



## ADUBOS VERDES COM POTENCIAL DE USO EM ROTAÇÃO COM CANA-DE-AÇÚCAR

Gabriela Cristina Salgado<sup>(1)</sup>, Guilherme Bovi Ambrosano<sup>(2)</sup>, Fábio Luis Ferreira Dias<sup>(3)</sup>, Fabricio Rossi<sup>(4)</sup>, Silvio Tavares<sup>(3)</sup>, Raquel Castellucci Caruso Sachs<sup>(3)</sup>, Sérgio AlvesTorquato<sup>(3)</sup>, Edmilson José Ambrosano<sup>(3)</sup>

### RESUMO

Com o objetivo de determinar a produtividade de onze espécies de plantas adubos verdes e sua caracterização química foi desenvolvido um experimento no período de 2012 a 2013 em um Nitossolo do Pólo Centro Sul da APTA em Piracicaba, SP. Foram cultivadas dez espécies de Fabaceas: Mucuna-anã (*Mucuna deeringiana*), Mucuna-cinza (*Mucuna cinereum*), Mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), Crotalária-júncea (*Crotalaria juncea*), Crotalária-mucronata (*Crotalaria mucronata*), Crotalária-ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*), Crotalária-breviflora (*Crotalaria breviflora*), Crotalária-spectabilis (*Crotalaria spectabilis*), Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), Lablabe (*Dolichos lablab*), e o girassol, Girassol IAC-Uruguai (*Helianthus annus*). O Girassol IAC-Uruguai e o Feijão-de-porco foram às espécies que apresentaram maior produção de fitomassa seca, sendo superiores as médias encontradas na literatura. Os adubos verdes da família fabaceas apresentaram maiores teores de N e P. A Mucuna-anã apresentou maior teor de micronutrientes que os demais adubos verdes. Ficou evidente o potencial de uso das espécies estudadas em sistemas de rotação em áreas de implantação ou reforma da cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** adubação verde, rotação, nutrientes

## GREE MANURE WITH POTENTIAL OF THE USE IN ROTATION WITH SUGARCANE

Gabriela Cristina Salgado<sup>(1)</sup>, Guilherme Bovi Ambrosano<sup>(2)</sup>, Fábio Luis Ferreira Dias<sup>(3)</sup>, Fabricio Rossi<sup>(4)</sup>, Silvio Tavares<sup>(3)</sup>, Raquel Castellucci Caruso Sachs<sup>(3)</sup>, Sérgio AlvesTorquato<sup>(3)</sup>, Edmilson José Ambrosano<sup>(3)</sup>

### SUMMARY

<sup>(1)</sup> Universidade Federal de São Carlos - UFSCar/CCA, Rod. Anhanguera, km 174, SP-330, CEP 13.600-970, Araras, SP. [salgado.gc@gmail.com](mailto:salgado.gc@gmail.com)

<sup>(2)</sup> Universidade Estadual de São Paulo – ESALQ/USP, Av. Pádua Dias 11, C.P 9, CEP13418-900, Piracicaba, SP. [elvis.o.rei.170@gmail.com](mailto:elvis.o.rei.170@gmail.com)

<sup>(3)</sup> Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA/SAA, Rod SP 127 Km 30, CEP 13400-970, Piracicaba, SP. [ambrosano@apta.sp.gov.br](mailto:ambrosano@apta.sp.gov.br), [fabio@apta.sp.gov.br](mailto:fabio@apta.sp.gov.br), [stavares@apta.sp.gov.br](mailto:stavares@apta.sp.gov.br), [raquelshacs@apta.sp.gov.br](mailto:raquelshacs@apta.sp.gov.br), [storquato@apta.sp.gov.br](mailto:storquato@apta.sp.gov.br)

<sup>(4)</sup> Universidade Estadual de São Paulo – FZEA/USP, Av. Duque de Caxias Norte, 225, CEP: 43635-900, Pirassununga, SP, [fabricao.rossi@usp.br](mailto:fabricao.rossi@usp.br)

In order to determine the productivity of eleven species of green manure crops and their chemical characterization an experiment was carried out in the period 2012-2013 in a Nitosol of the South Pole Center APTA in Piracicaba, SP. Ten species of Fabaceas were grown: Velvet beans-dwarf (*deeringiana* *Mucuna*), Velvet beans-gray (*Mucuna cinereum*), Velvet beans-Black (*Mucuna aterrima*), Sunn hemp-Junceas (*Crotalaria juncea*), Sunn hemp-mucronata (*Crotalaria mucronata*), Sunn hemp-Ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*), Sunn hemp-breviflora (*Crotalaria breviflora*), Sunn hemp-spectabilis, (*Crotalaria spectabilis*), Jack Bean (*Canavalia ensiformis*), lablab bean (*Dolichos lablab*), and sunflower, IAC-Uruguay (*Helianthus annuus*). The IAC-Uruguay sunflower and the Jack Bean produced more dry matter (a higher production than the average found in the literature). The green manures from the fabaceas had higher levels of N and P. The Velvet beans dwarf showed higher levels of micronutrients than other crops. These results confirm the potential use of these species in crop rotation systems in areas of implementation or reform of sugarcane.

**Key-words:** Green manure, rotation, nutrients

## INTRODUÇÃO

Os biocombustíveis são fontes de energia limpas e renováveis, originado de diversas espécies vegetais como cana-de-açúcar, plantas oleaginosas (soja, milho, mamona), segundo Ministério do Meio Ambiente. Atualmente, com as preocupações com dependência de combustíveis fósseis somados problemas ambientais gerados por tais combustíveis tem aumentado a demanda por biocombustíveis. A adoção da tecnologia flex-fuel dos automóveis, em 2003, incentivou a produção de álcool proveniente da cana-de-açúcar no Brasil (TORQUATO et al., 2009).

Segundo Ambrosano et al. (2015), a adubação verde é uma prática agrícola de rotação de cultura utilizada a milênios com o objetivo de melhorar a capacidade produtiva do solo, sendo que os adubos verdes mantêm ou aumentam a matéria orgânica do solo com efeitos positivos na agregação, estrutura e densidade do solo. Dentre as espécies de adubos verdes utilizadas se destacam as espécies da família Fabacea por ter a capacidade de fixação biológica de nitrogênio, pela associação simbiótica com bactérias do solo, podendo reduzir ou substituir o uso de nitrogênio.

## OBJETIVOS

Apresentar resultados de produtividade e caracterização química da coleção de adubos verdes da APTA, Polo Centro Sul, com potencial de uso em rotação com cana-de-açúcar.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no campo experimental da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio (APTA), Polo Centro Sul em Piracicaba-SP (22°42'S, 47°38'W e 560 m de altitude), no período de 2012 a 2013 em um Nitossolo.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com 11 tratamentos e 5 repetições. Foram cultivadas dez espécies de Fabaceas: Mucuna-Anã (*Mucuna deeringiana*), Mucuna-Cinza (*Mucuna cinereum*), Mucuna-Preta (*Mucuna aterrima*), Crotalaria-júncea (*Crotalaria juncea*), Crotalaria-mucronata (*Crotalaria mucronata*), Crotalaria-Ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*), Crotalaria-breviflora (*Crotalaria breviflora*), Crotalaria-spectabilis (*Crotalaria spectabilis*), Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), Lablabe (*Dolichos lablab*), e o girassol, Girassol

IAC-Uruguai (*Helianthus annuus*), sendo semeadas seguindo as densidades propostas nas instruções do boletim 200 do IAC (2014).

Os adubos verdes foram conduzidos de dezembro de 2012 a março de 2013 e ao completarem 110 dias foram coletados, planta inteira, em uma área útil central de 1 m<sup>2</sup> dentro de cada parcela. Uma vez as plantas coletadas e separadas as sementes foram levadas a estufa a 65°C até atingir peso constante para determinação da massa seca. Posteriormente, as amostras foram moídas e levadas ao laboratório CENA/USP para análise dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu. As sementes foram também pesadas para cálculo de sua produtividade.

Após a análise exploratória dos dados de produção de sementes, massa seca e nutrientes, foram feitas as análises de variância em blocos ao acaso e teste de tukey ( $\alpha=0,10$ ) para comparação das médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo, classificado como Nitossolo, foi caracterizado quimicamente, na profundidade de 0 a 0,20 m, após o corte do adubo verde (Tabela 1).

Nada foi feito para correção da acidez do solo, bem como para elevação da quantidade de nutrientes disponíveis as plantas adubos verdes, aproveitando-se da fertilidade natural desse solo (Tabela 1).

Segundo Ambrosano et al (2014) a produção de biomassa vegetal é de grande importância para a avaliação dos efeitos dos adubos verdes no solo e do controle de plantas infestantes. Dentre as espécies de adubos verdes avaliadas, o Girassol-IAC-Uruguai se destacou com maior produção de fitomassa seca seguida das espécies Feijão-de-porco, Lablabe, Crotalaria-ochroleuca, Mucuna-preta, Crotalaria-mucronata (Tabela 2).

**Tabela 1- Característica do solo empregado no experimento, na profundidade de 0 a 0,20 metros, Piracicaba, 2012.**

Camada	Mo	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
Metros	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	----- mmolc dm <sup>-3</sup> -----						%
0-0,20	22,2	4,6	12,8	1,3	10,0	6,8	52,0	18,1	70,3	25,6

A produção de fitomassa seca do Girassol e da mucuna-preta foram superiores as valores encontrados por Ambrosano et al. (2010 e 2014), respectivamente, de 6 a 15 t ha<sup>-1</sup> e 5 a 10 t ha<sup>-1</sup>. As espécies Feijão-de-porco e Lablabe também tiveram sua produção de massa seca superior ao encontrado em Wutke et al. (2014) que são de 5-8 t ha<sup>-1</sup> e 5-9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Segundo o mesmo autor a quantidade de fitomassa produzida depende das características de cada espécie e outros fatores como adaptação endofoclimáticas, ciclo, época de semeadura, práticas culturais e fertilidade do solo. A alta produção de fitomassa seca pode estar relacionada com a alta adaptabilidade destas espécies a área de cultivo.

Em relação a variável produção de sementes, o feijão-de-porco teve sua produção superior que os demais adubos verdes isso pode ser justificado pelo fato

de sua alta produção de fitomassa seca (Tabela 2). A espécie de girassol teve sua produção de sementes semelhante ao encontrado por Ambrosano et al. (2010) de 1.805 kg ha<sup>-1</sup>. A produção de sementes é um fator importante a ser avaliado, pois pode gerar uma renda extra ao agricultor, ou mesmo podem ser armazenadas e utilizadas na rotação de culturas.

**Tabela 2- Produção de sementes e fitomassa seca da parta aérea (kg ha<sup>-1</sup>) dos adubos verdes com potencial para uso em rotação com a cana-de-açúcar, Piracicaba, 2013.**

Tratamento	Fitomassa seca	Sementes
	Kg ha <sup>-1</sup>	
Mucuna-Anã	2.316,60 c	1.690,00 bc
Mucuna-Cinza	6.773,60 c	1.230,00 bc
Mucuna-Preta	12.617,80 bc	336,00 c
Crotalária-júncea	8.999,20 c	884,00 bc
Crotalária-mucronata	11.789,40 c	570,00 c
Crotalária-ochroleuca	13.738,20 bc	1.600,00 bc
Crotalária-breviflora	7.390,40 c	810,00 bc
Crotalária-spectabilis	5.801,60 c	386,00 c
Feijão-de-Porco	27.242,00 ab	4.470,00 a
Girassol IAC-Uruguai	31.377,60 a	1.800,00 bc
Lablabe	15.231,60 bc	2.160,00 b
Coeficiente de Variação (%)	*5,43%	*29,85%

Médias seguidas de letras distintas na vertical diferem entre si (p<0,10). \*CV(%) dos dados transformados

Em relação ao teor de macronutrientes da fitomassa seca produzida pelos adubos verdes, os da família fabacea (leguminosas) apresentaram maior teor de nitrogênio na parte aérea, dentre eles se destacaram a Crotalária-mucronata, Crotalária-júncea, Crotalária-Spectabilis, Crotalária-breviflora, Feijão-de-porco e Mucuna-preta, não sendo observada diferença entre as mesmas. Contudo, numericamente, observa-se que a Crotalária-mucronata apresentou maior teor desse nutriente na parte aérea que os demais adubos verdes (Tabela 3). Estas espécies de adubos verdes da família fabacea possuem a característica de fixação biológica de nitrogênio, fato este que justifica o maior teor de nitrogênio que o Girassol. Segundo Mercante et al. (2014) as leguminosas proporcionam ao agricultor benefícios como menor custo de implantação, manutenção da fertilidade do solo e diminuição dos problemas ambientais. O demais teores dos macronutrientes P, K, Ca e Mg acumulados na parte aérea variam conforme a necessidade nutricional de cada espécies.

Apesar da alta produção de massa seca da parte aérea do Girassol, está entre os adubos verdes com menor teor dos macronutrientes NPK, com destaque para o fósforo. Comparado aos demais AVs, o menor teor de nitrogênio já era esperado por ser uma oleaginosa. Em trabalho realizado por AMBROSANO et al. (2013) com adubos verdes e produtividade de cana-planta cultivada em sucessão, verificou que o girassol IAC-Uruguai possui elevada relação C:N comparado com outros adubos verdes, devido ao menor teor de nitrogênio de 6,47 e 4,14 g kg<sup>-1</sup>, os quais são similares aos presentes neste trabalho. O girassol absorve grande quantidade de K, Ca e N e menores quantidades de P, S e B, sendo que metade do K acumulado e a maioria do P extraído são exportados através dos capítulos

(SANTOS et al., 2010), podendo justificar os menores teores de K e P encontrados na parte aérea do girassol comparado aos demais adubos verdes.

Os Adubos verdes também possuem na sua constituição micronutriente que através da decomposição pode vir a estar disponíveis para as plantas em sucessão.

**Tabela 3- Caracterização química de macronutrientes da matéria seca dos adubos verdes com potencial de uso em rotação com a cana-de-açúcar, Piracicaba, 2013.**

Tratamento	Nitrogênio	Fósforo	g/kg		
			Potássio	Cálcio	Magnésio
Mucuna-Anã	14,34 bc	0,89 c	2,69 e	13,54 abc	2,32 c
Mucuna-Cinza	15,02 b	1,36 abc	9,38 bcd	9,12 bcd	2,75 bc
Mucuna-Preta	19,42 ab	1,60 ab	14,07 ab	9,91 bcd	2,50 c
Crotalária-júncea	16,03 ab	1,22b abc	8,82 bcde	6,88 cd	3,60 bc
Crotalária-mucronata	25,69 a	1,54 ab	14,17 ab	9,95 bcd	4,14 b
Crotalária-ochroleuca	10,55 bc	0,88 bc	11,12 bc	6,01 d	3,40 bc
Crotalária-breviflora	16,23 ab	1,39 abc	10,61 bcd	15,57 abc	5,77 a
Crotalária-spectabilis	17,82 ab	1,67 a	18,38 a	10,15 bcd	4,91 ab
Feijão-de-Porco	18,93 ab	1,34 abc	4,34 de	24,10 a	5,95 a
Girassol IAC-Uruguai	4,54 c	0,26 d	6,15 cde	17,35 ab	5,58 ab
Lablabe	12,93 bc	1,15 abc	8,72 bcde	12,44 abcd	3,51 bc
Coeficiente de Variação (%)	*12,29%	*16,80%	33,74%	*16,09%	18,57%

Médias seguidas de letras distintas na vertical diferem entre si ( $p < 0,10$ ). \*CV(%) dos dados transformados

**Tabela 4- Caracterização química de micronutrientes da matéria seca dos adubos verdes com potencial de uso em rotação com a cana-de-açúcar, Piracicaba, 2013.**

Tratamento	Ferro	Manganês	mg/kg	
			Zinco	Cobre
Mucuna-Anã	4661,93 a	144,61 abc	37,87 ab	37,32 a
Mucuna-Cinza	2060,14 b	179,27 ab	34,67 ab	20,82 b
Mucuna-Preta	2119,72 b	157,90 abc	31,29 abc	1,70 bc
Crotalária-júncea	904,85 b	217,61 a	48,08 a	12,47 bc
Crotalária-mucronata	410,61 b	176,03 ab	25,87 bc	7,28 c
Crotalária-ochroleuca	352,18 b	62,69 bc	13,35 c	6,13 c
Crotalária-breviflora	1072,99 b	67,80 bc	29,25 bc	12,83 bc
Crotalária-spectabilis	672,09 b	49,18 c	37,81 ab	15,08 bc
Feijão-de-Porco	847,50 b	140,44 abc	24,59 ab	11,19 bc
Girassol IAC-Uruguai	1177,49 b	130,88 abc	31,76 ab	7,68 bc
Lablabe	1518,56 b	111,94 abc	26,44 bc	6,91 c
Coeficiente de Variação (%)	*7,85%	*8,82%	*7,95%	*13,43%

Médias seguidas de letras distintas na vertical diferem entre si ( $p < 0,10$ ). \*CV(%) dos dados transformados

Observa-se da Tabela 4 que a Mucuna-Anã possui o maior teor de Fe e Cu entre os adubos verdes, em relação aos nutrientes Mn e Zn os teores variam conforme a espécie. Segundo Wutke et al. (2014) as leguminosas possuem capacidade de exploração do solo e de extrair nutrientes que se encontram em camadas mais profundas promovendo a reciclagem de nutrientes, beneficiando o cultivo seguinte. De acordo com a mesma autora os nutrientes residuais dos adubos verdes podem ser aproveitados pelas culturas em sucessão conforme os fatores: espécie de adubo verde utilizada, temperatura ambiente, umidade do solo, manejo e fertilidade do solo, tempo de decomposição, sendo que a decomposição tende a ser mais acelerada em ambiente com mais disponibilidade de água e de oxigênio no solo, altas temperaturas e revolvimento do solo.

## CONCLUSÕES

O Girassol IAC-Uruguai e o Feijão-de-porco foram às espécies que apresentaram maior produção de fitomassa seca, sendo superiores as médias encontradas na literatura.

Os adubos verdes da família fabacea apresentaram maiores teores de N e P.

A espécie Mucuna-Anã apresentou maior teor de micronutrientes que os demais adubos verdes.

Ficou evidente o potencial de uso das espécies estudadas em sistemas de rotação em áreas de implantação ou reforma da cana-de-açúcar.

## LITERATURA CITADA

AMBROSANO, E. J.; GUIRADO, N.; ROSSI, F.; MENDES, P. C. D.; Ambrosano, G.M.B.; MURAOKA, T.; Trivelin, P.C.O. Adubação verde na Agricultura Orgânica In: . In: FILHO, O. F. de L. et al. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2015. v. 2, p. 45-80.

AMBROSANO, E. J. et al. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosa. **Bragantia**, v.70, n.4, p.810-818, 2011.

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

AMBROSANO, E. J. et al. Crop rotation biomass and arbuscular mycorrhizal fungi effects on sugarcane yield. **Scientia Agricola**, v.67, n.6, p. 692-701 nov/dez 2010.

AMBROSANO, E. J. et al. Acumulo de biomassa e nutrientes por adubos verdes e produtividade da cana-planta em sucessão, em duas localidades de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.1, p.199-209, 2013.

AGUIAR, A.T.E, et al. BOLETIM, IAC 200, 7. ed. Campinas: IAC, 2014. 452p.

MERCANTE, F. M. et al. Fixação biológica de nitrogênio em adubos verdes. In: FILHO, O. F. de L. et al. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2014. p. 307-334.

SANTOS, L. G. et al. Estado nutricional da cultura do girassol submetida à adubação com fósforo e boro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.6, n.11, p.1-14, 2010.

TORQUATO, S. A. ; MARTINS, R. ; RAMOS, S. de F. Cana-de-açúcar no estado de São Paulo: eficiência econômica das regionais novas e tradicionais de produção. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n.5, maio. 2009.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A., WIDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendação para seu uso. In: FILHO, O. F. de L. et al.

**Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil.** 1. ed. Brasília: Embrapa, 2014.  
p. 59-167.