial da cana-de-açúcar. Em experimento de longa duração, em que foi mantida a palhada no sistema, Resende et al. (2006) verificaram que os rendimentos de colmos aumentaram 25%, principalmente nos anos de baixas precipitações, o que é uma indicação de que a presença da palhada no terreno foi benéfica para a conservação da umidade do solo.

Em regiões com deficit hídrico, a disponibilidade de água é fator de grande importância para a maior produtividade da cana-de-açúcar, responsável pela variação de até 44% do seu rendimento. O deficit hídrico reduz as trocas gasosas e sua condução para a folha. Com a interrupção do deficit hídrico, as trocas gasosas tendem a voltar ao normal, porém, mais lentamente, o que pode comprometer a produção de material vegetal durante todo o ciclo (Tavares et al., 2010). Este fato pode estar relacionado às baixas taxas de incremento de matéria fresca apresentadas pelos tratamentos 0 e 25% de palhada a partir dos 180 DAP até o final do ciclo de cultivo, observadas no presente estudo.

A taxa de crescimento relativo (TCR) da matéria fresca dos colmos apresentou valores máximos aos 180 DAP, em todos os tratamentos, tendo variado entre 0,026 e 0,031 g g⁻¹ por dia. Durante todo o

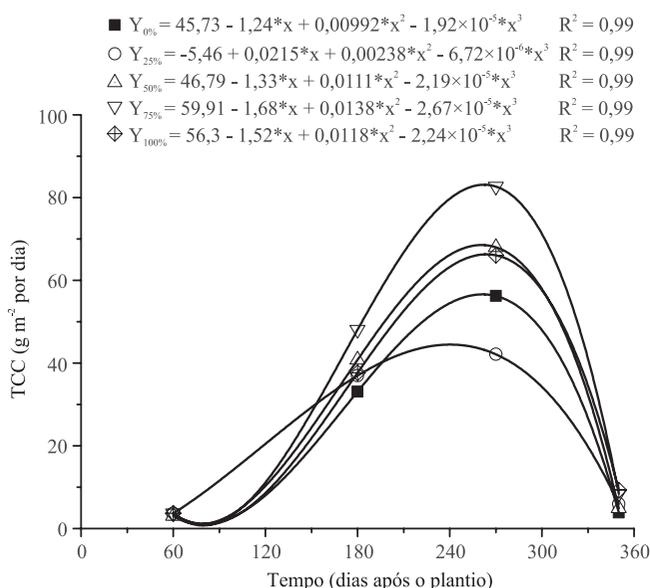


Figura 3. Taxa de crescimento da cultura (TCC) sob diferentes quantidades de palhada.

restante do ciclo da cana-planta, as menores e maiores taxas foram apresentadas pelos tratamentos 25 e 75% de palhada, respectivamente (Figura 4). Verificou-se que, à medida que as plantas cresceram, ocorreu diminuição da TCR, com tendência à estagnação aos 350 DAP, durante a fase de maturação. Este fato é atribuído ao aumento da competição intraespecífica pelos principais fatores ambientais responsáveis pelo crescimento vegetal, entre eles: luz, nutrientes e difusão de CO_2 dentro do estande (Santos et al., 2009). Os resultados de TCR encontrados no presente estudo são superiores aos observados por Oliveira et al. (2005), que analisaram três cultivares de cana-planta no Paraná, tendo encontrado TCR máxima em torno de $0,018 \text{ g g}^{-1}$ por dia, próximo dos 140 dias após o plantio, com posterior decréscimo até a colheita, e Ramesh (2000), que verificou TCR máximas de $0,016$ a $0,022 \text{ g g}^{-1}$ por dia, ao avaliar níveis de estresse hídrico em cana-de-açúcar. Entretanto, são semelhantes aos encontrados por Santos et al. (2009), em Alagoas, que obtiveram média de $0,027$ e $0,043 \text{ g g}^{-1}$ por dia, na fase de maior crescimento, em torno de 150 DAP, ao avaliar níveis e fontes de fósforo em cana-de-açúcar.

Observou-se rápido perfilhamento após os 60 DAP, com o máximo aos 160 DAP, seguido de um acentuado decréscimo a partir dos 180 DAP, que se estabilizou por volta dos 300 DAP. Tavares et al. (2010) avaliaram o crescimento e a produtividade da cana-planta,

cultivada em sistemas de preparo do solo e de colheita, e verificaram comportamento semelhante, em que o número máximo de colmos por metro linear foi obtido aos 163 DAP. A partir daí, esse número começou a cair mais bruscamente até os 296 DAP e permaneceu igual dos 357 aos 457 DAP. Segundo os autores, esse efeito pode ser explicado pelo aumento do autossombreamento que ocorre no dossel com o avanço do ciclo da cultura.

A palhada apresentou efeito significativo sobre o número de perfilhos por hectare (Figura 5). Nota-se que, a partir dos 180 DAP, os tratamentos com 75, 100 e 50% de palhada apresentaram e mantiveram maior número de perfilhos, durante todo o ciclo da cultura, e a curva de incremento populacional foi menor para os tratamentos 0 e 25% de palhada.

O tratamento com 0% de palhada apresentou curva de perfilhos acentuadamente menor do que os demais tratamentos, durante todo o ciclo, com população 27% inferior aos tratamentos com 75 e 100% de palhada, no período de maior desenvolvimento da cultura. Observa-se que os tratamentos que apresentaram maior IAF, no período de desenvolvimento inicial da cultura, foram os que conseguiram manter o maior número de perfilhos até o final do ciclo.

Estes resultados corroboram os de Tavares et al. (2010), que compararam o perfilhamento da cana-planta entre os tratamentos cana crua (100% de palhada) e cana queimada e verificaram que houve diferenças

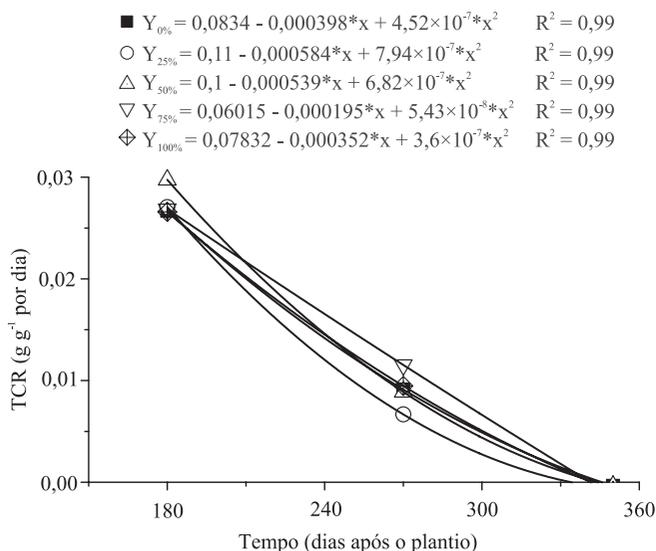


Figura 4. Taxa de crescimento relativo da cultura (TCR) sob diferentes quantidades de palhada.

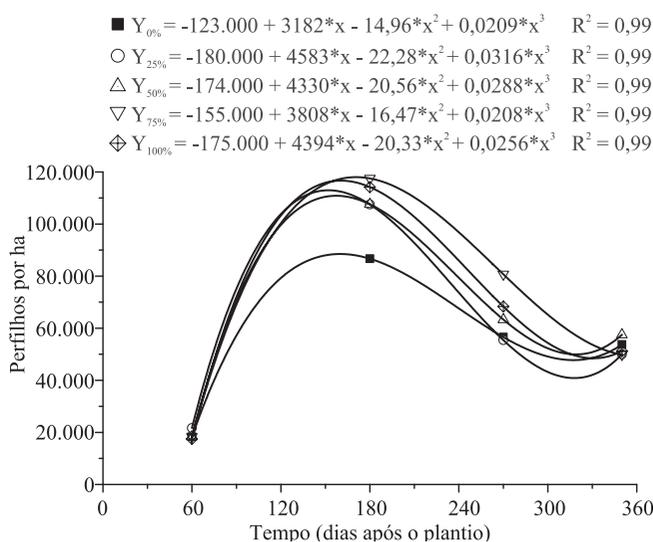


Figura 5. Número de perfilhos de cana-planta, por hectare, sob diferentes quantidades de palhada.

significativas, dos 163 aos 296 e aos 426 DAP, em que o maior perfilhamento ocorreu para o tratamento cana crua. Observaram também que, após 16 anos de cultivo da cana-de-açúcar com e sem queima da palhada, houve maior produtividade no sistema cana crua, o que promoveu incrementos do rendimento dos colmos. Os autores atribuíram este efeito ao maior teor de umidade do solo e à redução da amplitude térmica, proporcionada pela manutenção da palhada na superfície.

Houve efeito significativo da palhada sobre a produtividade final (TCH), para os tratamentos 50 e 75%, que não diferiram entre si (112 Mg ha⁻¹), com produtividade média 25% maior do que a dos tratamentos 0 e 25% de palhada (86 e 82 Mg ha⁻¹, respectivamente), tendo resultado em um valor adicional de 28 Mg ha⁻¹ (Figura 6). O maior valor de IAF (9,5) apresentado no tratamento com maior percentagem de palhada, não acarretou maior produção em TCH.

Os maiores valores de produtividade nos tratamentos com palhada corroboram os resultados de Watanabe et al. (2004), que avaliaram, em condição de campo, o efeito da cana crua (100% de palhada) com a variedade RB 855536. Os autores observaram que a manutenção da palhada sobre o solo propiciou ganhos de 10 Mg ha⁻¹ em relação à área sem palhada.

Há relatos de algumas desvantagens do uso de 100% de palhada para a cana crua, como dificuldade de rebrota e menor produtividade final (Campos et al., 2008). É importante ressaltar que a grande maioria dos autores que observou resultados negativos da palhada avaliou esse material em quantidade de 100%, e não é possível saber se esse mesmo

efeito seria obtido caso quantidades menores desse material fossem deixadas sobre o solo. Verificou-se, no presente trabalho, que há diferentes respostas da cana-planta à quantidade de palhada que permanece na superfície do solo. A quantidade de 50% de palhada foi suficiente para promover melhorias na produtividade da cultura, e, acima desse valor, não houve respostas significativas; assim, o restante desse resíduo pode ser empregado nos setores de produção de bioenergia, para maximizar o aproveitamento energético advindo da cultura, sem prejuízos à sustentabilidade do sistema de cultivo.

Conclusões

1. A manutenção de palhada em superfície não é prejudicial ao desenvolvimento da cana-de-açúcar, no primeiro ciclo de cultivo.
2. No primeiro ciclo de cultivo, a retirada total ou a manutenção de 25% da palhada na superfície do solo resultam em menor produtividade da cana-planta e a manutenção de 50% da palhada em superfície não afeta a produtividade.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), por concessão de bolsa; à Petrobrás, pelo financiamento da pesquisa; e à Usina de Bandeirantes, pela cessão da área experimental e pelo apoio técnico às avaliações.

Referências

- BALL-COELHO, B.; TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B.; SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E. V.S.B. Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in Northeastern Brazil. *Agronomy Journal*, v.85, p.1004-1008, 1993. DOI: 10.2134/agronj1993.000219622008500050009x.
- BRAUNBECK, O.A.; MAGALHÃES, P.S.G. Avaliação tecnológica da mecanização da cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L.A.B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar**: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010. p.451-475.
- CAMPOS, L.H.F. Sistemas de manejo da palhada influenciam acúmulo de biomassa e produtividade da cana-de-açúcar (var. RB855453). *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.32, p.345-350, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i2.3703.
- CAMPOS, L.H.F.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; FORTES, C.; SILVA, J.S. Crescimento e produtividade da cana-de-açúcar (Var. SP83-2847) submetida a três manejos da palhada. *STAB*, v.26, p.33-36, 2008.

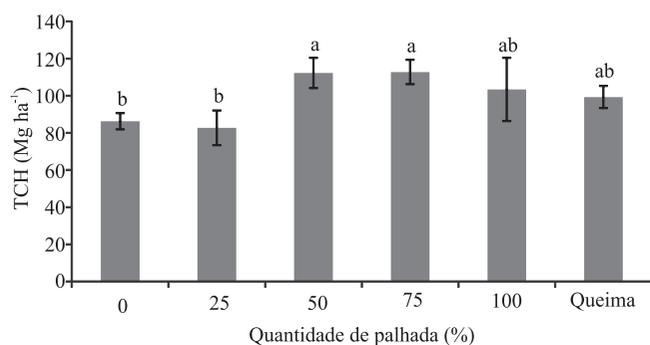


Figura 6. Produtividade de cana (TCH), sob diferentes quantidades de palhada, aos 350 dias após o plantio. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

- CHRISTOFFOLETI, P.J.; CARVALHO, S.J.P. de; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; HIDALGO, E.; SILVA, J.E. Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: implications on weed biology and management. **Crop Protection**, v.26, p.383-389, 2007. DOI: 10.1016/j.cropro.2005.06.013.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira – cana-de-açúcar – safra 2013/2013 – segundo levantamento – agosto/2013**. Brasília: Conab, 2013. 18p.
- DANTAS NETO, J.; FIGUEIREDO, J.L. da C.; FARIAS, C.H. de A.; AZEVEDO, H.M. de; AZEVEDO, C.A.V. de. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.283-288, 2006. DOI: 10.1590/S1415-43662006000200006.
- 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. DOI: 10.1590/S1415-43662008000400004.
- GILBERT, R.A.; SHINE JUNIOR, J.M.; MILLER, J.D.; RICE, R.W.; RAINBOLT, C.R. The effect of genotype, environment and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. **Field Crops Research**, v.95, p.156-70, 2006. DOI:10.1016/j.fcr.2005.02.006.
- GUIMARÃES, E.R.; MUTTON, M.A.; MUTTON, M.J.R.; FERRO, M.I.T.; RAVANELI, G.C.; SILVA, J.A. da. Free proline accumulation in sugarcane under water restriction and spittlebug infestation. **Scientia Agrícola**, v.65, p.628-633, 2008. DOI: 10.1590/S0103-90162008000600009.
- 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.
- LIMA, M.A.P.; NATALENSE, A.P.P. Necessidade de pesquisa básica para cana e etanol. In: CORTEZ, L.A.B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, 2010. p.150-170.
- 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).
- NASSIF, D.S.P.; MARIN, F.R.; COSTA, L.G. **Padrões mínimos para coleta de dados experimentais para estudos sobre crescimento e desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2013. 28p. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 127).
- OLIVEIRA, O.C.; URQUIAGA, S.S.; BODDEY, R.M. La quema de la caña: efectos a largo plazo. **International Sugar Journal**, v.97, p.384-387, 1995.
- OLIVEIRA, R.A. de; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; BESPALHOK-FILHO, J.C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; SILVA, D.K.T. da. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.71-76, 2007.
- OLIVEIRA, R.A. de; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S.; SILVA, D.K.T. da. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no Estado do Paraná: taxas de crescimento. **Scientia Agraria**, v.6, p.85-89, 2005.
- RAMESH, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. **Journal Agronomy and Crop Science**, v.185, p.83-89, 2000. DOI: 10.1046/j.1439-037x.2000.00404.x.
- RESENDE, A.S. de; SANTOS, A.; XAVIER, R.P.; COELHO, C.H.; GONDIM, A.; OLIVEIRA, O.C.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar e de aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.937-941, 2006. DOI: 10.1590/S0100-06832006000600003.
- RESENDE, A.S. de; XAVIER, R.P.; OLIVEIRA, O.C. de; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N.E Brazil. **Plant and Soil**, v.281, p.339-351, 2006. DOI: 10.1007/s11104-005-4640-y.
- ROSSETTO, R. **Diagnose foliar**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fkch7tf302wyiv80sq98yqk1vc13r.html>>. Acesso em: 5 jun. 2010.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- SANTOS, V.R. dos; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A.W. de; COSTA, J.P.V. da; SANTOS, C.G. dos; SANTOS, A.C.I. dos. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.389-396, 2009. DOI: 10.1590/S1415-43662009000400004.
- SOUZA, Z.M. de; PAIXÃO, A.C.S.; PRADO, R. de M.; CESARIN, L.G.; SOUZA, S.R. de. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, v.35, p.1062-1068, 2005. DOI: 10.1590/S0103-84782005000500012.
- TAVARES, O.C.H.; LIMA, E.; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana-planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, p.61-68, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i1.2051.
- WATANABE, R.T.; FIORETTO, R.A.; HERMANN, E.R. Propriedades químicas do solo e produtividade da cana-de-açúcar em função da adição da palhada de colheita, calcário e vinhaça em superfície (sem mobilização). **Semina: Ciências Agrárias**, v.25, p.93-100, 2004.

Recebido em 29 de janeiro de 2014 e aprovado em 12 de março de 2014