

Avaliação de Métodos de Preparo do Solo e Sistemas de Cultivo de Milho na Ecorregião dos Tabuleiros Costeiros

ANTÔNIO CARLOS BARRETO⁽¹⁾ & MARCELO FERREIRA FERNANDES⁽²⁾

RESUMO ã Estratégias de cultivo do milho que conjuguem baixo revolvimento de solo e alto aporte de resíduos são essenciais à exploração sustentável desta cultura na ecorregião dos tabuleiros costeiros. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de métodos de preparo do solo e sistemas de cultivo sobre a produtividade de grãos de milho e sobre a fitomassa de resíduos para aporte ao solo. Para isso, um experimento foi conduzido em Argissolo Amarelo coeso no município de Umbaúba-SE, em um desenho experimental em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram testados três métodos de preparo do solo: plantio direto (PD), cultivo mínimo (CM) e plantio convencional (PC), e nas subparcelas os sistemas de cultivo de milho solteiro (MS) e consórcio de milho e guandu (MG), plantados simultaneamente e na mesma linha. Os tratamentos de método de preparo foram implantados nas parcelas há sete anos, e a diferenciação das subparcelas nos dois sistemas de cultivo há dois anos. Após a colheita do milho o guandu foi podado a 1 m de altura, para estimular a rebrota e a produção de biomassa no período da estiagem. Avaliaram-se as produtividades de grãos de milho e das fitomassas de milho, guandu (poda e rebrota) e vegetação espontânea, bem como os teores foliares de N e P em milho e as eficiências de utilização destes nutrientes (EUN e EUP) expressas como produção de grãos relativa aos teores de nutrientes. A produtividade média de grãos de milho sob PD ($\sim 4,5 \text{ t ha}^{-1}$) foi significativamente maior ($p < 0,01$) do que a observada sob CM e PC ($\sim 3,4 \text{ t ha}^{-1}$), sendo este aumento correspondente a 36%. Não foram observados efeitos significativos de sistemas de cultivo MS e MG ($p = 0,42$) ou da interação entre sistemas de cultivo e métodos de preparo ($p = 0,26$) sobre a produtividade de grãos de milho. Embora os teores de N e P no milho não tenham sido alterados pelos tratamentos avaliados, o sistema PD apresentou maiores EUN e EUP que os demais métodos de preparo. O método de preparo do solo também não afetou a produtividade de fitomassa de milho ($4,6 \text{ t ha}^{-1}$) e de vegetação espontânea ($3,4 \text{ t ha}^{-1}$). No entanto, comparativamente ao sistema MS, o consórcio MG permitiu um incremento de 1,6 e $6,0 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca de resíduos derivados da fitomassa de guandu na poda e na rebrota do período de estiagem, respectivamente. Estes resultados demonstram que o consórcio MG promove o incremento significativo no

aporte de resíduos sem comprometer a produtividade do milho. Assim, este sistema representa uma alternativa para superar as restrições impostas pelo regime climático da região à produção de fitomassa, o qual permite a exploração de uma safra apenas. Os resultados obtidos até o momento indicam a viabilidade da exploração sustentável da cultura do milho na ecorregião dos tabuleiros costeiros através do uso combinado do plantio consorciado com guandu e o sistema plantio direto.

Palavras-Chave: (métodos de preparo do solo; milho; guandu; consorciação)

Introdução

Os solos dos tabuleiros costeiros (TCs) apresentam, em geral, textura franco-arenosa e baixos teores de matéria orgânica [1]. Essas características conferem certa fragilidade à estrutura física destes solos, de modo que tem sido aceito que o uso de culturas perenes, as quais requerem pouco revolvimento do solo após sua implantação, seria mais adequado para esta região. Outro entrave à produção agrícola desta região é a presença de camadas subsuperficiais coesas, as quais dificultam o aprofundamento de raízes e o movimento de água em profundidade no perfil dos solos [2]. Por outro lado, a ecorregião dos TCs possui um regime pluviométrico regular e satisfatório, com grande potencial para a produção de alimentos derivados de culturas anuais como o milho. Diante do exposto, levanta-se a hipótese, de que o manejo adequado do solo e da cobertura vegetal, bem como o uso de práticas que resultem no aprofundamento da água no perfil, contribuirão para minimizar as restrições do solo e viabilizar a exploração da cultura do milho nesta ecorregião, de forma mais econômica e ambientalmente sustentável. Em outras regiões do País, o uso de plantio direto (PD) e cultivo mínimo (CM) tem se apresentado como uma alternativa eficiente ao plantio convencional (PC). A superioridade do PD em relação ao PC é expressa tanto em termos econômicos, através de ganhos de produtividade em diversas culturas, quanto em termos de conservação do solo, pela melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas [3,4]. Apesar deste potencial, experiências com estes sistemas nos TCs do Nordeste são incipientes.

Parte do problema para a adoção deste sistema nos TCs se deve ao regime pluviométrico que restringe o período de exploração a uma safra, dificultando o cultivo de coberturas vegetais na entressafra. Uma alternativa a isto pode ser o uso de consórcios entre plantas que apresentem

¹ Primeiro Autor é Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, 13 de Julho, Aracaju, SE, CEP 49025-040. E-mail: barreto@cpatc.embrapa.br

² Segundo Autor é Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, 13 de Julho, Aracaju, SE, CEP 49025-040.

alta complementariedade temporal [5], como é o caso do guandu e do milho, plantados simultaneamente [6,7]. O guandu ao ser podado a um metro de altura, na época da colheita do milho, apresenta excelente capacidade de rebrota, e, estando bem enraizado, consegue suportar o período seco, sendo capaz de produzir quantidades consideráveis de biomassa durante a estiagem.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de métodos de preparo do solo e sistemas de cultivo sobre a produtividade de grãos de milho e sobre a fitomassa de resíduos para aporte ao solo na ecorregião dos tabuleiros costeiros.

Material e Métodos

O experimento foi instalado no Campo Experimental de Umbaúba, em Umbaúba-SE, em um Argissolo Amarelo coeso [8], típico da ecorregião dos tabuleiros costeiros. Uma área experimental, cultivada desde 2002 com consórcio de milho e guandu, sob diferentes métodos de preparo de solo, foi utilizada para a instalação do experimento. Nesta área as parcelas mediam 12 x 40 m e foram dispostas em um desenho experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. De 2002 a 2006, as parcelas foram submetidas a três tratamentos, que incluíram os métodos de preparo PD, CM e PC. A estrutura deste experimento foi mantida para a realização do presente trabalho, exceto que, a partir de 2007, as parcelas foram divididas em duas subparcelas, uma cultivada com milho solteiro (MS) e a outra com o consórcio milho e guandu (MG), plantados simultaneamente e na mesma linha.

Anualmente, as parcelas de PC foram preparadas com uma aração e duas gradagens. Sete dias antes do semeio das culturas, o herbicida glyphosate foi aplicado nas áreas de CM e PD. As áreas de CM foram submetidas a uma operação de escarificação a cerca de 30 cm de profundidade, utilizando-se um escarificador com lâminas distantes entre si em 40 cm. Para todos os métodos de preparo de solo, os sulcos para semeio foram abertos manualmente, sendo esta operação, portanto, a única ação de revolvimento do solo nas parcelas do PD. O espaçamento utilizado entre linhas foi de 80 cm para os dois sistemas de plantio do milho (solteiro e consorciado com guandu). Nos sulcos de plantio foi feita adubação com 30 kg de N, 60 kg de P_2O_5 e 60 kg de K_2O ha^{-1} , nas formas de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, tanto para MS como para MG. Trinta dias após o plantio foi realizada a adubação de cobertura aplicando-se 60 kg de N. Após a adubação de fundação, três sementes de milho (híbrido duplo AGN 3100) foram colocadas a cada 50 cm dentro da linha de plantio. Para o sistema consorciado, o guandu foi plantado na mesma linha do milho (5 sementes por cova), intercalando-se as sementes das duas espécies a cada 25 cm dentro da linha. O desbaste do milho foi feito aos 15 dias após o plantio, deixando-se duas

plantas por cova (50.000 plantas de milho por ha, tanto em MS quanto em MG). Na época de milho verde, quando as plantas atingiram o máximo de desenvolvimento vegetativo foi feita uma avaliação da produção de fitomassa desta cultura. O milho foi colhido para grão após 120 dias do plantio. Ao fim da época chuvosa (set-out), quando as sementes de guandu haviam atingido a maturidade, estas foram colhidas e as plantas de guandu podadas a um metro de altura. A quantidade de fitomassa seca da poda de guandu foi estimada e os resíduos da mesma adicionados ao solo das respectivas subparcelas, sem incorporação. Este manejo foi avaliado ainda quanto à produtividade de fitomassa de guandu derivada da rebrota durante a época seca. A fitomassa de vegetação espontânea nas parcelas ao final do período seco também foi estimada. Amostras de folhas de milho foram coletadas aos 63 DAP e analisadas quanto aos teores de N e P [9]. A eficiência de uso de N (EUN) e de fósforo (EUP), expressas como a produção de grãos relativa aos teores foliares destes nutrientes foi estimada de acordo com Siddiqi & Glass [10].

Os dados de matéria seca e de produtividade obtidos foram submetidos à análise de variância. A comparação de médias entre sistemas de cultivo foi feita pelo teste de Tukey, enquanto as comparações de médias entre os três métodos de preparo do solo foram feitas pelo procedimento de Bonferroni.

Resultados

A produtividade de grãos de milho foi significativamente afetada pelo método de preparo de solo, mas não pelo sistema de cultivo (Tabela 1). Sob PD observou-se um aumento de 36% na produtividade em relação aos métodos CM e PC, os quais não diferiram entre si (Figura 1).

Quanto à produtividade das fitomassas de milho e da vegetação espontânea, não foram observados efeitos significativos dos fatores avaliados (Tabela 1). Os valores médios de fitomassa foram de 4,7 e 3,4 t ha^{-1} de massa seca para o milho e a vegetação espontânea, respectivamente (Figura 2).

A fitomassa derivada do guandu no sistema MG contribuiu com aportes adicionais expressivos de resíduos em relação ao MS, sendo esta quantidade não afetada pelos métodos de preparo ($p = 0,67$). A poda do guandu ao final do período chuvoso (mai-set) em 2008 contribuiu com um adicional de 1,6 t ha^{-1} de massa seca de resíduos, enquanto a fitomassa derivada da rebrota durante a estiagem (nov-abr) atingiu valores médios de 6,8 e 5,1 t ha^{-1} de massa seca nas amostragens de 2008 e 2009, respectivamente. A somatória das fitomassas de milho, vegetação espontânea e guandu adicionadas ao solo desde a introdução destes dois sistemas até a última data de avaliação (maio de 2007 a maio de 2009), totalizou cerca de 8 e 22 t ha^{-1} de massa seca nos sistemas MS e MG, respectivamente. Visto que a fitomassa de vegetação espontânea não foi determinada em 2008, este valor foi subestimado. Assumindo-se que, como observado em 2009, não tenha havido efeito do sistema de cultivo sobre a fitomassa de vegetação nativa em 2008, o

sistema MG superou o MS em 14 t ha^{-1} de massa seca de resíduos no período de dois anos.

Os teores foliares de N e P, os dois nutrientes mais demandados pela cultura do milho, não foram afetados por nenhum dos fatores analisados. Os valores médios de N e P encontrados foram 27 g kg^{-1} e $3,6 \text{ g kg}^{-1}$, ambos acima dos respectivos níveis críticos foliares de 20 e $1,6 \text{ g kg}^{-1}$ relatados na literatura. Apesar da suficiência em N e P em todos os tratamentos, as plantas sob PD apresentaram maior EUN e EUP que as sob PC e CM, as quais não diferiram entre si quanto a estas eficiências (Figura 3). O sistema de cultivo não afetou EUN e EUP.

Discussão

Em 2008, sete anos após a implantação dos tratamentos de métodos de preparo, verificou-se pela primeira vez que a produção de grãos de milho com o uso de PD, foi estatisticamente superior em relação ao CM e PC. Nos anos anteriores não houve diferença entre os tratamentos. Em função do baixo revolvimento de solo promovido pelo CM esperava-se que este sistema apresentasse uma produção de milho mais semelhante ao PD que ao PC. No entanto, isso não foi observado em nosso estudo. As causas para este resultado aparentemente contraditório em solo de tabuleiros costeiros necessitam ser investigadas.

A ausência de resultados significativos positivos de MG em relação a MS pode estar relacionada, em parte, ao curto tempo de diferenciação entre os tratamentos de sistemas de cultivo neste estudo (2 anos). Ainda que quantidades de N expressivas sejam adicionadas ao solo pela fitomassa de guandu, a adubação nitrogenada foi suficiente para assegurar teores adequados de N para as plantas de milho sob MS. Nesta condição, o potencial de incrementos no estado da nutrição nitrogenada de plantas de milho consorciadas com guandu nos moldes propostos é reduzido. A equivalência entre o N fornecido por este sistema de consórcio e pelos fertilizantes nitrogenados necessita ser estabelecida em estudos futuros. Estes resultados permitirão definir se há possibilidade de substituição de parte do fertilizante N pelo aporte de N via resíduos de guandu no sistema proposto.

A estratégia de plantar o milho em consórcio com guandu, na mesma linha e na mesma época, explorando a complementariedade temporal que ocorre entre essas espécies [5] tem se mostrado uma alternativa viável para aumentar o aporte de resíduos ao solo durante a estiagem. O guandu apresenta um desenvolvimento inicial mais lento, permitindo ao milho completar seu ciclo sem sofrer competição significativa, ao mesmo tempo, que, suporta bem a forte competição exercida pelo milho, e, à medida que o milho avança no período de senescência, o guandu retoma seu crescimento de forma mais acelerada e se desenvolve satisfatoriamente [7]. De acordo com a estratégia proposta, o guandu é podado na época da colheita do milho gerando em média $1,6 \text{ t ha}$ de

biomassa seca que é distribuída na superfície do solo. Após a poda o guandu rebrota e consegue acumular durante o período de estiagem em torno de $5 \text{ a } 7 \text{ t ha}^{-1}$. O maior aporte de resíduos no sistema MG em relação ao MS pode, ao longo do tempo, contribuir para a recuperação e/ou manutenção dos teores de matéria orgânica do solo [11]. É reconhecido que a cobertura morta resultante exclusivamente dos restos culturais do cultivo anterior e de plantas daninhas é geralmente, insuficiente para a plena cobertura e proteção do solo, podendo comprometer a eficiência do sistema de plantio direto. Lopes et al. [12] encontraram que $1, 2 \text{ e } 4 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca de resíduo vegetal cobrem cerca de 20%, 40% e 60-70% da superfície do solo, respectivamente e concluíram ainda que são necessários, pelo menos, 7 t ha^{-1} de matéria seca de palhada, uniformemente distribuída, para a cobertura plena da superfície do solo. A fitomassa de guandu resultante da rebrota mais a quantidade média de vegetação espontânea nas entrelinhas supera esse limite mínimo.

A ausência de efeitos de sistemas de cultivo sobre os teores foliares de N e P em milho indicou uma baixa capacidade competitiva do guandu por estes nutrientes durante a fase de crescimento da cultura principal. Embora os teores de N e P não tenham diferido entre os tratamentos avaliados, a eficiência de utilização destes nutrientes, expressa como produção de grãos relativa ao teor dos nutrientes na folha aos 63 DAP foi maior sob PD que nos demais métodos de preparo. Deste modo conclui-se que o PD promoveu maior conversão dos nutrientes absorvidos pelo milho durante a fase vegetativa em grãos. Restrições do solo de natureza física, por exemplo, podem ter limitado a eficiência de uso desses nutrientes na fase reprodutiva do milho sob CM e PC. As causas destes resultados e as possíveis implicações dos mesmos em termos de economia de fertilizantes nitrogenados e fosfatados entre os diferentes métodos de preparo merecem atenção de estudos posteriores.

Conclusões

Os resultados obtidos indicam a viabilidade da exploração da cultura do milho na ecorregião dos tabuleiros costeiros de forma mais sustentável, utilizando-se o plantio consorciado com guandu e o sistema de manejo plantio direto. Sob o sistema de consórcio proposto, não houve redução na produtividade de milho em função do cultivo simultâneo do guandu e é possível incrementar expressivamente a quantidade de fitomassa produzida durante a estiagem, o que contribui para aumentar o aporte de resíduos ao solo e o potencial de promoção de melhorias na qualidade dos solos de tabuleiros costeiros.

Referências

- [1] JACOMINE, P.K.I. 1996. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos tabuleiros costeiros. In: *Reunião Técnica Sobre Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros*.

- 1996, Cruz das Almas, BA. Anais... Cruz das Almas: Embrapa CPATC e CNPMF/EAUFBA/IGUFBA p. 13-26.
- [2] PAIVA, A.; SOUZA, L.; RIBEIRO, A.; COSTA, L. 2000. Propriedades físico-hídricas de solos de uma toposequência de tabuleiro da Bahia. *Pesq. Agrop Bras*, 35:2295-2302.
- [3] VALPASSOS, M.A.R., MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; VALENCIA, L. I. O.; ANDRADE, A.G.de & MADARI, B. 2005. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, 80:185-200.
- [4] BAYER,C.;MARTIN-NETO,L.;MIELNICZUK,J.;TO, A.; DIECKOW, J. 2006. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil & Tillage Research*, 86:237-245.
- [5] WILLEY, R.W. 1979. Intercropping - Its importance and research needs. Part. 2. Agronomy and research approaches. *Field Crop Abstr.* - Commonw. Bur. Pastures Field Crops., 32(2):1-10.
- [6] HEINRICH, R.; VITTI, G.C.; MOREIRA, A. & FANCELLI, A.L. 2000. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalado com adubos verdes. *R. bras. Ci. Solo*, 26:225-230.
- [7] BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. 2005. *Adubação verde com leguminosas em cultivo intercalado com a cultura do milho*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, (Boletim de Pesquisa, 07),2005,15p.Homepage: <http://www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=1832>.
- [8] EMBRAPA. 1975. *Levantamento exploratório reconhecimento de solos do Estado de Sergipe*. Recife, Embrapa/SUDENE, 506p. (Boletim, 36).
- [9] EMBRAPA. 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS. 212p.
- [10] SIDDIQI, M.Y. & GLASS, D.M. 1981. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 4:289-302.
- [11] BAYER,C.; DICK, D.P.; RIBEIRO, G.M. & SCHENERMANN, K.K. 2002. Carbon stocks in organic matter fractions as affected by land use and soil management, with emphasis on no-tillage effect. *Ciência Rural*, 32:401-406.
- [12] LOPES, P. R. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. 1987. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, v. 11, n. 1, p. 71-75.

Tabela 1. Análise de variância para os efeitos de preparo do solo, sistemas de cultivo e interação entre estes fatores sobre a produtividade de grãos de milho e de fitomassas de milho e vegetação espontânea

Fonte de variação	GL	Grãos de milho			Fitomassa					
		QM	F	p (F)	Milho			Vegetação espontânea		
		QM	F	p (F)	QM	F	p (F)	QM	F	p (F)
Blocos	3	2,36	9,83	<0,01	1,6343	8,992	<0,05	0,2758	1,017	
Preparo do solo (P)	2	3,64	15,3	<0,01	0,5049	2,779	0,140	0,1916	0,706	0,530
Erro a	6	0,24			0,1817			0,2712		
Sistema de cultivo										
(S)	1	0,36	0,72	0,42	0,0008	0,005	0,944	0,1427	0,631	0,447
(P) x (S)	2	0,80	1,59	0,26	0,0442	0,277	0,764	0,0005	0,002	0,998
Erro b	9	0,50			0,1594			0,2261		
Total	23									

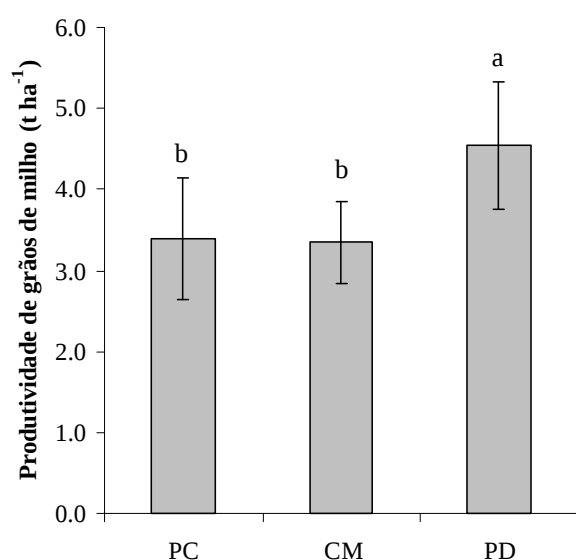


Figura 1. Produtividade de grãos de milho sob os métodos de preparo do solo de plantio convencional (PC), cultivo mínimo (CM) e plantio direto (PD) em um Argissolo Amarelo coeso dos tabuleiros costeiros. As hastes verticais indicam ± 1 DP. Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($p < 0,01$).

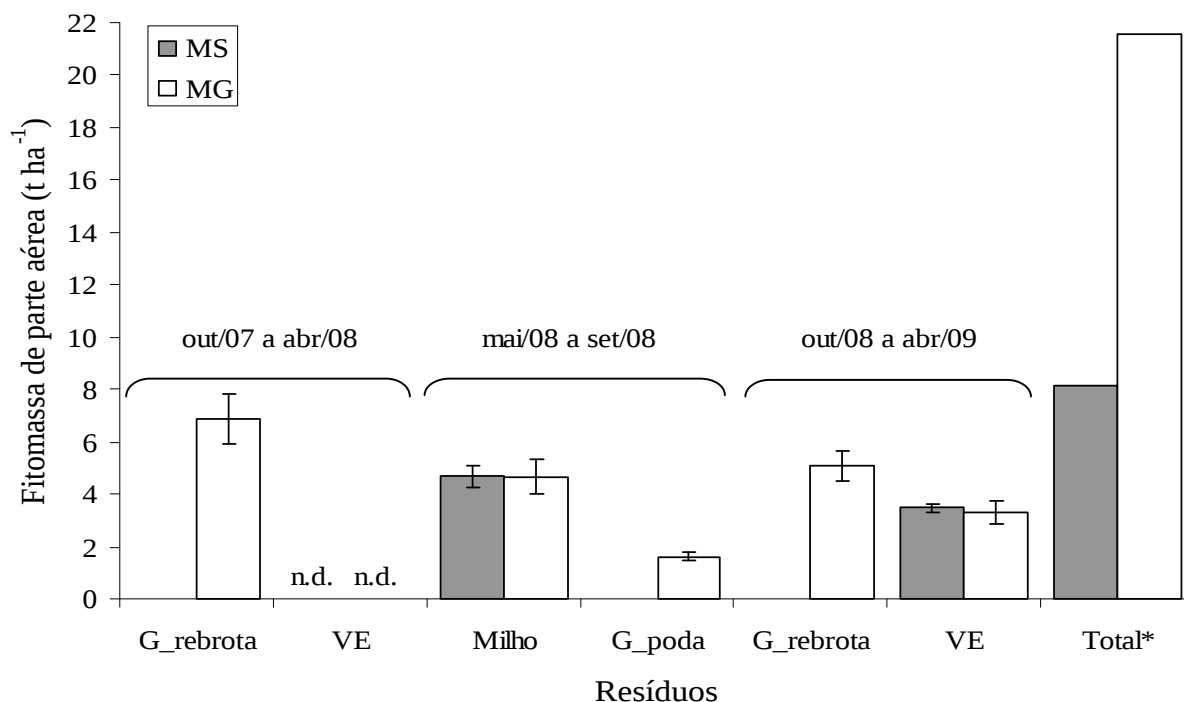


Figura 2. Produtividade de fitomassas do milho, da poda e rebrota de guandu (G_poda e G_rebrota) e vegetação espontânea (VE) sob os sistemas de cultivo de milho isolado (MS) e milho consorciado com guandu (MG) em um Argissolo Amarelo coeso dos tabuleiros costeiros. As barras verticais indicam ± 1 DP. Os períodos de outubro-abril e maio-setembro correspondem, aproximadamente, às estações seca e chuvosa na região. A VE não foi determinada (n.d.) no período de outubro/07 a abril/08. As barras de total correspondem à soma de fitomassas de parte aérea de todas as fontes vegetais de resíduos em cada um dos sistemas de cultivo no período indicado.

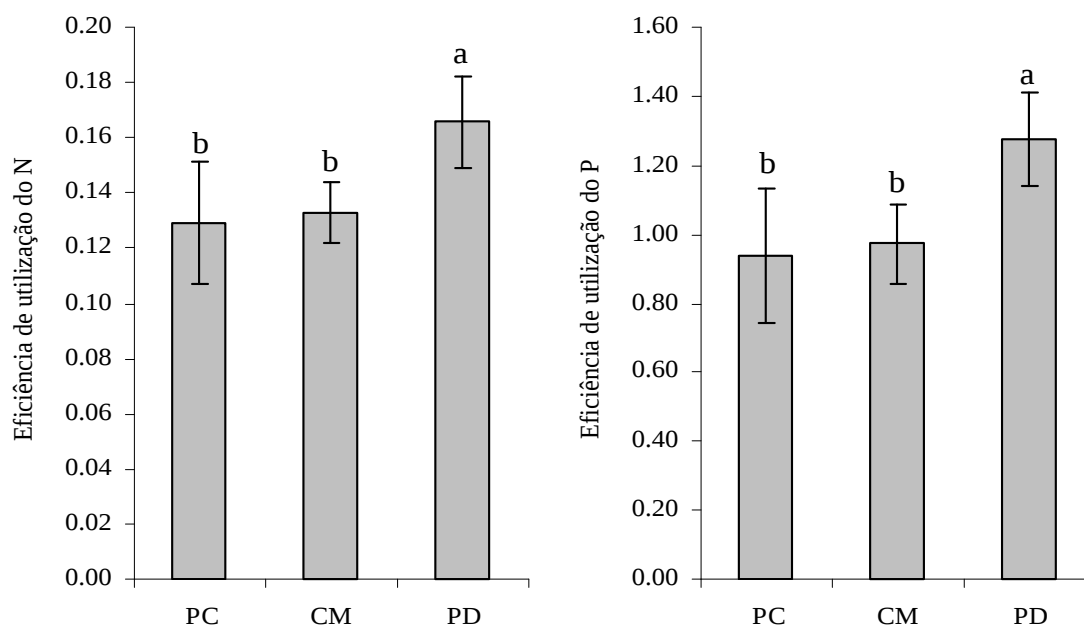


Figura 3. Eficiência de utilização do N (EUN) e do P (EUP) por plantas de milho sob diferentes métodos de preparo do solo em um Argissolo Amarelo coeso dos tabuleiros costeiros. EUN e EUP são expressas em t de grãos ha⁻¹ g⁻¹ nutriente kg⁻¹ de tecido foliar. As hastes verticais indicam ± 1 DP. Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($p < 0,05$).