



Produção e decomposição de palhada em área de cultivo de cana-de-açúcar, nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas ⁽¹⁾.

Walane Maria P. de Mello Ivo ⁽³⁾; Elienai Ferreira da Silva ⁽²⁾; Paulo Albuquerque Silva ⁽²⁾; Arthur K. Belarmino dos Santos ⁽²⁾; André Câmara do Amaral ⁽²⁾; Antonio Dias Santiago ⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Petrobras Biocombustíveis.

⁽²⁾ Graduando de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas/CECA, elienay_ufal@yahoo.com.br, arthurklebson@hotmail.com.

⁽³⁾ Pesquisadores da Embrapa Tabuleiros Costeiros/UEP de Rio Largo. Caixa Postal 2013. Maceió/AL. CEP 57061-970. walane.ivo@embrapa.br; paulo.de-albuquerque@embrapa.br; andre.camara@embrapa.br; antonio.santiago@embrapa.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi determinar a produção, a dinâmica da decomposição e a liberação de C e N da palhada da cana-de-açúcar, na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. O experimento foi conduzido na Usina Coruripe, nas safras 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013. Os tratamentos estudados foram cinco percentuais de palha deixados sobre a superfície do solo: 0 (T0), 25 (T25), 50 (T50), 75 (T75) e 100% (T100) do total de palhada produzida. A quantificação da produção da palhada foi feita a partir da coleta das quatro linhas centrais de cada parcela. O estudo de decomposição dos resíduos culturais foi feito utilizando-se a metodologia dos sacos de náilon (*litter bags*). A produção de palhada variou de 22 Mg ha⁻¹, para cana planta, a 12,6 na socaria, com a média geral de 16,7 Mg ha⁻¹. A liberação do carbono seguiu um modelo exponencial e as taxas variaram de k=0,0026 d⁻¹ a k=0,0043 d⁻¹, com as maiores taxas de decomposição da palhada da cana-de-açúcar ocorrendo sob as maiores percentagens de cobertura morta (75% e 100%). Os modelos que explicaram a dinâmica do N foram equações polinomiais de 2^o e 3^o graus. De forma geral, só após os 300 dias é que ocorreu a diminuição da quantidade de N na palhada, o que seria o indicativo da liberação deste nutriente para o solo, coincidindo com os valores da relação C/N de 28 a 30. Diferentes proporções de cobertura morta sobre a superfície do solo não influenciaram a produção de palhada pela cana-de-açúcar.

Termos de indexação: biomassa, dinâmica de nutrientes, tempo de meia vida.

INTRODUÇÃO

A palhada da cana de açúcar é uma importante fonte de energia, ainda pouco aproveitada, podendo se mostrar como uma alternativa sustentável para ampliação de produção de combustíveis renováveis, como o álcool de segunda geração. O aproveitamento integral da cana-de-açúcar (colmo, palha e bagaço) poderá aumentar significativamente a produção de etanol por hectare, passando dos

atuais 7.000 l para aproximadamente 14.000 l, sem necessidade de expansão da área cultivada (Santos et al., 2012).

Parte desse resíduo pode ser mantida na superfície do solo, propiciando melhorias físicas, químicas e biológicas; agindo na elevação do teor de matéria orgânica, (Mello Ivo, 2012), no controle de plantas daninhas e na retenção de umidade (Alvarez et al., 1999; Boer et al., 2008). Além disso, de acordo, a palhada sobre o solo permite a ciclagem de nutrientes e, com isto, em longo prazo, uma diminuição das quantidades aplicadas de fertilizantes, podendo contribuir também para elevar a produtividade da cana-de-açúcar em regiões onde a precipitação pluvial é pequena ou irregular (Gava et al., 2001).

Esse material lignocelulósico desponta como uma possibilidade para aumentar a disponibilidade do álcool, sem que haja expansão da área cultivada, sem que ocorram concorrências com áreas produtoras de alimentos e sem expandir para áreas ambientais protegidas por lei. Mas apresenta alguns desafios a serem superados, dentre eles o custo elevado na produção do álcool de segunda geração (Buckeridge, 2010). Outro desafio é determinar a quantidade ideal a ser mantida na superfície do solo e a quantidade a ser levada para indústria para produção do etanol. Para isso é importante o estudo da dinâmica de decomposição da palhada, o que permitirá inferir valores de biomassa a serem deixados no solo para manutenção da sustentabilidade dos sistemas de produção da cana, bem como a quantidade de material vegetal disponível para produção de energia. O objetivo deste trabalho foi determinar a produção, a dinâmica da decomposição e a liberação de C e N da palhada da cana-de-açúcar, na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em área pertencente à Usina Coruripe (10°08'31"S e 36°18'16,3"O), município de Coruripe, Alagoas. A temperatura média anual é de 27°C e a precipitação pluvial média



anual é de 1500 mm, com a umidade relativa do ar variando entre 95% e 65%. O solo da área foi classificado como Argissolo Amarelo e a variedade avaliada foi a RB92579, plantada com espaçamento de 1 m entre fileiras.

Tratamentos e amostragens

Os tratamentos estudados foram cinco percentuais de palha deixados sobre a superfície do solo, quais sejam: 0 (T0), 25 (T25), 50 (T50), 75 (T75) e 100% (T100) do total de palhada produzido a cada ano. O experimento foi disposto no campo em blocos ao acaso, com quatro repetições, cada parcela com 12 linhas de 10 metros de comprimento. A quantificação da produção da palhada e colmo foi feita a partir da coleta das quatro linhas centrais de cana de cada parcela.

A liberação do carbono e do nitrogênio foi estudada pelo método dos sacos de náilon (*litter bags*). Após a colheita da cana, resíduos remanescentes foram coletados e colocados em sacos de telas de náilon, com malha de um milímetro. A dimensão das bolsas foi de 30 x, 30 cm, sendo estas preenchidas com 60 g de massa verde, corrigida posteriormente para massa seca de palhada. No primeiro ano (2011) foram coletadas aos 30, 60, 90, 120, 210, 270 e 360 dias, no ano de 2012, aos 55, 95, 192, 267, 327 e 361 dias e em 2013 aos 34, 82, 174, 278 e 361 dias. A palhada da cana foi limpa e colocada em estufa à temperatura de 60°C, até peso constante, sendo, em seguida, pesada, moída, passadas em peneiras de 76 µm de malha e encaminhadas para as análises. O C e o N foram determinados pelo método de combustão seca, em um equipamento Thermo Scientific, CNHS Analyser Flash 2000. As taxas de decomposição da matéria seca foram estimadas ajustando-se modelos de regressão não lineares aos valores observados, conforme Wieder & Lang (1982) ($y=A_0e^{-kt}$), e o tempo de meia vida foi calculado utilizando-se a seguinte fórmula: $t_{1/2}=0,693/k$.

Análise estatística

Para massa seca remanescente foram ajustadas linhas de tendências com equações exponenciais, no Software Excel (versão Office, 2007). Já para os dados de teor de N e C na palhada foram feitas regressões no Software Sisvar (versão 5.3 Build 77, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve variação entre os anos para produção de palhada. Na cana planta a matéria seca produzida (MS) foi de 22 Mg ha⁻¹. Nas safras seguintes, para a as socarias, esses valores foram diminuindo, sendo menores na safra de 2012/2013, também em

consequência da seca. Os valores médios variaram de 22 Mg ha⁻¹, para a cana planta, a 12 Mg ha⁻¹, para a segunda e terceira socarias.

Dentro de cada safra, a massa seca da palhada produzida não diferiu estatisticamente entre os tratamentos. A quantidade de palhada foi semelhante às relatadas para outras regiões do Brasil. Valores entre 10 e 24,9 Mg ha⁻¹ de matéria seca foram relatados em São Paulo (Oliveira *et al.*, 1999, Fortes *et al.*, 2012), e entre 7 e 20 Mg ha⁻¹ em regiões da Austrália (Robertson & Thorburn, 2007). Como a produtividade de colmos da cana vai diminuindo com o passar dos anos de colheitas, tal fato também se reflete na produção de palhada, o que explica a redução entre as safras. A seca ocorrida no ano de 2012 refletiu-se na safra 2012/2013, o que ajuda a explicar a redução de 6,4 Mg ha⁻¹ neste período. Assim como para a palhada, não houve diferença significativa entre os tratamentos para a produtividade de colmos, com os valores variando de 116 a 99 Mg ha⁻¹, médias estas bem maiores do que as relatadas para a região Nordeste, que é de 65 Mg ha⁻¹.

A decomposição da palhada da cana seguiu um modelo exponencial e, ao final de um ano, parte desse material ainda permaneceu sobre o solo. Nas três safras, a análise da decomposição da palhada no decorrer do tempo, mostra que a maior redução na massa seca remanescente ocorreu a partir dos 90 dias, em função do período chuvoso. Passado o período de chuva, observa-se que a partir dos 270 dias ocorre uma leve estabilização na decomposição do resíduo. No ano de 2011 foi quando ocorreu maior variação entre a menor ($k=0,0024$ d⁻¹) e a maior ($k=0,0040$ d⁻¹) taxa (**Tabela 1**). Em 2012, a variação das taxas entre os tratamentos foi bem mais reduzida em relação aos outros anos, provavelmente devido à seca, referida anteriormente. Observa-se na **tabela 1**, que o tratamento com 25% de palha na superfície sempre apresentou as menores taxas e os maiores percentuais de massa seca remanescente (MSR). Para todo o período avaliado, as maiores taxas foram de $k=0,0040$ d⁻¹ e $k=0,0039$ d⁻¹ as quais ocorreram nos tratamentos T5 (100%) e T4 (75%).

A quantidade de palhada remanescente, após ciclos anuais de colheita da cana, tem mostrado grandes variações. Na região de maior produção de cana no Brasil, estes valores variam desde muito conservativos com a permanência de 80% (Oliveira *et al.*, 1999), passando a medianos, entre 45% (Fortes *et al.*, 2012) e 30% (Oliveira *et al.*, 1999), atingindo o mínimo de 25% (Vitti *et al.*, 2008). O presente estudo mostrou percentuais entre 45,2 e 28,8 %.



Tabela 1- Massa seca remanescente (MSR), taxa de decomposição (k) e tempo de meia ($t_{1/2}$) vida da palhada em áreas com diferentes proporções deste material sobre a superfície do solo nos anos de 2011, 2012 e 2013.

C (%)	MSR (%)			k (dia ⁻¹)			$t_{1/2}$ (dias)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
25	45,2	42,8	39,4	0,0024	0,0031	0,0024	289	224	289
50	38,1	31,0	28,8	0,0027	0,0034	0,0035	257	204	198
75	29,5	29,8	36,0	0,0040	0,0037	0,0029	173	187	239
100	31,4	30,7	31,0	0,0032	0,0039	0,0035	217	178	198

A umidade do solo mais baixa e temperaturas do solo extremamente elevadas encontradas em áreas de cana sem cobertura morta podem levar a uma diferenciação na atividade e na estrutura da comunidade microbiana do solo (Mello Ivo, 2012) e assim resultar na diferenciação das taxas de decomposição da palhada. Desta forma, os maiores percentuais de MSR são resultantes dos menores valores de taxa de decomposição que se estabeleceram sob o tratamento T25.

Em todos os tratamentos, o teor de C diminuiu pouco nos primeiros 150 dias da adição da palhada, com teores iniciando de 45 a 42%. Posteriormente, ocorreu uma leve perda do teor inicial do C, chegando de 43 a 37%, no final do ciclo de um ano. Assim, como aconteceu para perda de massa, as maiores diminuições nos teores de C ocorreram após a estação chuvosa. Valores de carbono para palhada da cana encontrados por Trivelin *et al* (1995) variaram de 39% a 45%. O modelo da equação que mais se adequou foi o linear. Os valores de R^2 variaram de 0,57 a 0,99. Como esperado, as regressões foram significativas, para data em todos os anos (2011 ($p < 0,000$); 2012; ($p < 0,000$); 2013 ($p < 0,000$)). A variável tempo é importante, uma vez que está intimamente ligada com os fatores que regem a decomposição, como a ocorrência de estação seca e chuvosa. Com relação ao teor de N na palhada, para todos os anos, do momento da colheita até os 100 dias após a adição da palha, o teor do N apresentou-se menor para todos os tratamentos, variando de 0,5 a 0,94%. Depois dessa fase percebe-se o aumento da concentração do N na palhada, com os valores podendo variar de 1,2 a 1,7%. Numa terceira fase, ao final de um ano, verifica-se redução ou estabilização desses valores. O aumento dos teores do N observado na segunda fase de avaliação coincide com a estação chuvosa na região.

Esse aumento possivelmente está relacionado com vários fatores, entre eles (i) perda de carbono da palhada (Oliveira *et al.*, 1999); (ii) tombamento, o qual é característica da variedade estudada, RB92579. O tombamento faz com que as folhas verdes e colmos tenham um contato direto com o solo, fazendo com que haja interação com os microrganismos do solo (Wisniewski, & Holtz. 1997), conseqüentemente ocorre a ciclagem dos nutrientes constituintes das folhas, principalmente o N que varia de 1,6g kg⁻¹ a 2,7 g kg⁻¹ (Korndorfer *et al.*, 2005); (iii) biomassa microbiana, como mencionado por Spain & Le Feuvre (1995), que marcando a palhada da cana com ¹⁵N, observaram diminuição do $\delta^{15}N$, explicando esta redução pela fixação do nitrogênio e pela invasão dos resíduos em decomposição por hifas de fungos ricas em N.

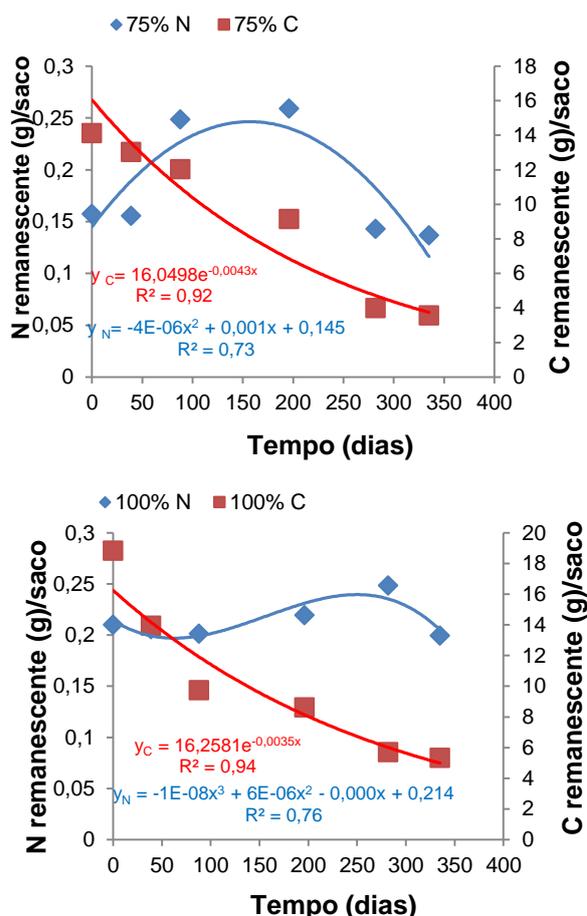


Figura 1- C e N remanescentes em palhada de cana-de-açúcar, distribuída na superfície de um Argissolo Amarelo distrocoeso fragipânico, nos níveis de palhada produzida de 75 e 100%, no ano de 2011. A **figura 1** apresenta as quantidades remanescentes (g/saco) de carbono e nitrogênio, no tempo, para dois dos tratamentos, em um dos anos estudados. Esses



dados são obtidos pela multiplicação da massa seca da palhada pela concentração de N e C deste material. A dinâmica do carbono foi explicada por modelo exponencial, da mesma forma que a perda de peso, mostrando uma diminuição da quantidade de carbono por saco em todo período, com maiores perdas durante o período chuvoso. Quanto ao nitrogênio, os modelos que explicaram o seu comportamento no tempo foram equações polinomiais de 2º e 3º grau, mostrando que sua dinâmica foi diferente daquela do carbono. Observa-se que o N remanescente se mantém ou aumenta, em relação à quantidade inicial, até aproximadamente 300 dias, para todos os tratamentos e durante os três anos. Só após os 300 dias é que se percebe a diminuição da quantidade de N/saco, o que seria o indicativo da liberação deste nutriente para o solo, coincidindo com os valores da relação C/N de 28 a 30. Trabalhos citados por Trivelin *et al.* (2012) relatam que não mais que 15% do N-resíduo incorporados ao solo foram disponibilizados na cana planta e, após cinco anos de reforma (após quatro cortes ou quatro ciclos agrícolas), contabilizou-se que o aproveitamento não ultrapassou a 30% do total de N-resíduos incorporados ao solo.

CONCLUSÕES

A produção de palhada nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas varia de 22 Mg ha⁻¹, para cana planta, a 12, 6 na socaria; com média geral de 16,7 Mg ha⁻¹, e diferentes proporções de cobertura morta sobre a superfície do solo não influenciam a produção de palhada pela cana-de-açúcar.

As maiores taxas de decomposição da palhada da cana-de-açúcar ocorrem sob as maiores percentagens de cobertura morta (75% e 100% da palhada produzida).

A liberação do carbono segue um modelo linear, enquanto os modelos que explicam a dinâmica do N são equações polinomiais de 2º e 3º graus, mostrando que sua dinâmica foi bem diferente daquela do C. De forma geral, só após os 300 dias é que ocorre a diminuição da quantidade de N na palhada, o que é o indicativo da liberação deste nutriente para o solo, coincidindo com os valores da relação C/N da palhada de 28 a 30.

AGRADECIMENTOS

À Usina Coruripe pela cessão da área experimental e pelo suporte nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

BOER, C. A.; ASSIS, R. D.; SILVA, G. P. et al. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região

Centro-Oeste do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 2, p. 843-851, 2008.

BUCKERIDGE, M. S.; SANTOS, W. D.; SOUZA, A. D. As rotas para o etanol celulósico no Brasil. Bioetanol da cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade, p. 365-380, 2010.

FORTES, C. Produtividade de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e da decomposição da palhada em ciclos consecutivos. Tese de Doutorado– Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, p 153, 2010.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W. et al. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto ou não com palhada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, p. 1347-1354, 2001.

KORNDORFER, G.H; OLIVEIRA, L.A. DE; KORNDORFER, P. H. Potassium in sugarcane cropping. International Sugar Journal, New Orleans, v. 68, n.5, p. 11-21, 2005.

MELLO IVO, W.M.P. Dinâmica da matéria orgânica em áreas de produção de cana-de-açúcar colhida crua e queimada, no Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado- Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p 144, 2012.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; PENATTI, C. P. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 34, p. 2359-2362, 1999.

SANTOS, F.A; QUEIRÓZ, J.H.D; COLODETTE, J.L. et al. Potencial da palha da cana para produção de etanol. Química Nova, v 35, n. 5, p. 1004-1010, 2012.

TRIVELIN, P. C.O; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, J. C. S. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 30, n. 12, p. 1375-1385, 1995.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H. et al. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 2757-2762, 2008.

WISNIEWSKI, C. & HOLTZ, G.P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 32, n. 11, p. 1191-1197, 1997.