



ISBN: 978-85-85564-34-6

XI WORKSHOP
AGROENERGIA
Matérias-Primas

2017

27 E 28
JUNHO

Centro de Convenções da Cana - IAC
Ribeirão Preto

CROTALÁRIA-JÚNCEA (*Crotalaria juncea* L.) EM ROTAÇÃO COM CANA-DE-AÇÚCAR: UMA META-ANÁLISE PARA AVALIAR SEU EFEITO NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E INDUSTRIAL

Gabriela Cristina Salgado⁽¹⁾; Leonardo Luciano Langoni⁽²⁾; Guilherme Bovi Ambrosano⁽²⁾; Vanessa Gallego Arias Pecorari⁽³⁾; Glaucia Maria Bovi Ambrosano⁽⁴⁾; Ivani Pozar Otsuk⁽⁵⁾; Fábio Luis Ferreira Dias⁽⁶⁾; Fabrício Rossi⁽⁷⁾; Silvio Tavares⁽⁶⁾; Edmilson José Ambrosano⁽⁶⁾.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi realizar uma revisão sistemática de trabalhos de pesquisa tendo como variável resposta a produtividade de colmos e quantidade de açúcar produzida pela cana-de-açúcar após o pré-cultivo de crotalária-juncea (IAC-1) em comparação com ausência do pré-cultivo e definir por meta-análise o efeito global e condicionado dessa resposta. Foi levantado todos os artigos anteriores a 2017 para determinar o efeito da adubação verde na melhoria do ambiente de produção agrícola da cana-de-açúcar. A busca dos artigos foi em bases digitais (Web of Science, Scopus, SciELO, Portal CAPES). As palavras-chave utilizadas nas bases de dados foram: sugarcane, sugar cane, *Saccharum officinarum*, cover crop, green crop, e crop rotation. Os critérios de seleção dos trabalhos foram: (1) todos os trabalhos apresentaram produtividade agrícola e industrial de açúcar (POL) da cultura da cana-de-açúcar em rotação com o a crotalária-juncea, (2) apresentavam também estatística nos dados, (3) os artigos foram avaliados por dois pesquisadores experientes na área de adubação verde. Com base nos dados foram selecionados os seguintes trabalhos: AMBROSANO, et al. (2013), AMBROSANO, et al. (2014), AMBROSANO, et al. (2011a), AMBROSANO, et al. (2011b), AMBROSANO, et al. (2010), AMBROSANO et al. (2005). A cana-de-açúcar em rotação com a crotalária-juncea teve aumento da produtividade de colmos e açúcar quando comparado com o grupo controle. O tratamento com crotalária-juncea mais o sulfato de amônio não teve efeito no aumento da produtividade de colmos da cana.

Palavras-chave: adubação verde, *Crotalaria juncea*, *Saccharum officinarum*.

SUNN HEMP (*Crotalaria juncea*) IN ROTATION WITH SUGARCANE: A META-ANALYSIS TO EVALUATE ITS EFFECT ON AGRICULTURAL AND INDUSTRIAL YIELD

Gabriela Cristina Salgado⁽¹⁾; Leonardo Luciano Langoni⁽²⁾; Guilherme Bovi Ambrosano⁽²⁾; Vanessa Gallego Arias Pecorari⁽³⁾; Glaucia Maria Bovi Ambrosano⁽⁴⁾; Ivani Pozar Otsuk⁽⁵⁾; Fábio Luis Ferreira Dias⁽⁶⁾; Fabrício Rossi⁽⁷⁾; Silvio Tavares⁽⁶⁾; Edmilson José Ambrosano⁽⁶⁾.

(1) Estudante Mestrado; Universidade de São Paulo (ESALQ); Piracicaba, SP; salgado_gc@gmail.com;

(2) Estudante Graduação; Universidade de São Paulo (ESALQ); Piracicaba, SP; Leo.langoni97@gmail.com; guilherme.ambrosano@usp.br

(3) Professora Universidade Paulista (UNIP), São Paulo, SP; pecorarivanessa@yahoo.com.br;

(4) Professora Universidade de Campinas Unicamp (FOP), Piracicaba, SP; glaucia@fop.unicamp.br

(5) Pesquisador Instituto de Zootecnia (APTA), Nova Odessa, SP Ivani@iz.sp.gov.br ;

(6) Pesquisador, Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio; Piracicaba, SP; fabio@apta.sp.gov.br; stavares@apta.sp.gov.br ; ambrosano@apta.sp.gov.br;

(7) Professor; Universidade de São Paulo (FEZEA); Pirassununga, SP; fabricio.rossi@usp.br



ISBN: 978-85-85564-34-6

XI WORKSHOP
AGROENERGIA
Matérias-Primas

2017

27 E 28
JUNHO

Centro de Convenções da Cana - IAC
Ribeirão Preto

SUMMARY

The aim of this work was to conduct a systematic review of research projects whose response variable is sugarcane productivity and POL after pre-cultivation of sunn hemp (IAC-1), green manure, in comparison to the absence of pre-cultivation of this plant, and to summarize by meta-analysis the global and conditioned effect of this response. The bibliographic research was limited in the space (geographical amplitude) and time (period of inclusion of the articles). All articles before 2017 were collected to determine the effect of green manuring on improving the sugarcane agricultural yield. The search for articles was in digital databases (Web of Science, Scopus, SciELO, Portal CAPES). The keywords used in the databases were: sugarcane, sugar cane, *Saccharum officinarum*, cover crop, green crop, e crop rotation. The selection criteria were: (1) all the work presented productivity and POL of the sugarcane crop in rotation with the mung-bean, (2) they also presented statistics in the data, (3) the articles were evaluated by two experienced researchers in the area of green manuring. Based on these data the following papers were selected: AMBROSANO, et al. (2013), AMBROSANO, et al. (2014), AMBROSANO, et al. (2011a), AMBROSANO, et al. (2011b), AMBROSANO, et al. (2010), AMBROSANO et al. (2005). The sugarcane in rotation with the crotalaria-juncea had an increase in yield of stalks and sugar when compared to the control group. Treatment with crotalaria-juncea plus ammonium sulfate had no effect on the yield of cane stalks.

Key-words: Green manure, *Crotalaria juncea*, *Saccharum officinarum*

INTRODUÇÃO

A produção de cana-de-açúcar no país detém considerável importância em função de sua larga escala de produção. Calculam-se 684.773,9 mil toneladas de cana a serem destinados ao setor sucroalcooleiro e para as produções de açúcar e etanol (CONAB, 2015). Devido a essa produção o Brasil tornou-se o maior produtor de cana-de-açúcar no mundo (FAOSTAT, 2014). A cana-de-açúcar diminuiu sua produção em média entre o terceiro e o sexto corte consecutivos, através disso a gramínea adquiriu título de semi-permanente.

Afim de manter tamanha produtividade ou mesmo aumentá-la, a adubação verde é uma técnica que fornece condições adequadas para a rotação com o canavial, bem como para seu desenvolvimento. Como benefícios da adubação verde para a cana-de-açúcar temos o controle da erosão, compactação e erosão hídrica, na medida que a cobertura realizada pelos adubos reveste o solo; a fixação de nitrogênio por parte das leguminosas; a micorrização e ciclagem de nutrientes também são favorecidos com esse tipo de manejo; a redução de nematoides e pragas; o controle de plantas daninhas e, por fim, aumento da produtividade do colmo e de açúcar. (BOLONHEZI, et al. 2014). Uma das espécies de plantas utilizadas nesse método de adubação são as crotalárias, plantas leguminosas, eretas, anuais e arbustivas que são aptas para solos arenosos e de baixa fertilidade. O cultivo de crotalárias se faz eficaz em áreas com rotação com a cana, seja em renovação do canavial, em cultivo exclusivo ou em consórcio com a gramínea pelo suprimento mais elevado de N mineral, pelo aumento de rendimentos físicos e pelo controle de daninhas. (WUTKE, 2014).



ISBN: 978-85-85564-34-6

XI WORKSHOP
AGROENERGIA
Matérias-Primas

2017

27 E 28
JUNHO

Centro de Convenções da Cana - IAC
Ribeirão Preto

Para confirmar se a produção de e a quantidade de açúcar produzida (POL) pela cana-de-açúcar são realmente aumentadas em rotação com a crotalaria, é possível utilizar de uma ferramenta denominada revisão sistemática. Esse método visa responder determinada pergunta utilizando de métodos estatísticos para avaliação crítica dos trabalhos recolhidos para a revisão e que possam conter a resposta para a indagação. Os testes estatísticos nesta revisão possuem maior potencial de estimar os efeitos dos tratamentos adotados nos artigos científicos, fornecendo maior exatidão para a análise.

OBJETIVOS

Realizar uma revisão sistemática de trabalhos de pesquisa cuja variável resposta é produtividade e o POL da cana-de-açúcar após o pré-cultivo de crotalaria tipo IAC1 e tipo N e a produtividade da cana em rotação com ambas as variedades, em comparação a ausência do pré-cultivo desse adubo verde e sumarizar por meta-análise o efeito global e condicionado dessa resposta.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa bibliográfica foi limitada no espaço (amplitude geográfica) e tempo (período de inclusão dos artigos). Foi levantado todos os artigos anteriores a 2017 para determinar o efeito da adubação verde na melhoria do ambiente de produção agrícola da cana-de-açúcar. A busca dos artigos foi em bases digitais (Web of Science, Scopus, SciELO, Portal CAPES). Ressalta-se que os dados obtidos nestas bases de dados, em sua maioria, abrangem todo o mundo tendo como adicional para tal abrangência a pesquisa no idioma inglês. Para que os materiais sejam encontrados foi necessário organizar as palavras-chave a serem utilizadas na busca em tais bases de dados. O SIBi, portal de pesquisa que integra os recursos informacionais do Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade de São Paulo (SIBiUSP), forneceu os sinônimos em inglês para cana-de-açúcar e adubação verde, obtendo-se assim as palavras-chave para a busca nas bases de dados. Sendo elas: sugarcane, sugar cane, *Saccharum officinarum*, cover crop, green crop, e crop rotation.

Com a definição do período de pesquisa na literatura feito acima, foram seguidos os critérios de seleção dos trabalhos, sendo eles: (1) todos os trabalhos apresentaram produtividade e POL da cultura da cana-de-açúcar em rotação com a adubo verde, (2) apresentavam também estatística nos dados, (3) os artigos foram avaliados por dois pesquisadores experientes na área de adubação verde.

Com base nesses dados foram selecionados os seguintes trabalhos AMBROSANO, et al. (2013) que possuía apenas 1 corte em duas localidades, sendo estas em Piracicaba-SP e Tietê-SP, AMBROSANO, et al. (2014) que possuía três cortes no município de Piracicaba, AMBROSANO, et al. (2011a) que possuía três cortes no município de Piracicaba- SP, AMBROSANO, et al. (2011b) que possuía três cortes no município de Piracicaba- SP, AMBROSANO, et al. (2010) cujo trabalho possuía três cortes, no município de Piracicaba-SP e AMBROSANO et al. (2005) que possui dois cortes em Piracicaba- SP.

Em seguida os resultados obtidos foram tabulados em planilhas onde se colocou os valores de produtividade agrícola e POL da cana-de-açúcar em rotação



ISBN: 978-85-85564-34-6

XI WORKSHOP
AGROENERGIA
Matérias-Primas

2017

27 E 28
JUNHO

Centro de Convenções da Cana - IAC
Ribeirão Preto

com o feijão-mungo, número de cortes da cana, o controle, número de repetições e a causa de variação de cada trabalho. Posteriormente, procedeu-se a meta-análise por meio do programa estatístico R, analisando a heterogeneidade, o tamanho do efeito e a detecção do viés da publicação. Foi comparado o grupo experimental, ou seja, os tratamentos com o crotalária-junceca em rotação com a cana-de-açúcar versus o controle (sem o adubo verde), independente do corte realizado. Na primeira análise subdividiu-se os trabalhos em três cortes, na segunda análise subdividiu-se os trabalhos em: crotalária-junceca sem sulfato de amônio (IAC-1) e crotalária mais sulfato de amônio em rotação com a cana. Adotou-se um modelo randômico para o POL e a produtividade da cana-de-açúcar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se no POL para o primeiro e segundo corte, o tratamento com a crotalária-junceca foi diferente estatisticamente do grupo controle ($p=0,02$, $p=0,056$) (Figura1). Entretanto para o terceiro corte não houve diferença entre o grupo experimental e o grupo controle, ou seja, não houve aumento da produtividade de açúcar da cana em rotação com a crotalária-junceca comparado ao grupo controle (Figura 1). No primeiro e segundo corte o aumento da produtividade de açúcar da cana foi de 20 e 17%, respectivamente. Ao analisarmos a Figura 1, apesar da heterogeneidade apresentada entre os trabalhos, que é esperado por tratar-se de experimentos de campo e em diferentes localidades, observou-se que os trabalhos produziram um efeito para o lado do grupo experimental (com adubo verde). Como uma análise de sensibilidade, observou-se comparativamente o modelo de efeitos fixos e o modelo de efeitos randomizados (Borenstein et al.), os quais apresentaram as medidas sumárias semelhantes, sendo o resultado favorável para o lado direito, ou seja, o uso de adubo aumenta a produtividade de açúcar da cana.

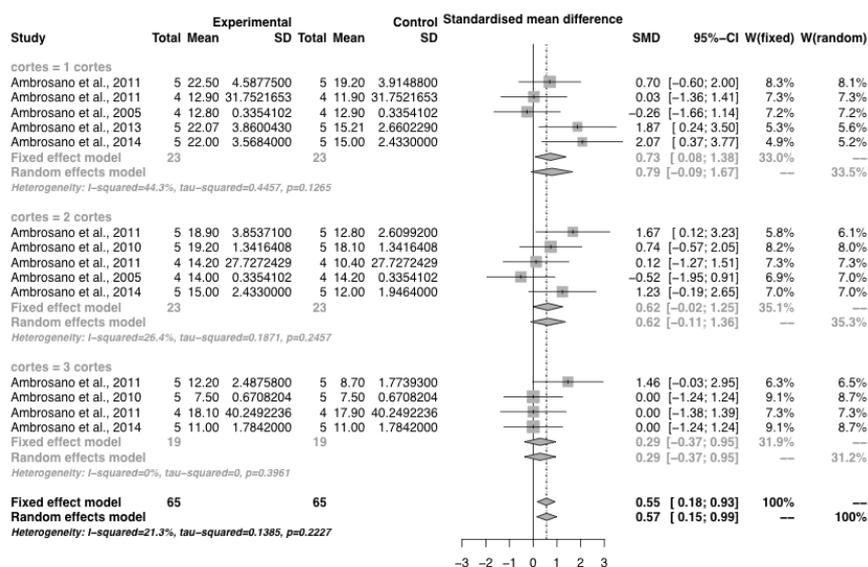


Figura 1- Forest Plot da produtividade de açúcar (POL) produzida pela cana-de-açúcar ($t\ ha^{-1}$) com o uso de adubo verde – crotalária-junceca IAC-1 (grupo experimental) e sem adubo verde (Grupo controle).



ISBN: 978-85-85564-34-6

XI WORKSHOP
AGROENERGIA
Matérias-Primas

2017

27 E 28
JUNHO

Centro de Convenções da Cana - IAC
Ribeirão Preto

Em relação a produtividade de colmos, no primeiro corte o efeito do tratamento com o uso da crotalária-juncea produziu um aumento da produtividade em relação ao grupo controle ($p < 0,05$) (Figura 2). Este aumento da produtividade de colmos foi de 27% compara ao grupo controle. No segundo e terceiro corte não houve diferença da produtividade de colmos entre o grupo experimental ou controle ($p > 0,05$), ou seja, o cultivo da crotalária-juncea em rotação com a cana não aumentou a sua produtividade de colmos nesses cortes mais avançados (Figura 2). No efeito sumarizado, os trabalhos produziram um efeito para o mesmo lado da linha de efeito da intervenção, com uma diferença na média padronizada entre o grupo experimental e o grupo controle ($p < 0,05$) (Figura 2). Sendo assim, o uso de crotalária-juncea em rotação com a cana-de-açúcar aumenta sua produtividade.

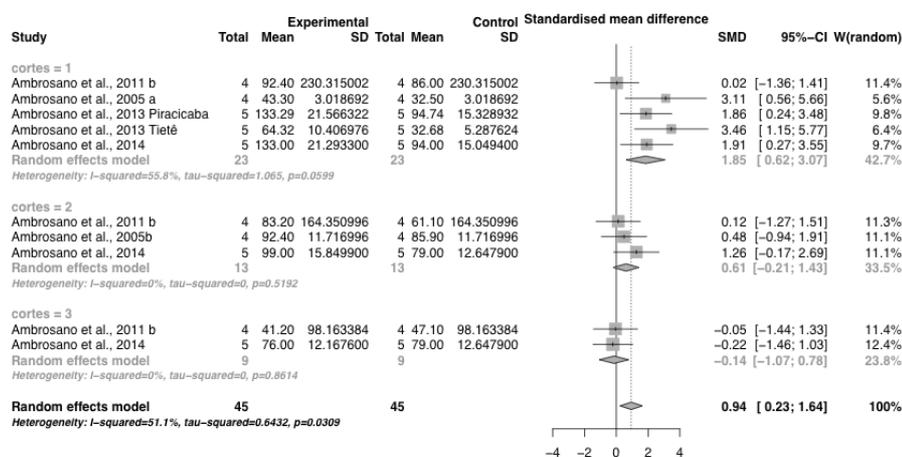


Figura 2 - Forest Plot da produtividade de cana-de-açúcar ($t\ ha^{-1}$) com o uso de adubo verde – crotalária-júncea IAC-1 (grupo experimental) e sem adubo verde (Grupo controle).

Observa-se que o efeito positivo da crotalária-júncea sobre a produtividade de açúcar e de colmos vai se perdendo com o os cortes sucessivos da cana.

O subgrupo da crotalária-júncea (IAC-1) em rotação com a cana apresentou diferença estatística com o grupo controle no quesito produtividade de colmos ($p < 0,05$) (Figura 3). Em média, o pré-cultivo de crotalária-júncea em cana aumenta sua produtividade de colmos em 19% comparado ao grupo controle. Entretanto, o uso da crotalária-juncea mais o nitrogênio (sulfato de amônio) na adubação da cana-de-açúcar não se diferiram do grupo controle ($p > 0,05$) (Figura 3).



ISBN: 978-85-85564-34-6

XI WORKSHOP
AGROENERGIA
Matérias-Primas

2017

27 E 28
JUNHO

Centro de Convenções da Cana - IAC
Ribeirão Preto

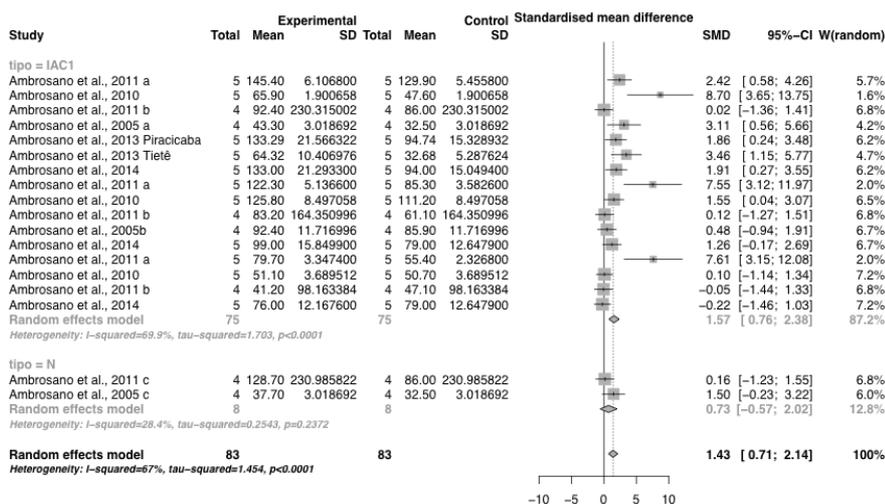


Figura 3 - Forest Plot da produtividade de cana-de-açúcar (t ha⁻¹) com o uso de adubo verde – crotalaria-júncea (IAC-1) com (N) e sem N (sulfato de amônio) (grupo experimental) e sem adubo verde (Grupo controle).

Uns dos objetivos da revisão sistemática é demonstrar as áreas de estudo onde há a falta de pesquisas, neste caso, faltam pesquisas que combinem adubo verde (leguminosa) em rotação com a cana somado ao uso de adubos químicos nitrogenados. Nesta meta-análise a crotalaria somada ao sulfato de amônio não se diferiu da testemunha (grupo controle), ao que tudo indica, este resultado pode estar relacionado à falta de trabalhos na literatura que associem estes dois métodos de adubação.

CONCLUSÕES

A cana-de-açúcar em rotação com a crotalaria-júncea IAC-1 teve aumento da produtividade de colmos e de açúcar quando comparado com o grupo controle. O tratamento com crotalaria-júncea mais o sulfato de amônio não teve efeito no aumento da produtividade de colmos da cana.

LITERATURA CITADA

- Aguiar, A. T. E., Golçalves, C., Paterniani, M. E. A. G. Z., Tucci, M. L. S.; Castro, C. E. F. (2014). **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 242 p. (Boletim IAC n° 200).
- AMBROSANO, E. J., et al. Crop rotation biomass and arbuscular mycorrhizal fungi effect on sugarcane yield. **Scientia Agricola**, v.67, n.6, p.692-701. 2010.
- ^a AMBROSANO, E. J. et al. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia**, v.70 n.4, p. 810–818, 2011.
- ^b AMBROSANO, E. J. et al. 15N-labeled nitrogen from green manure and ammonium sulfate utilization by the sugarcane ratoon. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 3, p. 361-368. 2011.
- AMBROSANO, E. J. et al. Acúmulo de biomassa e nutrientes por adubos verdes e produtividade da cana-planta cultivada em sucessão, em duas localidades de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.1. 2013.



ISBN: 978-85-85564-34-6

XI WORKSHOP
AGROENERGIA
Matérias-Primas

2017

27 E 28
JUNHO

Centro de Convenções da Cana - IAC
Ribeirão Preto

AMBROSANO, E. J. et al. Produtividade de cana-de-açúcar em ciclos agrícolas consecutivos após pré-cultivo de espécies de adubos verdes. **Revista de Agricultura**, v.89, n.3, p.232-251, 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento- Monitoramento Agrícola- Cana-de-açúcar-Safra 2016/2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_17_10_07_35_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_16-17.pdf>. Acesso em: 22 de maio de 2017.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistic Division. **Production**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 23 de maio de 2017.

SILVA, M. E. et al. Sucessão De Cultivos No Manejo Da Casca Preta Do. **NEMATROPICA**, v.44, n.1, p.57–63. 2014.

TAO, J. et al. Maize growth responses to soil microbes and soil properties after fertilization with different green manures. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.101,n. 3, p.1289–1299. 2017.

BOLONHEZI, D.; BOLONHEZI, A. C; CARLOS J.A.D Adubação verde e rotação de culturas para cana de açúcar. In: Filho, O. F L. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, v.2, p. 478, 2014.

WUTKE, E. A.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendação para seu uso. In: Filho, O. F L. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, v.2, p.478, 2014.