



ConSORCIAÇÃO DE cana-de-açúcar e canola em clima tropical

Daniel Alves da Veiga Grubert¹, Genei Antônio Dalmago² e Felipe Gustavo Pilau^{1(*)}

¹Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Av. Pádua Dias, 11, CEP 13.418-900 Piracicaba, SP.

E-mails: grubert@usp.br e fgpilau@usp.br

²Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 294, Caixa postal 451, CEP. 99.001-970 Passo Fundo, RS.

E-mail: genei.dalmago@embrapa.br

(*)Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 2 de março de 2023

Aceito em 24 de maio de 2023

Termos para indexação:

intensificação agrícola

produtividade

Saccharum spp L.

Brassica napus L.

RESUMO

A consorciação de culturas agrícolas apresenta potencialidade frente ao cenário futuro de escassez de terras agricultáveis e aumento da demanda mundial por alimentos. O desempenho da consorciação de cana-de-açúcar e canola foi avaliado durante três anos em Piracicaba (SP). O experimento foi delineado em blocos casualizados com 4 repetições e 5 tratamentos: cana-de-açúcar + canola Hyola 61; cana-de-açúcar + canola Hyola 401 ou Hyola 571; cana-de-açúcar em monocultivo; canola Hyola 61 monocultivo; canola Hyola 401 ou Hyola 571 monocultivo. A cana-de-açúcar em consórcio com a canola apresentou resultado similar ao seu monocultivo, com produtividade de colmos de 51,0 a 117,0 ton ha⁻¹. A canola consorciada com cana-de-açúcar também apresentou produtividade de grãos similar ao seu monocultivo, de 1.026 a 1.567 kg ha⁻¹. O sistema consorciado resultou em eficiência de uso da terra de 1,74 a 1,87 vezes superior ao monocultivo.

© 2023 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

A crescente demanda por alimento e busca por fontes alternativas de energia impulsionaram a produção de culturas oleaginosas nas últimas décadas (Alexandratos & Bruinsma, 2012). Grande parte do aumento de produção foi sustentada pelo incremento em área de produção, com crescimento médio anual de 1,76% entre 1994 e 2013 (Freitas et al., 2016). Para as próximas décadas, projeções limitam a expansão das terras agrícolas em apenas 4% até 2050 (Bruinsma, 2009; Van den Berg et al., 2016). Portanto, para garantir a segurança alimentar são necessárias técnicas ou sistemas de produção capazes de intensificar a produtividade agrícola (FAO et al., 2017).

No Brasil, a cana-de-açúcar é plantada em linhas espa-

çadas em 1,4 a 1,8 m. Com brotação ou rebrota lenta, as áreas permanecem de 90 a 120 dias sem cobertura vegetal (Allison et al., 2007). Para esse período de crescimento lento, a consorciação com outras espécies de ciclo curto faz-se possível. Essa estratégia efetiva a intensificação agrícola por meio do aproveitamento da terra e dos recursos ambientais, produzindo mais por unidade de área (Geetha et al., 2015; Raseduzzaman & Jensen, 2017).

Nesse contexto, a canola, que vem passando por um processo de "tropicalização" (Tomm, 2004; Tomm et al., 2008), apresentando bons resultados produtivos em regiões de clima tropical, apresenta-se como alternativa para consorciação com a cana-de-açúcar, possibilitando a produção de óleo vegetal no período de inverno e assim favorecendo a diversificação da matriz energética nacional.

Na região Sul do Brasil, a produtividade média da canola nas últimas cinco safras (2018 - 2022) foi de 901 a 1747 kg ha⁻¹ (Conab, 2023). Em regiões tropicais, Tomm et al. (2008) registraram de 1.494 a 2.268 kg ha⁻¹, ou seja, produtividades maiores que das áreas de produção do sul do Brasil. Na Austrália, origem de boa parte dos genótipos semeados no Brasil, a produtividade média é de 1.300 a 1.400 kg ha⁻¹ (FAO, 2017). No entanto, há potencial para produzir até 4.500 kg ha⁻¹ (Thomas, 2003; Kamkar et al., 2011).

O desempenho da cana-de-açúcar consorciada, em relação ao monocultivo, apresenta diversos resultados contraditórios da interação interespecífica do sistema (Parsons, 2003; Geetha et al., 2015). Roodagi et al. (2000), para um consórcio de cana-de-açúcar - amendoim verificaram redução de 6,2% na produtividade de colmos. Já Rasool et al. (2011) não observaram diferença significativa na produtividade de colmos em monocultivo e consórcio com trigo e lentilha, assim como Kaur et al. (2016), que avaliando diferentes manejos de plantas daninhas no consórcio cana-de-açúcar e canola encontraram produtividade de colmos similar entre o monocultivo e consórcio.

Apesar da oportunidade de aumentar a produção de grãos, usando da área de cana-de-açúcar existente no Centro-Sul do Brasil, não temos conhecimento de nenhum estudo no Brasil avaliando o sistema de consórcio cana-de-açúcar - canola. Para avançar no conhecimento sobre o potencial desse sistema, que inclui a produtividade da cana-de-açúcar e seus componentes de produção, e a adaptação e produção da canola em clima tropical, realizamos um experimento de campo de três anos para entender as interações sobre crescimento e desenvolvimento no sistema consorciado.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (22° 41’ 42” S; 47° 38’ 28” O e 520 m de altitude) nos anos agrícolas 2015/16, 2016/17 e 2017/18. O clima da região é o Cwa (Köppen), com chuvas concentradas no verão, e inverno seco (Alvares et al., 2013). A temperatura do ar média anual é de 22,3°C, precipitação pluvial média anual de 1.347 mm e radiação solar global média de 16,4 MJ m⁻² d⁻¹. O solo da área é o Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico (Santos et al., 2018) (Tabelas 1 e 2).

O experimento foi delineado em blocos casualizados com 4 repetições e 5 tratamentos: cana-de-açúcar (RB867515) + canola (Hyola 61); cana-de-açúcar (RB867515) + canola (Hyola 401); cana-de-açúcar (RB867515); canola (Hyola 61); e canola (Hyola 401). No segundo ciclo de cultivo não foi possível avaliar os tratamentos com canola Hyola 401. No terceiro ciclo alterou-se este genótipo pelo Hyola 571, e a variedade de cana-de-açúcar para RB966928

Tabela 1. Textura do solo e matéria orgânica.

Parâmetros	0-20 cm
Distribuição de tamanho de partícula (%)	
Areia (0,075 – 2,0mm)	33,6
Silte (0,002 – 0,075mm)	21,0
Argila (< 0.002mm)	45,4
Textura	Argilosa
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	51

Tabela 2. Análise química do solo.

Parâmetros	0-20cm
pH	5,7
P (mg dm ⁻³)	66,7
K (mmol _(c) dm ⁻³)	6,07
Al (mmol _(c) dm ⁻³)	0,00
Ca (mmol _(c) dm ⁻³)	75,3
Mg (mmol _(c) dm ⁻³)	41,3
H + Al (mmol _(c) dm ⁻³)	16,2

(genótipo precoce), mantendo os demais tratamentos iguais aos anos anteriores.

As parcelas de cana-de-açúcar em monocultivo eram compostas de 5 linhas de plantio, com 10,0m de comprimento, espaçadas em 1,4m. As parcelas de canola em monocultivo tinham 10 linhas de semeadura com 5,0m de comprimento, espaçadas em 0,4m. As parcelas experimentais referentes aos consórcios foram constituídas de 5 linhas de cana-de-açúcar com 10m de comprimento, e nas entrelinhas da cana-de-açúcar foram semeadas 3 linhas de canola, espaçadas em 0,4m entre si (Figura 1).

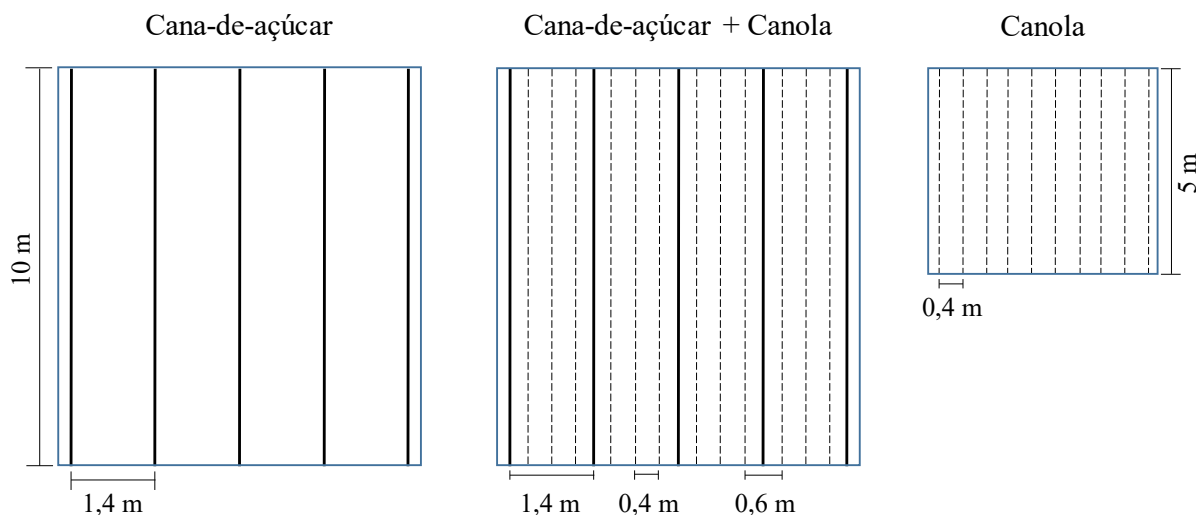
Na primeira safra as avaliações do consórcio e monocultivo foram conduzidas em cana planta. A segunda safra quantificou a primeira rebrota da cana-de-açúcar (cana-soca). Para a terceira safra a cana-de-açúcar foi novamente plantada, alterando a variedade para a RB966928 e assim avaliando a produção de cana planta.

Para a instalação do experimento, em janeiro de 2015, o solo foi manejado com aração e gradagem e aplicação de calcário dolomítico (2,0 ton ha⁻¹) para a correção do pH, conforme dados da análise química do solo e indicações do Boletim 100 IAC (Rajj et al., 1997).

O plantio da cana-de-açúcar foi realizado no dia 20 de abril de 2015 e 23 de abril de 2017, em sulcos com profundidade de 0,3-0,4 m. Nos sulcos foram depositados colmos de cana-de-açúcar da variedade RB867515 (primeira safra) e RB966928 (terceira safra) com 12 a 18 gemas por metro. A adubação de plantio para cana-de-açúcar foi de 50 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no mês de dezembro, em todos os anos de produção, aplicando 100 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

Para a semeadura dos genótipos de canola Hyola 61 e

Figura 1. Representação das parcelas de cana-de-açúcar e canola em monocultivo e consorciadas. Piracicaba (SP).



Hyola 401 adotou-se a densidade de sementes suficientes para alcançar um estande de 40 plantas m^{-2} . Tanto em consórcio quanto em monocultivo a canola foi semeada entre os dias 24 e 28 de abril de 2015 no primeiro ciclo de produção, logo após o plantio da cana-de-açúcar. A colheita ocorreu entre 28 de agosto e 4 de setembro do mesmo ano. No segundo ciclo de produção, o híbrido de canola Hyola 61 foi semeado entre 8 e 10 de maio de 2016, com colheita em 12 de setembro de 2016. Nesse ano a germinação das parcelas experimentais da canola Hyola 401 não permitiu a sua avaliação em monocultivo e consorciada com cana-de-açúcar. Em 2017 a semeadura dos genótipos de canola Hyola 61 e Hyola 571 (substituindo a Hyola 401) em consórcio foi em 28 de abril com colheita em 24 de agosto. A semeadura em monocultivo foi em 3 de maio com colheita em 4 de setembro. Todos os lotes de sementes de canola passaram por teste, indicando mais de 85% de germinação.

A adubação de base para canola foi depositada nas linhas, de acordo com a análise química do solo e as indicações para a cultura da canola (Tomm, 2007). Foram adicionados 30 $kg\ ha^{-1}$ de N e 30 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 na semeadura, e 30 $kg\ ha^{-1}$ de N em cobertura (a lanço) quando as plantas apresentavam quatro folhas. Plantas daninhas foram controladas manualmente. Não foram registradas doenças e pragas.

A temperatura do ar foi medida por estação meteorológica instalada na área experimental. As medidas foram feitas a cada 10 segundos, armazenando médias de 15 minutos. Dados de radiação solar global (Rg), saldo de radiação, umidade relativa do ar, velocidade do vento (2m) e precipitação pluvial foram obtidas do Posto Meteorológico da ESALQ/USP, distante 100 m do experimento. Essas medições também foram realizadas em mesma frequência, com médias armazenadas a cada 15 minutos.

O monitoramento da umidade do solo foi realizado a

partir de um balanço hídrico (Thorntwaite & Mather, 1955). Para determinar a capacidade de armazenamento de água do solo (CAD) foram usados os valores de capacidade de campo (θ_{cc}) de 0,39 $m^3\ m^{-3}$ e do ponto de murcha permanente (θ_{pmp}) de 0,25 $m^3\ m^{-3}$, e a densidade média do solo de 1,44 $g\ cm^{-3}$ da área (Meurer, 2014; Sousa, 2014). As simulações foram realizadas para profundidade (z) de 0,6 m para canola e 0,8 m para cana-de-açúcar. Valores de Kc utilizados para canola foram 0,35, 1,15 e 0,51, para o início do ciclo, floração e o final do ciclo (Allen et al., 1998). Para cana-de-açúcar o Kc utilizado foi de 0,5, 0,8, 0,95, 1,1, 1,2, 0,95 e 0,7 para os períodos de 0-30, 30-60, 60-75, 75-120, 120-300, 300-330 e 330-360 dias de ciclo (Doorenbos & Kassan, 1994). A evapotranspiração de referência foi calculada pelo modelo de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

O monitoramento fenológico da canola, a partir de análise visual, foi realizado a cada semana (Iriarte & Valetti, 2008). Em intervalos de 7 a 10 dias, a partir da coleta e análises destrutivas de plantas, foram determinadas a massa seca da parte aérea e a área foliar da canola. Para cada análise destrutiva de cinco plantas por parcela foram realizadas mensalmente. A área foliar foi obtida por imagem digitalizada das folhas (Alvim et al. 2010).

Ao final do ciclo das culturas as produtividades de grãos de canola e de colmos frescos de cana-de-açúcar foram determinadas. Para isso foram colhidas 5 amostras de 3,0m de linha de cultivo de canola por parcela, e 5 amostras de 5,0m de linhas de cultivo de cana-de-açúcar por parcela. Para obtenção da produtividade total ($kg\ ha^{-1}$) foi determinada a umidade dos grãos de canola em todas as amostras colhidas (Brasil, 2009).

As amostras dos grãos coletados foram submetidas a extração de óleo pelo método de solvente soxhlet (Moretto & Fett, 1998). Os colmos de cana-de-açúcar foram analisados pela metodologia da Consecana (2006) para determina-

ção do teor de sacarose aparente na cana-de-açúcar (Pol do colmo), porcentagem de sólidos solúveis do caldo (°Brix), relação entre pol/brix x 100 (Pureza), açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ATR), teor de fibra no colmo e teor de açúcares redutores na cana-de-açúcar (ARC).

Para o cálculo da soma térmica utilizou-se equação de Gilmore e Rogers (1958), com temperatura basal de 5°C para a canola (Morrison et al., 1989). Adicionalmente a isso, calculou-se a Eficiência de Uso da Terra (EUT), conforme Equação 1 (Andrews & Kassam, 1976):

$$EUT = \frac{Y_{cana\ cons.}}{Y_{cana\ monoc.}} + \frac{Y_{canola\ cons.}}{Y_{canola\ monoc.}} \quad (1)$$

Onde: $Y_{cana\ cons.}$ é o rendimento de colmos de cana-de-açúcar quando consorciada com a canola; $Y_{cana\ monoc.}$ é o rendimento de colmos de cana-de-açúcar em monocultivo; $Y_{canola\ cons.}$ é o rendimento de grãos de canola em consórcio com cana-de-açúcar; $Y_{canola\ monoc.}$ é o rendimento de grãos do híbrido de canola em monocultivo.

Os dados das variáveis obtidos foram avaliados quanto a normalidade dos mesmos, utilizando o teste de Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$), e homogeneidade das variâncias, utilizando o teste de Bartlett. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) a 5% de significância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Uma análise de componentes principais foi conduzida utilizando dados de canola e cana-de-açúcar, individualmente. A matriz dos dados foi auto escalada antes da análise, de modo a obter o mesmo peso para cada variável. As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico R versão 3.4.3 (R Code Team, 2013).

Resultados e Discussão

No primeiro ciclo de cultivo, no período de produção da canola, a temperatura média do ar variou entre 15,2°C e 24,6°C. No segundo ciclo de produção, também para canola, a temperatura média do ar variou entre 10,4°C e 24,4°C, e no terceiro ano de produção da canola a temperatura média do ar durante o ciclo foi dos 13,8°C a 24,1°C (Figura 2). A temperatura do ar é a variável de maior importância no crescimento e desenvolvimento da canola, sendo o valor ótimo de 20°C, com limites extremos de 12 e 30°C (Robertson et al., 2002; Thomas, 2003). Em todos os ciclos de produção da canola a temperatura do ar esteve dentro da faixa térmica ideal para a cultura.

Conforme Robertson et al. (2013), há uma redução na produtividade de grãos de canola em 0,08% para cada hora com temperatura do ar acima de 29°C durante o florescimento. Essa condição térmica foi registrada em 4,6% (5 dias), 5,1% (6 dias) e em menos de 1% (apenas um dia) dos

dias durante o florescimento, respectivamente no primeiro, segundo e terceiro ciclo de produção da cultura.

O híbrido de canola Hyola 401, semeado no segundo ano, não apresentou germinação e emergência de plântulas suficientes para avaliação. Uma das hipóteses é a interferência das condições de solo, como a temperatura e umidade. Para a germinação da canola, a faixa de temperatura do solo considerada ideal está entre 15 e 20°C (Kondra et al., 1983). A temperatura do solo não foi medida, porém a temperatura máxima do ar no período de germinação apresentou média de 26,8°C, e a temperatura do solo descoberto, provavelmente mais elevada (Zheng et al., 1993), associada a ausência de precipitação pluvial reduziu significativamente o estande de plantas do genótipo Hyola 401, inviabilizando sua avaliação.

A disponibilidade de energia radiante, seguindo curso normal de redução entre os meses de abril e junho, com retomada crescente a partir desse último mês, apresentou valor médio de 15,65 MJ m⁻² d⁻¹, 13,49 MJ m⁻² d⁻¹ e 13,7 MJ m⁻² d⁻¹ para o primeiro, segundo e terceiro ciclo de produção da canola (Figura 3). A radiação solar global não é um elemento limitante à canola nas condições brasileiras. Os resultados experimentais obtidos por Tomm et al. (2008), com canola em baixa latitude (6°58'07" S), indicam que a cultura também não é sensível ao excesso energético.

A precipitação pluvial acumulada durante o período de crescimento da canola (abril-setembro) foi de 154 mm, 323 mm e 227 mm no primeiro, segundo e terceiro ciclo de produção, respectivamente. Apesar da diferença na precipitação pluvial entre os três ciclos produtivos, em 2016 a maior parte da precipitação pluvial concentrou-se basicamente no mês de junho, quando os registros totalizaram 169 mm a mais que no mesmo período de 2015 (Figura 3). A precipitação pluvial não foi uniformemente distribuída ao longo do ciclo de produção da canola. Do total de precipitação pluvial acumulada no ciclo, 64%, em média, concentraram-se entre a emergência e o início do florescimento.

Em estudo com colza, no Rio Grande do Sul, Westphalen & Bergamaschi (1982) apontaram a necessidade hídrica de 312 mm para o ciclo. Para diferentes híbridos de canola de inverno no Canadá, Thomas (2003) estabeleceu que a demanda hídrica da cultura fosse de 325 a 550 mm durante o ciclo. Segundo Robertson & Kirkegaard (2005), a produtividade potencial da canola de primavera é reduzida por valores de precipitação pluvial acumulada inferiores a 450 mm durante o ciclo. O total acumulado de precipitação pluvial registrado nos três ciclos de produção ficou abaixo desses valores. Estudos ainda indicam que a incidência de déficit hídrico, principalmente no período reprodutivo, reduz a produtividade e afeta a qualidade e quantidade do óleo produzido (Angadi et al., 2003; Sinaki et al., 2007).

A variação do armazenamento de água no solo evidencia a baixa disponibilidade hídrica, principalmente entre o

Figura 3. Precipitação pluvial mensal acumulada e radiação solar global média mensal (Rg) durante o período de condução do experimento de consórcio de cana-de-açúcar e canola, de abril de 2015 a abril de 2018. Piracicaba (SP).

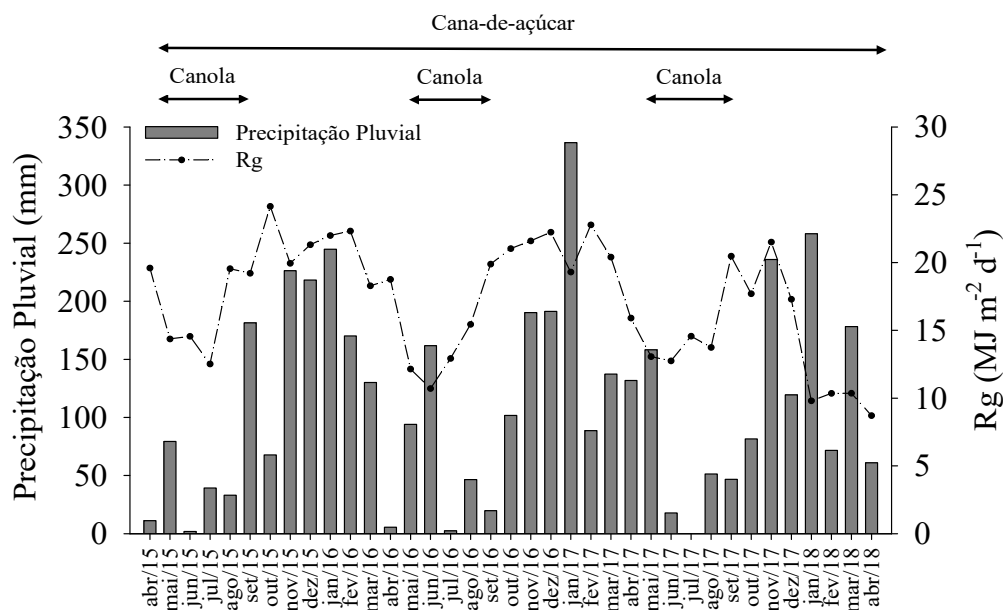
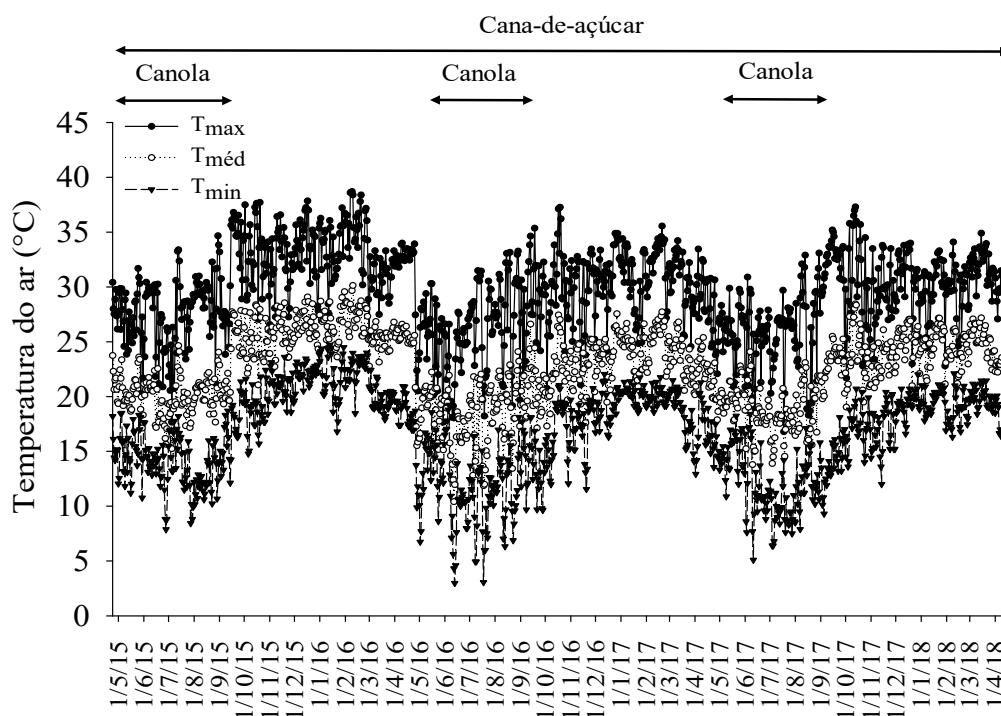


Figura 2. Temperatura máxima (T_{max}), média (T_{med}) e mínima (T_{min}) do ar durante o período de condução do experimento de consórcio de cana-de-açúcar e canola, de abril de 2015 a abril de 2018. Piracicaba (SP).

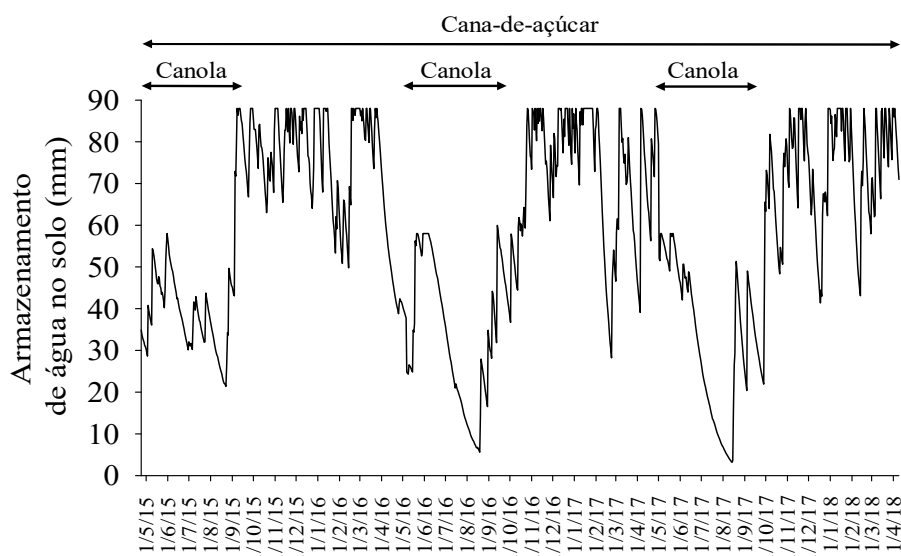


florescimento e maturação fisiológica da canola, compreendendo o final de junho e o início de setembro (Figura 4).

A precipitação pluvial acumulada durante o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, foi de 1.393 mm, 1.665 mm e 1.010 mm, no primeiro, segundo e terceiro ciclo de produção, respectivamente. Segundo Peres (1988), a necessidade hídrica da cana-de-açúcar, dependente das con-

dições climáticas, variedade e fase fenológica, pode variar de 2,3 mm dia⁻¹ a 5,7 mm dia⁻¹. No período de realização do experimento a temperatura média, máxima e mínima do ar (Figura 2) e a radiação solar global (Figura 3) estiveram próximas das normais climatológicas para a região (Alvares et al., 2013) e da condição favorável ao crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar (Segato et al., 2006).

Figura 4. Armazenamento de água no solo durante o período de condução experimental do consórcio de cana-de-açúcar e canola, de abril de 2015 a abril de 2018. Piracicaba (SP).



O ciclo dos genótipos de canola e a duração dos subperíodos fenológicos não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos em monocultivo e seus respectivos tratamentos consorciados em cada ano, tanto em número de dias quanto em tempo térmico (Tabela 1).

A duração do ciclo em graus-dia esteve dentro do intervalo de 1.157°C d e 1.747°C d relatados por Morrison et al. (1989) e Tesfamariam (2004), respectivamente. Entretanto, a elevação da temperatura do ar diminuiu o número de dias para completar o ciclo da canola em 2015, em relação aos demais anos, corroborando com os resultados observados por Luz et al. (2012).

Os valores de índice de área foliar (IAF) da canola (Figura 5) assemelharam-se ao IAF relatado por Farré et al. (2002) e Thomas (2003), variando entre 3 e 6. No primeiro ciclo o IAF máximo aproximou-se de 5,0 para os dois genótipos de canola (Figuras 5A e 5B). Esse valor foi superior e mantido por um período maior que nos demais anos (Figuras 5C, 5D e 5E), explicado pela disponibilidade hídrica durante o ciclo em 2015 (Figuras 3 e 4).

No primeiro ciclo de produção, a cana-de-açúcar em consórcio com a canola Hyola 61 e Hyola 401 apresentou tendência similar no seu IAF máximo de 4,11 e 4,10, e ao final do ciclo de 3,86 e 3,61, respectivamente (Figura 6). O IAF da cana-de-açúcar em monocultivo superou os demais tratamentos no início do ciclo e no período de IAF máximo (Figura 6A). A redução do IAF no final do ciclo foi observada em todos os tratamentos, devido a senescência foliar da cultura.

No segundo ciclo de produção, o IAF da cana-de-açúcar, em monocultivo, foi superior somente no início do ciclo. Após essa data, 200 dias após o corte da cana-de-açúcar, os tratamentos não mais diferiram entre si. O valor máximo

de IAF foi de 6,23 e 6,0 para o tratamento em monocultivo e consorciado com canola Hyola 61, respectivamente. No segundo ciclo de produção não foi observado redução do IAF ao final do ciclo da cultura (Figura 6B). Esse resultado é atribuído a grande lâmina de precipitação pluvial, de 420 mm durante os meses de abril e maio de 2017, superando a normal climatológica para o período, de 236mm.

Na terceira safra, o IAF da cana-de-açúcar em monocultivo não diferiu significativamente dos tratamentos consorciados. Inman-Bamber & Smith (2005) ao avaliarem os efeitos da disponibilidade hídrica à cultura da cana-de-açúcar, observaram valores de IAF máximo entre 4,0 e 5,5 para plantas com e sem estresse hídrico, respectivamente, valores estes próximos ao observado no presente estudo. No entanto, valores superiores foram observados por Meki et al. (2015), em que a maior produtividade de colmos de cana-de-açúcar ocorreu para IAF máximo de 7,5.

Analisando a massa de matéria seca (MS) da parte aérea de canola entre os anos, a Hyola 61 apresentou MS mais elevada no ano de 2016, em relação ao primeiro e terceiro ciclos de produção (Figura 7). A diferença observada entre os ciclos de produção de 2015 e 2017, em relação a 2016, pode ser explicada pela disponibilidade de água à cultura (Figuras 3 e 4), mais favorável principalmente nos dois primeiros meses do ciclo de 2016. Essa condição possibilitou à canola ter um crescimento mais vigoroso, atingindo acumulado final de matéria seca superior ao primeiro e terceiro ciclos (Figura 7C).

Bilibio et al. (2011), em estudo sobre o efeito da deficiência hídrica nas plantas de canola, encontraram valores médios de MS de 51,25 g planta⁻¹ em tratamento sem deficiência hídrica. Quando a cultura foi submetida à deficiência hídrica de 30% e 60%, em relação à ETc, os dados de MS

Figura 5. Índice de área foliar (IAF) da canola Hyola 61 no primeiro, segundo e terceiro ano (A, C, D), da canola Hyola 401 no primeiro ciclo de produção (B) e da canola Hyola 571 no terceiro ciclo de produção (E), em relação ao tempo térmico, cultivada em consórcio e monocultivo, nos anos de 2015 (A, B), 2016 (C) e 2017 (D, E). Piracicaba (SP).

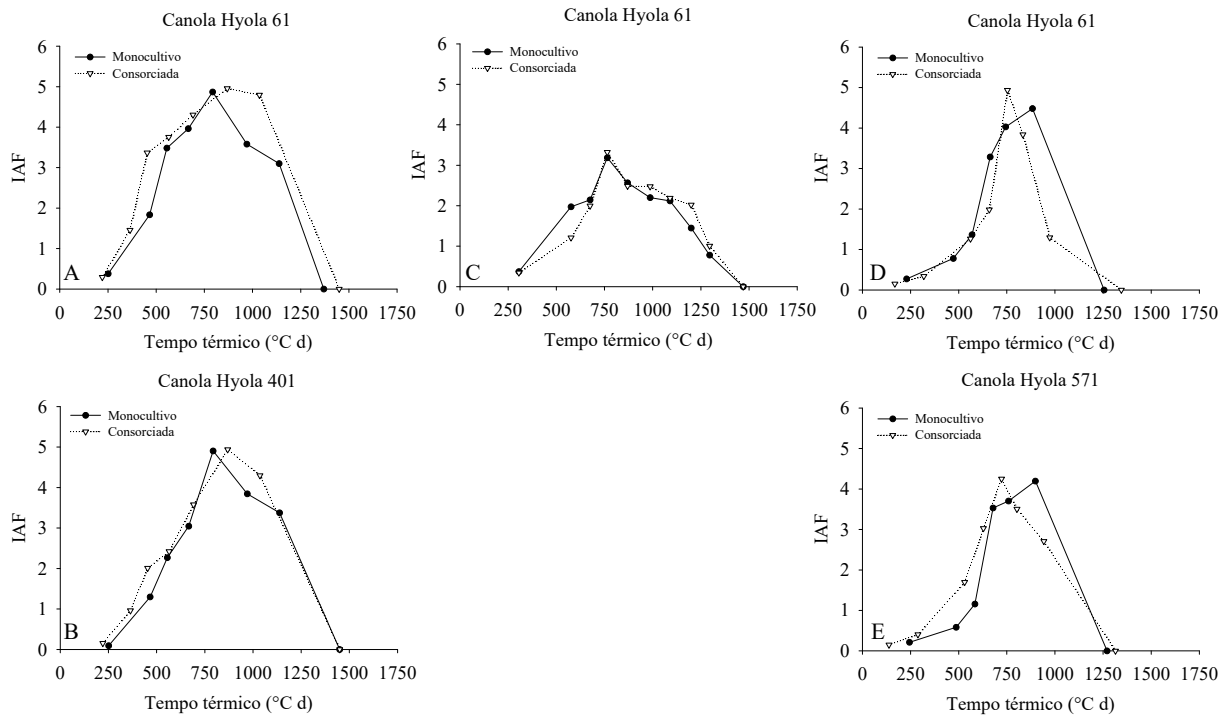


Figura 6. Índice de área foliar (IAF) da cana-de-açúcar, em monocultivo e consorciada com canola Hyola 61, Hyola 401 e Hyola 571, em relação a dias após o plantio (DAP) em 2015 e 2017 (A e C), e dias após o corte (DAC) em 2016 (B). Valores médios \pm Erro Médio. Piracicaba (SP).

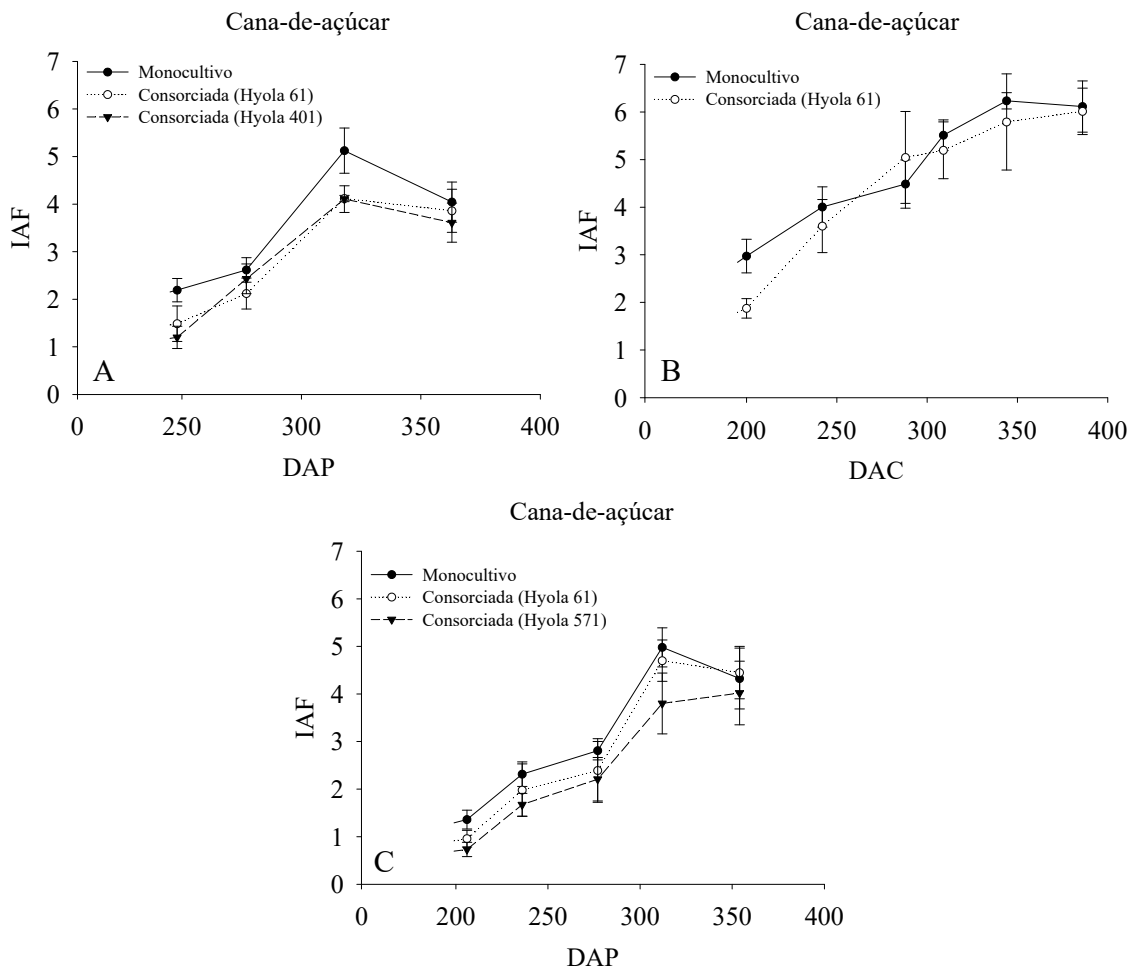


Tabela 3. Número de dias (Nº dias) entre a emergência (EM) e a floração (FLO) /maturação fisiológica (MAT) e soma térmica (ST em °C d) acumulada no ciclo de três genótipos de canola em experimento de consórcio de canola e cana-de açúcar, no período de 2015 a 2017. Piracicaba (SP).

Tratamento	2015			2016			2017		
	EM - FLO	EM - MAT	ST	EM - FLO	EM - MAT	ST	EM - FLO	EM - MAT	ST
	Nº dias	Nº dias		Nº dias	Nº dias		Nº dias	Nº dias	
Canola 401	51	108	1.609						
Canola 401 + cana	44	108	1.624						
Canola 61	51	108	1.609	58	117	1.570	63	116	1.606
Canola 61 + cana	44	108	1.624	58	117	1.570	51	111	1.523
Canola 571							44	109	1.493
Canola 571 + cana							59	117	1.621

apresentaram redução de 18,9% (41,53 g planta⁻¹) e 38,3% (31,6 g planta⁻¹), respectivamente. Esse último dado próximo dos valores obtidos no presente estudo. Já Sanches et al. (2017), ao avaliarem doses de nitrogênio e frequências de irrigação verificaram valores médios de MS de plantas de canola variando entre 18,34 e 23,44 g planta⁻¹, para os tratamentos não irrigados, e valores entre 19,92 e 52,25 g planta⁻¹ para os tratamentos com dose de 60 kg ha⁻¹ de N, condições estas que se aproximam do manejo adotado.

O crescimento da cana-de-açúcar também foi quantificado pela massa de matéria seca da parte aérea das plantas (MS). No primeiro ciclo, no tratamento com a cana-planta

em monocultivo, foram acumulados 388 g planta⁻¹. Nesse mesmo ano, a cana-de-açúcar consorciada com canola Hyola 401 atingiu 370 g planta⁻¹ e o tratamento consorciado com a Hyola 61 acumulou 338 g planta⁻¹. No segundo ciclo de produção, com a cana-soca, a MS final das plantas em monocultivo foi de 901 g planta⁻¹ e no tratamento consorciado com a Hyola 61 foi de 918 g planta⁻¹ (Figura 8).

Os resultados de MS de cana-de-açúcar da terceira safra foram bastante próximos àqueles obtidos no primeiro ano. Entretanto, nessa safra, a cana-de-açúcar em monocultivo teve acúmulo de biomassa superior no período inicial, em relação aos demais tratamentos (Figura 8C).

O corte mais tardio e as condições climáticas favoráveis na segunda safra condicionaram as diferenças observadas na MS entre os anos-safras.

Em relação aos resultados apresentados por Oliveira et al. (2007), a produção de MS de cana-de-açúcar variou entre 615 e 860 g planta⁻¹ para as variedades RB855536 e RB72454, respectivamente.

A produção de MS da cana-de-açúcar em monocultivo do primeiro e terceiro ano-safras mostraram-se inferiores aos limiares descritos por Oliveira et al. (2007), entre 615 e 860 g planta⁻¹ para as variedades RB855536 e RB72454. Já os resultados do segundo ano experimental extrapolaram as produções de MS de Oliveira et al. (2007). Essas diferenças mostram, além das diferenças meteorológicas de cada ano, o efeito da colheita precoce da cana-de-açúcar variedade RB867515, indicando a necessidade de ajuste do material genético para incrementar a produção de massa de matéria seca por planta e consequentemente a produção e qualidade em sistema consorciado com canola.

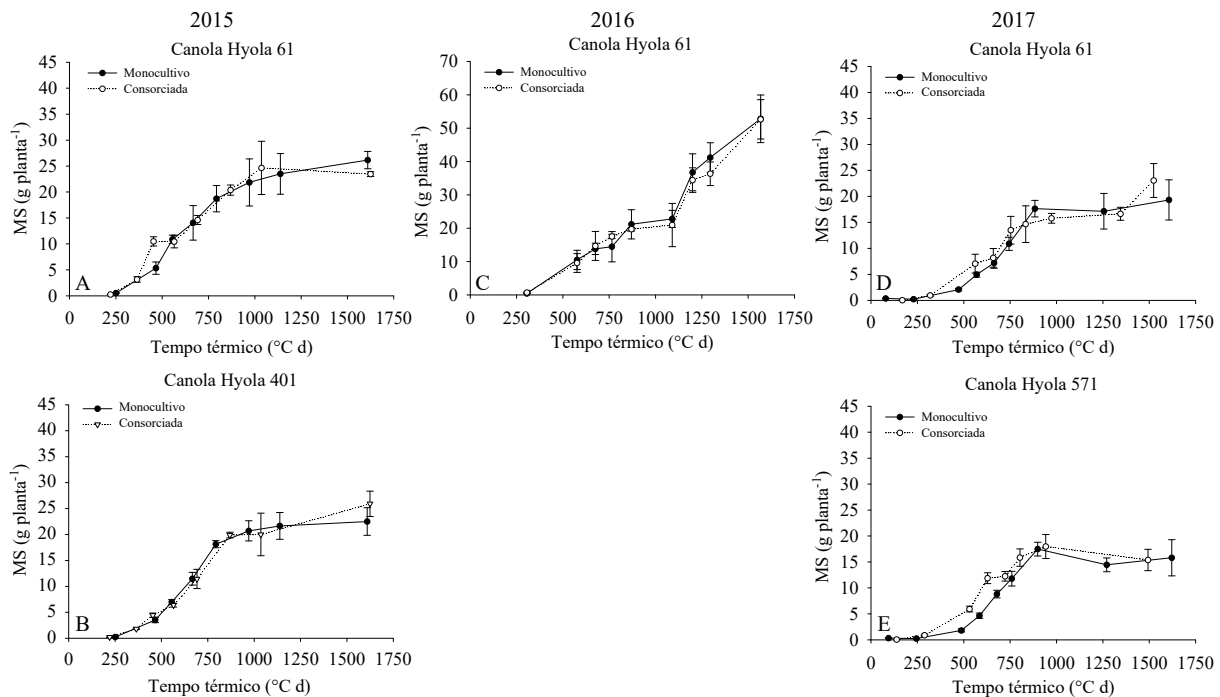
A produtividade média de grãos dos híbridos de canola ficou dentro da média brasileira do período experimental, que foi de 1.281 kg ha⁻¹ (Conab, 2017a). Os resultados (Tabela 2) estão de acordo com diversos estudos de canola em diferentes regiões do Brasil (Tomm et al., 2008; Krüger et al., 2011; Sanches et al., 2017). Embora a produtividade da canola tenha sido superior no sistema de monocultivo para as três safras avaliadas, estatisticamente não houve diferença entre os sistemas de produção indicando poten-

Tabela 4. Produtividade de colmos de cana-de-açúcar e de grãos de canola por hectare, em monocultivo e consórcio, nos ciclos de produção de 2015, 2016 e 2017 e Eficiência de Uso da Terra (EUT) para os respectivos tratamentos e anos de cultivo. Piracicaba (SP).

Tratamento	Produtividade (kg ha ⁻¹)		EUT
	2015	2016	
	Cana-de-açúcar	Canola	
Cana-de-açúcar	74.317a	-	
Cana-de-açúcar + Hyola 401	63.845a	1.055a	1,81
Cana-de-açúcar + Hyola 61	74.250a	1.168a	1,74
Canola Hyola 401	-	1.105a	
Canola Hyola 61	-	1.567a	
	2016		
	Cana-de-açúcar	Canola	
Cana-de-açúcar	117.000a	-	
Cana-de-açúcar + Hyola 61	111.000a	1.226a	1,83
Canola Hyola 61	-	1.386a	
	2017		
	Cana-de-açúcar	Canola	
Cana-de-açúcar	55.957a	-	
Cana-de-açúcar + Hyola 61	51.026a	1.045a	1,86
Cana-de-açúcar + Hyola 571	52.738a	1.026a	1,87
Canola Hyola 61	-	1.095a	
Canola Hyola 571	-	1.107a	

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Figura 7. Produção de massa de matéria seca (MS) da parte aérea de plantas de canola do genótipo Hyola 61 no primeiro, segundo e terceiro ano (A, C, D), do genótipo Hyola 401 no primeiro ciclo de produção (B) e do genótipo Hyola 571 no terceiro ciclo de produção (E), em monocultivo e em consórcio com cana-de-açúcar, em função da soma térmica, nos anos de 2015, 2016 e 2017. Piracicaba (SP).



cial de utilização da canola em sistemas consorciados com a cana-de-açúcar (Tabela 2).

O rendimento de colmos de cana-de-açúcar no primeiro ano foi similar à média de produtividade do estado de São Paulo, de 77.500 kg ha⁻¹ (Conab, 2017b). Já no segundo ano, a cana-soca produziu mais de 110.000 kg ha⁻¹, basicamente em função das melhores condições meteorológicas, com 300 mm a mais de precipitação pluvial que a primeira safra (Figura 3) e ao atraso da colheita, aumentando o ciclo de produção para 408 dias.

Em 2015 a produtividade de cana-de-açúcar nos consórcios com Hyola 401 e Hyola 61 foi 14,1% e 0,09% menor que no monocultivo, respectivamente. No segundo ano a produtividade de colmos foi 5,12% menor no consórcio e no terceiro ano o consórcio com Hyola 571 e Hyola 61 apresentou produtividade de colmos 5,76% e 8,8% inferior ao monocultivo, respectivamente. Kaur, et al. (2016), ao avaliarem a consorciação de cana-de-açúcar com canola, obtiveram valor de produtividade de colmos de -6,12% a +0,9% em consorciação, em relação ao monocultivo. No entanto, apesar das diferenças em produtividade de colmos entre os tratamentos em consorciação e monocultivo, não houve diferença significativa em seus respectivos anos de avaliação. Portanto, pode se inferir que não há efeito direto das plantas de canola no crescimento da cana-de-açúcar, sugerindo a viabilidade de produção de cana-de-açúcar em consorciação com canola.

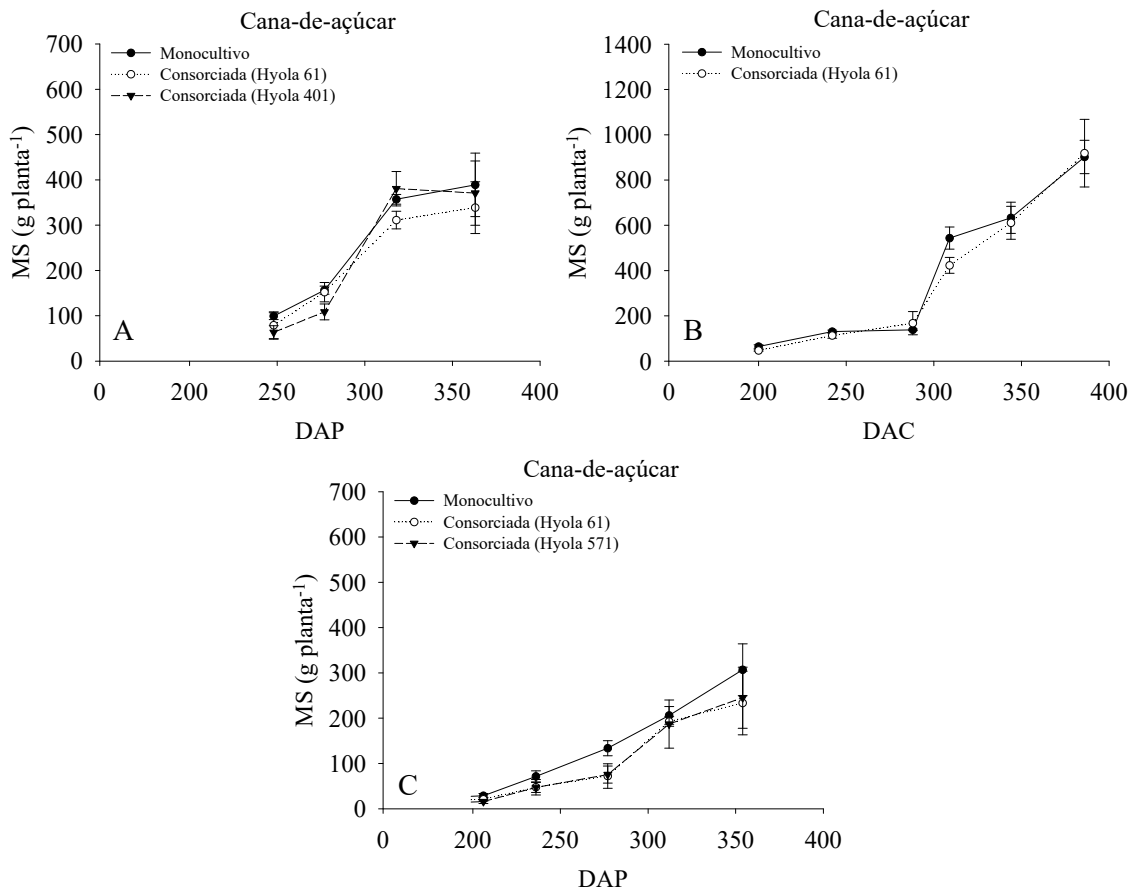
O índice de uso eficiente da terra (EUT) dos sistemas consorciados, superiores a unidade, evidenciam a capaci-

dade de intensificar a produção agrícola através do sistema de produção proposto e analisado. Em média, os sistemas consorciados foram 79,3% mais eficientes no uso da terra do que o sistema em monocultivo, expressando o melhor aproveitamento dos recursos ambientais em relação ao sistema monocultivo (Andrews & Kassam, 1976).

Os resultados das análises qualitativas apontaram teor médio de óleo nos grãos de canola Hyola 61 de 31%, e de 28,8% no genótipo Hyola 401. Valores inferiores ao teor médio de 38% relatado por Tomm (2007), evidenciando um provável efeito negativo da deficiência hídrica (Figura 3) e da temperatura do ar elevada no período reprodutivo (Figura 2) (Sinaki et al., 2007). Segundo Bouchereau et al. (1996), a deficiência hídrica limita a disponibilidade de carboidratos na planta para a síntese de óleo e acelera o ciclo da cultura, reduzindo o número de dias para acúmulo de óleo nos grãos. Ressalta-se isso apenas como uma hipótese, pois os teores de proteínas nos grãos não foram avaliados. A disponibilidade de radiação solar e temperaturas mais elevadas que na região Sul, onde se concentram as áreas de produção (Tomm, 2007) podem ter favorecido o acúmulo de proteínas, em detrimento da concentração de óleo.

As análises qualitativas da cana-de-açúcar colhida, na primeira e segunda safra, indicaram efeito indireto do sistema de consorciação com canola, uma vez que, para possibilitar a semeadura da canola dentro do período indicado pelo zoneamento agroclimático em abril da segunda safra, foi necessário colher a cana-de-açúcar precocemente. Dessa forma, a variedade RB867515 apresentou características

Figura 8. Massa de matéria seca (MS) da parte aérea de plantas de cana-de-açúcar nos sistemas de monocultivo e consorciada com canola Hyola 61, Hyola 401 e Hyola 571, em relação a dias após o plantio (DAP) em 2015 e 2017 (A e C), e dias após a colheita (DAC) em 2016 (B). Valores médios \pm erro médio. Piracicaba (SP).



1

indesejáveis à usina na primeira safra (Fernandes, 2000) (Figura 9).

No primeiro ano de produção, 2015, a cultura apresentou valores de POL no colmo (sacarose aparente) inferior a 14, valores de pureza inferiores a 85%, porcentagem de açúcares redutores (AR) maior que 0,8%, e proporções de ATR (Açúcares redutores totais) menores que 15%. No segundo ano de cultivo, o atraso na colheita teve influência positiva, com resultados dentro das faixas recomendadas para o processamento em usina (Figura 9).

A análise de componentes principais evidenciou baixa influência dos tratamentos consórcio e monocultivo para ambas as culturas, uma vez que os tratamentos foram agrupados em função do ano agrícola e não da consorciação (Figura 10). Dessa forma, a variabilidade na produção de MS e produtividade de cana-de-açúcar e canola podem ser atribuídas às condições climáticas de cada safra. Esse resultado, mais uma vez, demonstra a potencialidade de consorciação do sistema cana-de-açúcar e canola para as condições de Piracicaba-SP.

Conclusões

A produção de canola mostrou-se viável na região. Para maximizar a produção de grãos, o momento da sementeira deve considerar efeitos térmicos negativos, em início de ciclo, e de deficiência hídrica em meio e final de produção.

O sistema de consorciação de cana-de-açúcar e canola mostrou-se capaz de intensificar o uso da terra. Em razão da baixa disponibilidade hídrica a partir de abril, recomenda-se a sementeira de canola em entrelinhas de cana-de-açúcar de maturação precoce.

Contribuição dos autores

F.G. PILAU concepção do projeto. F.G. PILAU e G.A. DALMAGO orientação do projeto. D.A.V. GRUBERT e F.G. PILAU condução do experimento e coleta dos dados. D.A.V. GRUBERT, F.G. PILAU e G.A. DALMAGO: realização das análises estatísticas, análise dos dados, redação e revisão do manuscrito.

Figura 9. Resultado das análises tecnológicas dos tratamentos de cana-de-açúcar, em monocultivo e consorciado com canola Hyola 61 e Hyola 401, nos ciclos de produção de 2015 (A) e 2016 (B). Teor de sacarose aparente na cana-de-açúcar (Pol colmo), porcentagem de sólidos solúveis do caldo (Brix), relação entre pol/brix x 100 (Pureza), Açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ATR), teor de fibra no colmo (Fibra), teor de açúcares redutores na cana-de-açúcar (ARC). Piracicaba (SP).

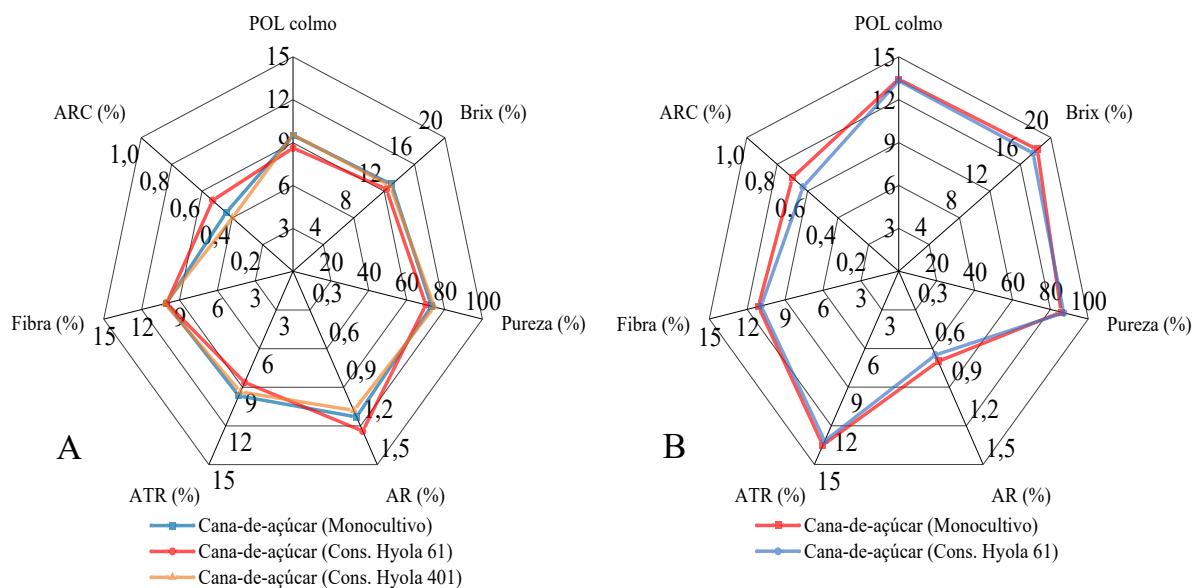
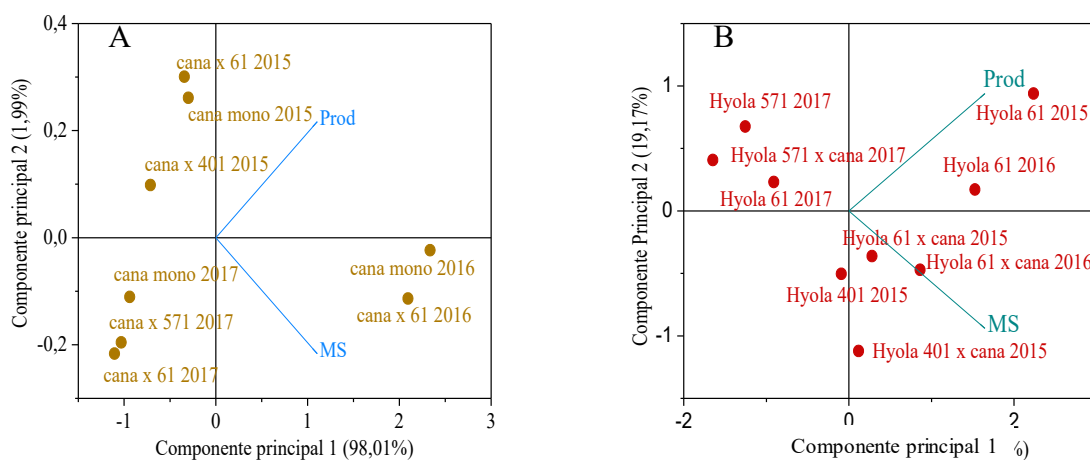


Figura 10. Análise de componentes principais da massa de matéria seca da parte aérea (MS) e produtividade (Prod) de cana-de-açúcar (A) e canola (B). 2015/16 foi utilizado o genótipo de cana-de-açúcar RB867515 e 2017 o genótipo RB966928. Piracicaba (SP).



Referências

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050. The 2012 revision.** Rome: FAO, 2012. 147p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements.** FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 300p.

ALLISON, J.C.S.; PAMMENTER, N.W.; HASLAM, R.J. Why does sugarcane (*Saccharum* sp. hybrid) grow slowly? **South African Journal of Botany**, v.73(4), p.546-551, 2007. DOI: doi.org/10.1016/j.sajb.2007.04.065

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; DE MORAES GONÇALVES, J.L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22(6), p.711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

ALVIM, K.R. de T.; BRITO, C.H. de; BRANDÃO, A.M.; GOMES, L.S.; LOPES, M. T.G. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. **Ciência Rural**, v.40(5), p.1017-1022, 2010. DOI: doi.org/10.1590/S0103-84782010000500003

ANDREWS, D.J.; KASSAM, A.H. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In: Papendick, R.I.; Sanchez, P.A.; Triplett, G.B. (Eds.). **Multiple Cropping.** Madison: ASA Special Publications, 1976. DOI: doi.org/10.2134/asaspecpub27.c1

ANGADI, S.; CUTFORTH, H.; MCCONKEY, B.; GAN, Y. Yield Adjustment by Canola Under Different Plant Populations in the Semiarid Prairie. **Crop Science**, v.43, p.1358-1366, 2003. DOI: doi.org/10.2135/cropsci2003.1358

BILIBIO, C.; CARVALHO, J. de A.; HENSEL, O.; RICHTER, U. Effect of different levels of water deficit on rapeseed (*Brassica napus* L.) crop. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35(4), p.672-684, 2011. DOI: doi.org/10.1590/S1413-70542011000400005

- BOUCHEREAU, A.; CLOSSAIS-BESNARD, N.; BENSOUAD, A.; LEPORT, L.; RENARD, M. Water stress effects on rapeseed quality. **European Journal of Agronomy**, v.5(1-2), p.19-30, 1996. DOI: doi.org/10.1016/S1161-0301(96)02005-9
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399p.
- BRUINSMA, J. **The resource outlook to 2050: By how much do land, water use and crop yields need to increase by 2050?** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. 33p.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: primeiro levantamento. Volume 5. Safra 2017/18**. Brasília: Conab, 2017a. 115p.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana: segundo levantamento. Volume 4. Safra 2017/18**. Brasília: Conab, 2017b. 70p.
- CONAB. **Série Histórica das Safras**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/902-canola>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2023.
- CONSECANA. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba: Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar, Álcool do Estado de São Paulo, 2006. 112p.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, Estudos FAO. irrigação e drenagem, n.33, 1994. 212p.
- FAO. **FAOSTAT**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017. Disponível em: <www.faostat.org>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2017. Building resilience for peace and food security**. Rome: FAO, 2017. 119p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-I7695e.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- FARRÉ, I.; ROBERTSON, M.J.; WALTON, G.H.; ASSENG, S. Simulating phenology and yield response of canola to sowing date in Western Australia using the APSIM model. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.53(10), p.1155-1164, 2002. DOI: doi.org/10.1071/AR02031
- FERNANDES, A.C. **Cálculos na Agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2000. 416p.
- FREITAS, R.E.; MENDONÇA, M.A.A. de; FREITAS, R.E.; MENDONÇA, M. A.A. de. Expansão Agrícola no Brasil e a Participação da Soja: 20 anos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.54(3), p.497-516, 2016. DOI: doi.org/10.1590/1234-56781806-94790540306
- GEETHA, P.; SIVARAMAN, K.; TAYADE, A.S.; DHANAPAL, R. Sugarcane based intercropping system and its effect on cane yield. **Journal of Sugarcane Research**, v.5(2), p.1-10, 2015.
- GILMORE, E.C.; ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, v.50(10), p.611-615, 1958. DOI:10.2134/AGRONJ1958.00021962005000100014X
- INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92(2-3), p.185-202, 2005. DOI: 10.1016/j.fcr.2005.01.023
- IRIARTE, L.B.; VALETTI, O.E. **Cultivo de Colza**. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária - INTA, 2008.
- KAMKAR, B.; DANESHMAND, A.R.; GHOOSHCHI, F.; SHIRANIRAD, A.H.; SAFAHANI LANGEROUDI, A.R. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment. **Agricultural Water Management**, v.98(6), p.1005-1012, 2011. DOI: doi.org/10.1016/j.agwat.2011.01.009
- KAUR, N.; BHULLAR, M.S.; GILL, G. Weed management in sugarcane-canola intercropping systems in northern India. **Field Crops Research**, v.188, p.1-9, 2016. DOI: doi.org/10.1016/j.fcr.2016.01.009
- KONDRA, Z.P.; CAMPBELL, D.C.; KING, J.R. Temperature effects on germination of rapeseed (*Brassica napus* L. and *B. campestris* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, v.63(4), p.1063-1065, 1983.
- KRÜGER, C.A.M.B.; SILVA, J.A.G. da; MEDEIROS, S.L.P.; DALMAGO, G.A.; SARTORI, C.O.; SCHIAVO, J. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46(11), p.1448-1453, 2011. DOI: doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100005
- LUZ, G.L. da; MEDEIROS, S.L.P.; TOMM, G.O.; BIALOZOR, A.; AMARAL, A.D. do; PIVOTO, D. Temperatura base inferior e ciclo de híbridos de canola. **Ciência Rural**, v.42(9), p.1549-1555, 2012. DOI: doi.org/10.1590/S0103-84782012000900006
- MEKI, M.N.; KINIRY, J.R.; YOUKHANA, A.H.; CROW, S.E.; OGOSHI, R.M.; NAKAHATA, M.H.; TIRADO-CORBALÁ, R.; ANDERSON, R.G.; OSORIO, J.; JEONG, J. Two-year growth cycle sugarcane crop parameter attributes and their application in modeling. **Agronomy Journal**, v.107(4), n.1310, 2015. doi:10.2134/agronj14.0588
- MEURER, I. **Estudo de diferentes métodos na estimativa da curva de retenção da água no solo**. 2014. 57p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Varela, 1998.
- MORRISON, M.J.; MCVETTY, P.B.E.; SHAYKEWICH, C.F. The determination and verification of a baseline temperature for the growth of westar summer rape. **Canadian Journal of Plant Science**, v.69(2), p.455-464, 1989. DOI: doi.org/10.4141/cjps89-057
- OLIVEIRA, R.A. De; DAROS, E.; LUIS, J.; ZAMBON, C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; BESPALHOK-FILHO, J.C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KELLY, D. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37(2), p.71-76, 2007.
- PARSONS, M.J. Successful intercropping of sugarcane. **Proceeding South African Sugarcane Technology Associate**, v.7, p.77-98, 2003.
- PERES, J.G. **Determinação dos coeficientes de cultura (Kc) da cana-de-açúcar: ciclo de cana soca**. 1988. 78p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>
- RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997.
- RASEDUZZAMAN, M.; JENSEN, E.S. Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. **European Journal of Agronomy**, v.91, p.25-33, 2017. DOI: doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.009
- RASOOL, A.; FAROOQ, M.A.; ZUBAIR, M.; JAMIL, M.; AHMAD, S.; AFGHAN, S. Prospects of intercropping rabi crops in autumn planted sugarcane. **Pakistan Sugar Journal**, v.26, p.2-5, 2011.
- ROBERTSON, M.J.; HOLLAND, J.F.; CAWLEY, S.; POTTER, T.D.; BURTON, W.; WALTON, G.H.; THOMAS, G. Growth and yield differences between triazine-tolerant and non-triazine-tolerant cultivars of canola. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.53(6), n.643, 2002. DOI: doi.org/10.1071/AR01159
- ROBERTSON, M. J.; KIRKEGAARD, J. A. Water use efficiency of dryland canola in an equi-seasonal rainfall environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 56, p. 1373–1386, 2005. DOI: 10.1071/AR05030
- ROBERTSON, S.M.; JEFFREY, S.R.; UNTERSCHULTZ, J.R.; BOXALL, P.C. Estimating yield response to temperature and identifying critical temperatures for annual crops in the Canadian prairie region. **Canadian Journal of Plant Science**, v.93(6), p.1237-1247, 2013. DOI: doi.org/10.4141/cjps2013-125
- ROODAGI, L.I.; ITANAL, C.J.; KANDAGAVE, R.B. Better intercrops and planting methods for higher and sustained yield of sugarcane in north Karnataka. **Bharatiya Sug**, v.25, p.21-26, 2000.
- SANCHES, A.C.; GOMES, E.P.; PEREIRA, E.; AZEVEDO, G. Canola yield under different irrigation frequencies and nitrogen levels in the Brazilian Cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.41(4), p.367-377, 2017. DOI: doi.org/10.1590/1413-70542017414003317
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

- SINAKI, J.M.; HERAVAN, E.M.; RAD, A.H.S.; NOORMOHAMMADI, G.; ZAREI, G. The effects of water deficit growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal Agricultural & Environment Science*, v.2(4), p. 417-422, 2007.
- SOUSA, H.H. de F. **Fluxo preferencial de água no solo pela aplicação da equação de Darcy-Buckingham e do método do balanço de água no solo**. 2014. 93p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SEGATO, S.V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M de. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. 415p.
- TESFAMARIAM, E.H. **Modelling the soil water balance of Canola (*Brassica napus* L.) (Hyola 60)**. 2004. 120p. Dissertation (MSc) - University of Pretoria, Pretoria.
- THOMAS, P. The Grower's manual. **Winnipeg: Canola Council of Canada**, 2003. Disponível em: <http://www.canolacouncil.org/canola_growers_manual.aspx>.
- THORNTHWAITTE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publication in Climatology**, v.8, p.5-86, 1955.
- TOMM, G.O. **Indicativos tecnológicos para a produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68p.
- TOMM, G.O. **Desempenho de genótipos de canola em Goiás, em 2004**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 11p.
- TOMM, G.O.; RAPOSO, R.W.C.; SOUZA, T.A.F. de; OLIVEIRA, J.T. de L.; RAPOSO, E.H.S.; SILVA NETO, C.P. da; BRITO, A. C.; NASCIMENTO, R. de S.; RAPOSO, A.W.S.; SOUZA, C. F. **Desempenho de genótipos de canola (*Brassica napus* L.) no Nordeste do estado da Paraíba**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 15p.
- VAN DEN BERG, M.; NEUMANN, K.; VAN VUUREN, D.P.; BOUWMAN, A. F.; KRAM, T.; BAKKES, J. Exploring resource efficiency for energy, land and phosphorus use: Implications for resource scarcity and the global environment. **Global Environmental Change**, v.36, p.21-34, 2016. DOI: doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.09.016
- WESTPHALEN, S. L.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração da colza (*Brassica napus* L.) através de evapotranspirômetros "tipo Thornthwaite". In: Reunião anual de programação de pesquisa e assistência técnica da colza, **Anais**...Porto Alegre: Resultados de Pesquisa... Porto Alegre: Instituto de Pesquisa Agrônômica, 1982.
- ZHENG, D.; HUNT, E.R.; RUNNING, S.W. A daily soil temperature model based on air temperature and precipitation for continental applications. **Climate Research**, v.2, p.183-191, 1993.

REFERENCIAÇÃO

GRUBERT, D. A. V.; DALMAGO, G. A.; PILAU, F. G. Consorciação de cana-de-açúcar e canola em clima tropical. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.30, e027234, 2023.



Intercropping of sugarcane and canola in tropical climate

Daniel Alves da Veiga Grubert¹, Genei Antônio Dalmago² and Felipe Gustavo Pilau^{1(*)}

¹Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Av. Pádua Dias, 11, CEP 13.418-900 Piracicaba, SP, Brazil.

E-mails: grubert@usp.br and fgpilau@usp.br

²Embrapa Trigo. Rodovia BR 285, km 294, Caixa postal 451, CEP. 99.001-970 Passo Fundo, RS, Brazil.

E-mail: genei.dalmago@embrapa.br

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 2 March 2023

Accepted 24 May 2023

Index terms:

agricultural intensification

yield

Saccharum spp L.

Brassica napus L.

ABSTRACT

The intercropping in agriculture has potential against the future scenario of arable land scarcity and increased global demand for food. The performance of sugarcane and canola intercropping system was evaluated during three growing seasons in Piracicaba (SP). The experiment was designed in a randomized complete block with 4 replicates and 5 treatments: sugarcane + canola Hyola 61; sugarcane + canola Hyola 401 or Hyola 571; sugarcane monoculture; canola Hyola 61 monoculture; canola Hyola 401 or Hyola 571 monoculture. The sugarcane and canola intercropped presented a similar result to the monoculture treatment, with fresh stalks yields of 51.0 to 117.0 tons ha⁻¹. Canola intercropped with sugarcane also had grain yield similar to monocultures, from 1,026 to 1,567 kg ha⁻¹. The intercropping system resulted in land use efficiency of 1.74 to 1.87-fold higher than monoculture.

© 2023 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

GRUBERT, D. A. V.; DALMAGO, G. A.; PILAU, F. G. Consorciação de cana-de-açúcar e canola em clima tropical. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.30, e027234, 2023.