

PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS, COMPONENTES DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE VARIEDADES CANA-DE-AÇÚCAR

C. T. S. Costa¹, V. M. Ferreira², L. S. Pereira³, F. A. L. Soares⁴, G. S. Morães⁵, G. S. de
Oliveira⁶

RESUMO: As clorofilas são os principais pigmentos fotossintéticos responsáveis pela captação e conversão da radiação solar em energia química, na forma de ATP e NADPH, os quais estão relacionadas com a produtividade dos cultivos. Desta forma, o presente trabalho objetivou-se analisar a correlação entre o teor de clorofila obtido com o clorofilômetro SPAD e sua extração com acetona a 80%, assim como, avaliar a produtividade de colmos por hectare (TCH) e os componentes de produção (matéria seca - MS, produção de açúcar - TPH e açúcar total recuperável - ATR), de quatro variedades de cana-de-açúcar (RB92579, SP79-1011, RB931530 e RB93509) em quarto ciclo de cultivo, na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, composto por quatro tratamentos (variedades) e cinco repetições. Os resultados das leituras com o SPAD-502 se correlacionaram positivamente com os teores de clorofila a, b e total extraídos com acetona a 80% em todas as variedades estudadas. Em relação à produtividade agrícola as variedades RB93509 e a RB92579 apresentaram rendimentos superiores às demais.

PALAVRAS-CHAVE: Clorofilas, rendimento agrônômico, quarto ciclo de cultivo, extração.

PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS, COMPONENTS OF PRODUCTION AND PRODUCTIVITY OF VARIETIES OF SUGAR CANE

SUMMARY: Chlorophylls are the main photosynthetic pigments responsible for the uptake and conversion of solar radiation in chemical energy, in the form of ATP and NADPH, which are related to culture productivity. The objective of this work was to analyze the correlation between the chlorophyll content obtained with the SPAD chlorophyll meter and its acetone

¹ Professor, IFMS - Campus Naviraí, Naviraí - MS.

² Doutora, Professora Adjunto, CECA/UFAL - Maceió - AL.

³ Graduando em Agronomia, IF Goiano - Campus Rio Verde - Goiás. Email: leandrop629@gmail.com

⁴ Professor, IF Goiano, Campus Rio Verde - Goiás.

⁵ Graduando em Agronomia, IF Goiano - Campus Rio Verde - Goiás.

⁶ Graduando em Agronomia, IF Goiano - Campus Rio Verde - Goiás.

extraction the 80%, as well as to evaluate the productivity of stems per hectare (TCH) and the production components (dry matter - MS, sugar production - TPH and total recoverable sugar - ATR), in four sugarcane varieties (RB92579, SP79-1011, RB931530 and RB93509) in the fourth cultivation cycle, in the region of the Coastal Tablelands of Alagoas. The experimental design used was in randomized blocks, composed of four treatments (varieties) and five replications. The results of the readings with SPAD-502 correlated positively with the contents of chlorophyll a, b and total, extracted with acetone the 80% in all varieties studied. In relation to agricultural productivity, RB93509 and RB92579 showed higher yields than the others.

KEYWORDS: Clorofilas, rendimento agrônômico, quarto ciclo de cultivo, extracion.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é muito importante para produção de biocombustíveis renováveis. No entanto, altos rendimentos agrônômicos estão diretamente relacionado a alta produção de biomassa (colmos e sacarose), o qual a fotossíntese influencia nesse processo. As clorofilas são pigmentos que refletem a cor verde das plantas, e estão diretamente associadas com o potencial da atividade fotossintética. Alta eficiência fotossintética pode levar ao incremento de produtividade, e essa relação está diretamente relacionada com o aproveitamento da radiação disponível por esses pigmentos (TAIZ; ZEIGER, 2017).

As clorofilas são os pigmentos que dão às plantas o esverdeamento característico, o por isso, são responsáveis pela captação de radiação solar, que é convertida em energia química na forma de ATP e NADPH durante a fotossíntese (MARENCO; LOPES, 2005), e sua deficiência está relacionada a clorose das folhas, o que reduz a taxa fotossintética (LARCHER, 2006).

Os principais pigmentos envolvidos na fotossíntese são as clorofilas *a*, *b*, carotenoides e as ficobilinas. A clorofila *a* é o pigmento utilizado para realizar o primeiro estágio da fotossíntese (fotoquímica), enquanto os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e transferência da energia radiante para os centros de reação (pigmentos acessórios), por auxiliarem na absorção de luz e na transferência de energia radiante para o centro de reação (TAIZ; ZEIGER, 2017). Assim sendo, a condição elementar para ocorrência da fotossíntese é a absorção da energia radiante pelos cloroplastos, onde encontram-se os receptores da radiação solar especializados na absorção de luz (LARCHER, 2006).

Normalmente os teores de clorofila são determinados pela extração dos pigmentos utilizando métodos laboratoriais, os quais são demorados e dispendiosos (SALLA et al., 2007), além de implicar na destruição da folha. Assim sendo, torna-se necessário desenvolver outros procedimentos que seja de baixo custo, e permitam estimar o teor de clorofila de forma rápida, precisa e não destrutiva.

Um método alternativo, simples e rápido é o uso do medidor portátil de clorofila, que permite leituras instantâneas correspondente ao teor relativo de clorofila da folha sem destruí-la. Assim sendo, há necessidade de correlacionar esses valores com os extraídos em laboratório pelos métodos tradicionais com aqueles obtidos com o SPAD-502. Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a correlação entre a leitura com o SPAD-502 e o teor de clorofila extraído em laboratório, e comparar o rendimento agrônômico entre variedades de cana-de-açúcar, nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, em Rio Largo, cujas coordenadas (09°28'02"S; 35°49'43"W e 127m), em um Latossolo Amarelo Coeso Argissólico de textura média argilosa. O experimento foi conduzido entre abril de 2007 a abril de 2008.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), composto por quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram representados pelas variedades de cana (RB92579, SP79-1011, RB93509 e RB931530), em quarto ciclo de cultivo. A área experimental foi de 560 m², subdividida em parcelas de cinco linhas de cultivo, com quatro metros lineares. A adubação de restituição foi feita com base na análise química do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados da análise química do solo a 0 - 20 cm de profundidade antes da instalação do experimento.

pH	Na	P	K	Ca	Mg	CTC	Al	SB	H+AL	V	m
H ₂ O	----- mg dm ⁻³ -----			----- cmol _c dm ⁻³ -----					----- % -----		
6,0	22,0	10,0	27,0	3,10	3,30	9,36	0,01	6,56	2,80	70,0	0,20

Foram aplicados 101 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 140 kg ha⁻¹ de K₂O ao lado da linha de cultivo e a 10 cm de profundidade, utilizando como fontes uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Para determinação da matéria seca foram coletadas todas as plantas de uma linha de 2m lineares, que foram pesadas e passadas em picadeira de forragem, obtendo-se uma sub-amostra de 500g, a qual foi colocada em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, e em seguida pesada em balança analítica. A produtividade agrícola foi determinada em 4 metros lineares, nas três linhas centrais da parcela, aos 360 DAC. Para determinar o açúcar total recuperável (ATR), foi retirado 10 colmos por parcela que foram enviados ao laboratório da usina Santa Clotilde, em Rio Largo - AL.

A medida indireta da clorofila (leitura SPAD) foi realizada pelo método não destrutivo, utilizando-se o Clorofilômetro, SPAD-502 (Minolta Corporation), com médias obtidas de cinco leituras por folha, utilizando-se a folha +2 e duas folhas por parcela. A mesma folha foi utilizada para determinação dos teores de clorofilas *a* e *b* pelo método de extração com acetona (HENDRY e GRIME, 1993). Foram coletados 50 mg de tecido foliar fresco, sem a nervura principal, retirados da parte mediana da folha. Este material foi cortado em pequenos pedaços e colocados em tubos de ensaio com tampa rosqueável, contendo 10 mL de acetona a 80% (v/v) cobertos com papel alumínio para evitar a incidência da luz.

Para extração, os tubos foram colocados em refrigerador a 4°C por 72h, e em seguida submetidos à agitação por 20 segundos. Após este período, foram determinadas as absorbâncias, em espectrofotômetro, a 480, 645 e 663 nm. Os teores de pigmentos fotossintéticos foram calculados pelas seguintes fórmulas:

$$\text{Clorofila (a)} = \frac{(12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) \times 1,119}{PF \times 100} \left(\mu\text{mol g}^{-1} \text{MF} \right)$$

$$\text{Clorofila (b)} = \frac{(22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) \times 1,102}{PF \times 100} \left(\mu\text{mol g}^{-1} \text{MF} \right)$$

$$\text{Clorofila total} = \frac{(8,02 A_{663} + 20,2 \times A_{645}) \times V}{MF} \left(\mu\text{mol}^{-1} \text{MF} \right)$$

Onde:

A_{480} , A_{645} e A_{663} = representam as absorbâncias em 480, 645 e 663 nm;

V = volume de acetona a 80% usado na extração (L);

MF = peso da matéria fresca da qual foi extraída a clorofila (g).

Os dados de produtividade e componentes de produção foram submetidos à análise de variância, e quando houve significância, foram comparados pelo teste de média (Tukey a 5% de probabilidade). Por sua vez, para os pigmentos utilizou-se a correlação de “Pearson”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise da correlação de Person, foi possível correlacionar a clorofila extraída em laboratório com o índice SPAD em folhas de cana-de-açúcar. Neste sentido, as clorofilas *a*, *b* e total extraída correlacionou-se positivamente com às leituras SPAD, nas quatro variedades de cana-de-açúcar (Figuras 1, 2 e 3). Ao correlacionar os resultados obtidos com o clorofilômetro (SPAD-502) com o teor de clorofila *a* extraído em laboratório, verificou-se correlação (*r*) na ordem de 0,48; 0,54; 0,57 e 0,81 para as variedades RB93509, SP791011, RB92579 e RB931530, respectivamente (Figura 1). É possível verificar pela *r* que os valores obtidos são bem discrepantes entre as variedades de cana-de-açúcar estudadas. Desta forma, a relação verificada entre o medidor portátil (SPAD-502) e o conteúdo de clorofila obtido em laboratório, evidencia-se que as leituras efetuadas com o SPAD-502 estimam adequadamente o grau de esverdeamento das folhas de cana-de-açúcar, independente da variedade estudada. Estes resultados corroboram com aqueles encontrados por Argenta et al. (2001), para a cultura do milho ($r = 0,84$), e por Neves et al. (2005) para a cultura do algodão herbáceo ($r = 0,66$).

O teor de clorofila *b* também correlacionou-se positivamente com os resultados obtidos pelo SPAD-502 (Figura 2), demonstrando um *r* de 0,46 para a variedade RB93509, 0,52 para a variedade SP791011, 0,64 para a variedade RB92579 e 0,78 para a variedade RB931530. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Neves et al. (2005) com algodão ($r = 0,81$) e por Argenta et al. (2001) para o milho ($r = 0,65$). Outros autores também encontraram *r* na ordem de 0,97 para a cultura do café (Torres Netto et al., 2005), e de 0,99 para a cultura do mamão (TORRES NETTO et al., 2002).

O teor de clorofila total apresentou correlação positiva com os resultados obtidos com o SPAD-502, sendo que a variedade RB931530 apresentou a maior correlação ($r = 0,80$), e as variedades RB92579, SP79-1011 e RB93509 apresentaram *r* de 0,60; 0,53 e 0,51 respectivamente (Figura 3). No entanto, devido à alta e positiva correlação do índice SPAD com os teores de clorofilas (*r* acima de 0,80), verifica-se que o uso do SPAD-502 mostra-se como uma técnica rápida e confiável para avaliação dos pigmentos fotossintéticos em

cultivares de cana-de-açúcar, além de ser uma técnica rápida, fácil e não destrutiva. Outros resultados também foram observados r positivas entre os teores de clorofila extraído em laboratório e a leitura SPAD-502 em cana-de-açúcar (CHA-UM; KIRDMANEE, 2009) e em milho (HOLÁ et al., 2010).

Neste sentido, Jangpromma et al. (2010) também verificaram correlações positivas entre leitura SPAD e o teor de clorofila extraído em cana-de-açúcar sob dois regimes hídricos, e verificaram maior correlação sob condições de seca. Já Silva et al. (2012) verificaram correlação positiva entre o índice SPAD com fotossíntese em cana-de-açúcar, e de acordo com os autores, o índice SPAD é um dos principais parâmetros fisiológicos a ser considerado em programas de melhoramento de cana-de-açúcar para diferenciar genótipos tolerantes e susceptíveis ao estresse hídrico.

Com relação à produtividade de colmos, as variedades RB93509 e a RB92579 foram semelhantes e superiores, com rendimentos de 109,79 t ha⁻¹ e 89,07 t ha⁻¹, respectivamente. Este rendimento foi superior à média nacional (72,60 t ha⁻¹), e que para um cultivo de quarto ciclo, representa uma boa produtividade (CONAB, 2017). Também houve semelhança entre as variedades SP79-1011 (70,34 t ha⁻¹) e RB931530 (68,46 t ha⁻¹), e conforme a Conab, (2017), estes rendimentos são inferiores à média nacional e superiores à do Nordeste (47,80 t ha⁻¹) e ao Estado de Alagoas (49,70 t ha⁻¹).

Comparando os resultados da produtividade desta pesquisa com aqueles encontrados por Almeida et al. (2008), verifica-se que a variedade RB93509 apresentou baixa redução na produtividade entre o primeiro e o quarto ciclo de cultivo, na ordem 5,0%, o que demonstra sua rusticidade e alta longevidade do canavial.

A variedade RB93509 foi superior às demais na produtividade de MS (Figura 4). Em relação às variedades RB92579, SP79-1011 e RB931530, o incremento foi na ordem de 82,8%; 60,3% e 56,1% da MS acumulada pela variedade RB93509, que foi superior as demais variedades estudadas. Vale ressaltar que Oliveira et al. (2010) também verificaram produção de 63 t ha⁻¹ para a variedade RB72454; 51 t ha⁻¹ para a RB855113 e 48 t ha⁻¹ para a RB855536.

As maiores produtividades de açúcar (TPH) foram obtidas pelas variedades RB92579 e RB93509, que foram semelhantes, e superiores às demais, que não diferiram entre si (Figura 4). Considerando que o TPH é influenciado pela produtividade de colmos, as variedades RB92579 e RB93509 foram mais produtivas, e por isso apresentaram maior TPH.

O açúcar total recuperável (ATR) é o atributo mais importante para o produtor; pois, em função dele, as unidades industriais calculam o preço pago aos produtores, conforme

metodologia da Consecana (2003). A variedade RB92579 apresentou maior quantidade de ATR (139,4 kg de açúcar t⁻¹ de cana), essa é uma das características que justifica a ocupação desta variedade em grandes áreas de cultivo no Estado de Alagoas e em várias regiões produtoras de cana-de-açúcar no Brasil.

CONCLUSÕES

O índice SPAD é uma técnica que pode ser utilizada na seleção de variedades de cana-de-açúcar;

A variedade RB931530 tem maior r entre os resultados da clorofila extraída em laboratório e as leituras com o SPAD-502;

As variedades RB92579 e RB93509 tem os maiores rendimentos agrônômicos;

A variedade RB93509 tem a maior estabilidade de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. C. dos S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G. V. S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R. A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação a disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência Agrotécnologica**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.

Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo - Consecana, **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba: Fernando de Andrade Reis, 2006. 112p.

CHA-UM, S.; KIRDMANEE, C. Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plantlets in response to iso-osmotic salt and water-deficit stress. **Agricultural Sciences in China**, Oxford, v. 8, n. 1, p. 51-58, 2009.

HENDRY, G. A. F.; GRIME, J. P. Methods in comparative plant ecology - a laboratory manual. 1 ed. London: Chapman e Hall, 1993, 252 p.

HOLÁ D.; BENEŠOVÁ, M.; HONNEROVÁ, J.; HNILICKA, F.; ROTHOVÁ, O.; KOCO VÁ, M.; HNILICKOVÁ, H. The evaluation of photosynthetic parameters in maize inbred lines subjected to water deficiency: Can these parameters be used for the prediction of performance of hybrid progeny, **Photosynthetica**, Praga, v. 48, n. 4, p. 545-558, 2010.

JANGPROMMA, N.; SONGSRI, P.; THAMMASIRIRAK, S.; JAISIL, P. Rapid assessment of chlorophyll content in sugarcane using a spad chlorophyll meter across different water stress conditions. **Asian Journal of Plant Sciences**, Nova York, v. 9, n. 6, p. 368-374, 2010

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos, SP: Rima artes, 2006. 531 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa - MG, Editora UFV, 451 p. 2005.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. de; MARTINS, F. A. D.; PÁDUA, T. R. P. de; PINHO, P. J. de. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2005.

OLIVEIRA, E. C. A.; OLIVEIRA, R. I. de.; ANDRADE, B. M. T. de.; FREIRE, F. J.; LIRA JÚNIOR, M. A.; MACHADO, P. R. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 951-960, 2010.

SALLA, L.; RODRIGUES, J. C.; MARENOS, R. A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 59-161, 2007.

SILVA, P. P.; SOARES, L.; COSTA, J. G.; VIANA, L. V.; ANDRADE, J. C. F.; GONÇALVES, E. R.; SANTOS, J. M.; BARBOSA, G. V. S.; NASCIMENTO, V. X.; TODAROE, A. R.; RIFFEL, A.; GROSSI-DE-SAF, M. F.; BARBOSA, M. H. P.; SANT'ANAC, A. E. G.; RAMALHO NETO, C. E. Path analysis for selection of drought tolerant sugarcane genotypes through physiological components. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 37, p. 11-19, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6 ed. Porto Alegre, 2017. 722 p.

TORRES NETTO, A. T.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G. de; YAMANISHI, O. K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the

possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. Brazilian, **Jornal of Plant Physiology**, v. 14, n. 3, p. 203-210, 2002.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G. de; BRASSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, p. 199-209, 2005.

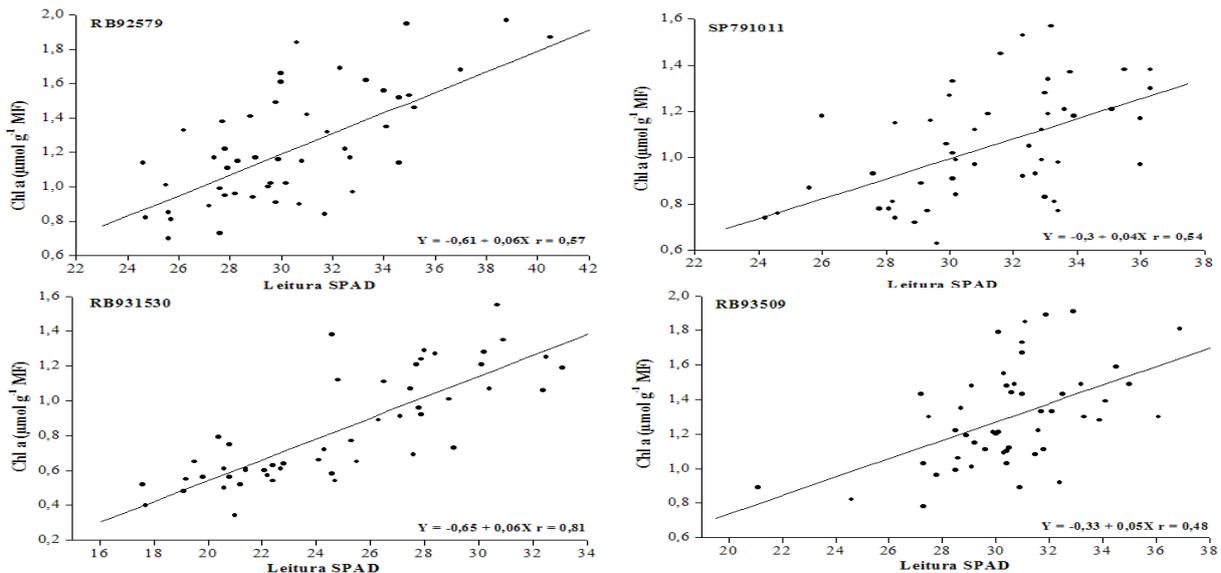


Figura 1 - Correlação entre as leituras do clorofilômetro (SPAD-502), e o teor de clorofila *a*, de quatro variedades de cana-de-açúcar, na região de Rio Largo - AL.

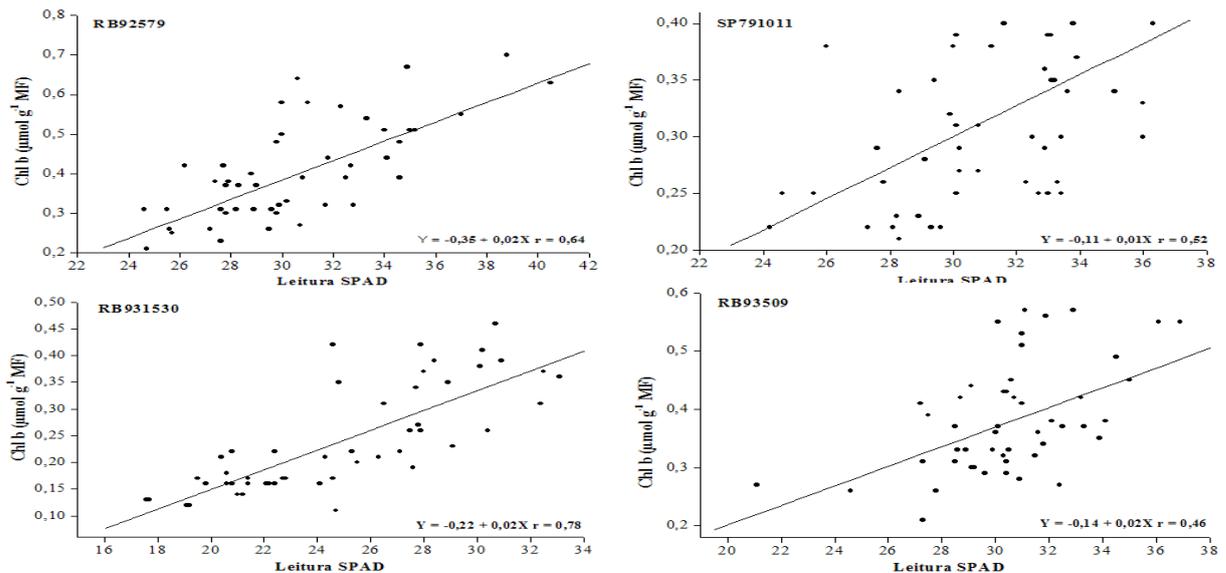


Figura 2 - Correlação entre as leituras do clorofilômetro (SPAD-502) e o teor de clorofila *b*, de quatro variedades de cana-de-açúcar, na região de Rio Largo - AL.

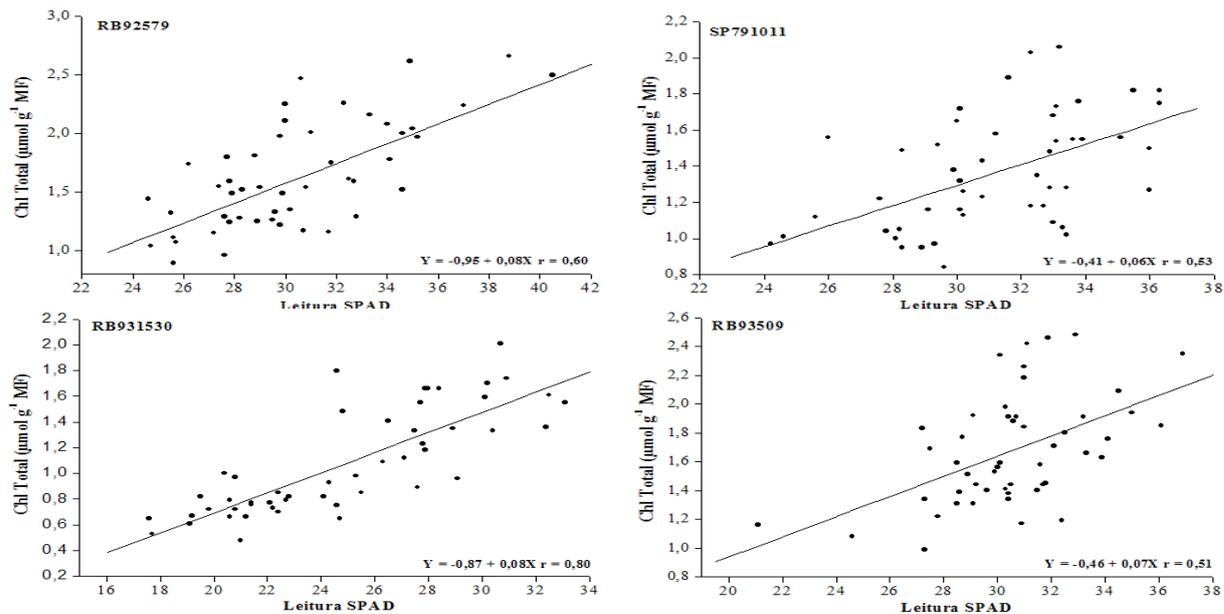


Figura 3 - Correlação entre as leituras do clorofilômetro (SPAD-502) e o teor de clorofila total de quatro variedades de cana-de-açúcar, na região de Rio Largo - AL.

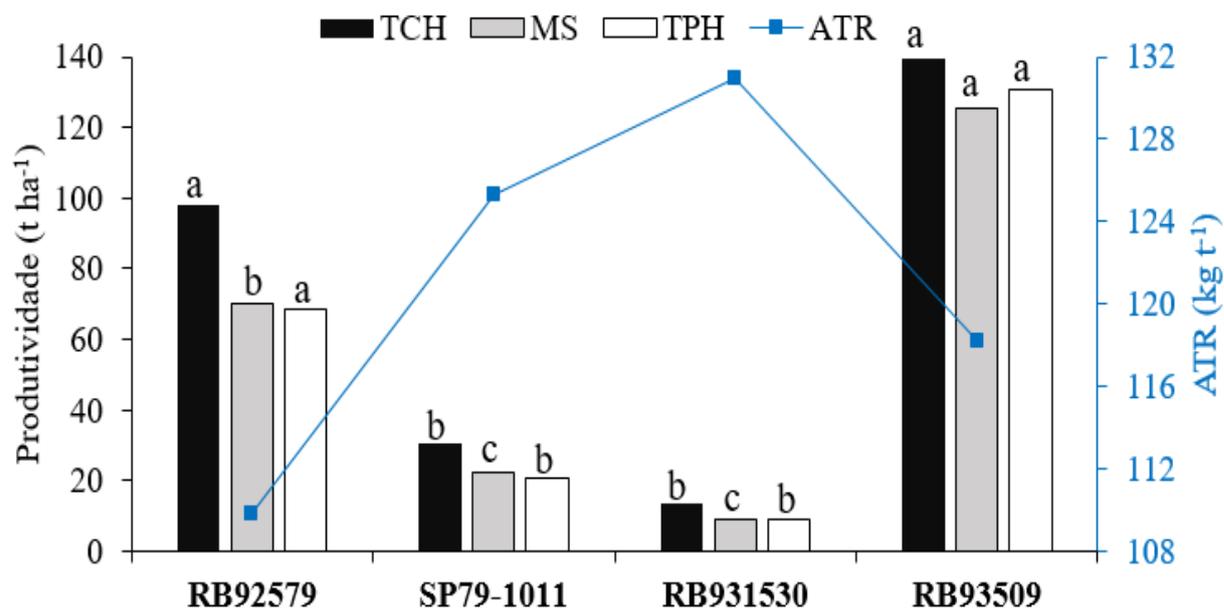


Figura 4 - Produtividade de colmos (TCH), de açúcar (TPH), matéria seca (MS) e açúcar total recuperável (ATR), de variedades de cana-de-açúcar, em Rio Largo - AL.