



## Influence of agroforestry system modalities on maize (*Zea mays*) yield in an Amazon ecosystem

### *Influência de modalidades de sistema agroflorestal na produtividade de milho (Zea mays) em ecossistema amazônico*

Beatriz de Almeida Pereira<sup>1</sup>, Daniela Pauletto<sup>2\*</sup>, Ádria Fernandes da Silva<sup>3</sup>, Adrielle Fernandes da Silva<sup>4</sup>, Thiago Gomes de Sousa Oliveira<sup>5</sup>, Verena Santos de Sousa<sup>5</sup>

**Abstract:** Corn is among the short-cycle annual species used in agroforestry systems due to its adaptation to intercropping. Thus, this study aimed to evaluate the corn yield, cultivar BIO Z 2365, in two types of agroforestry systems. The experiment was carried out in a forestry agroforestry system in two treatments: mechanized with mineral fertilizer and semi-mechanized with organic fertilizer. The experiment was carried out in a forestry agroforestry system (AFSs), with two treatments, mechanized with mineral fertilizers (MEC) and semi-mechanized with organic fertilizers (SMEC). Each treatment was composed of four crop strips (4 x 24 m) distributed with plants arranged at a distance of 0.50 m between lines, totaling four plots per treatment. A random collection of 20 plants per strip was used, and different variables related to production were evaluated. The productivity was estimated using the EMATER and Reetz methods and by estimating the direct yield. The t-test was adopted to verify the difference between treatments. The mechanized system was superior for all the variables evaluated, obtaining average yield of 41.6 bags ha<sup>-1</sup>. In the semi-mechanized system, the average yield was 29.2 bags ha<sup>-1</sup>. The performance of cultivar BIO Z 2365 was better in the mechanized system. However, the results revealed that the cultivation of short-cycle crops, despite technological restrictions in the experimental area, can mean an increase in income for small producers or act in reducing the costs of the implementation and maintenance in agroforestry systems; operating as an agent of economic sustainability.

**Key words:** Bio Z 2365. Mechanized. Semi-mechanized.

**Resumo:** Os sistemas agroflorestais configuram a produção conjunta de espécies agrícolas, florestais e animais. O milho, entre as espécies anuais de ciclo curto, pode ser uma alternativa para ser incluída nesse sistema, pelo alto valor agregado e adaptação ao consórcio. Assim, objetivou-se avaliar a produtividade de milho, cultivar BIO Z 2365, em duas modalidades de sistema agroflorestal. O experimento foi conduzido em sistema agroflorestal silviagrícola, com dois tratamentos: mecanizado com adubação mineral e semimecanizado com adubação orgânica. Dentro de cada tratamento foram distribuídas 4 faixas de 4 x 24 m, com plantas equidistantes 0,50 m na linha, totalizando 4 parcelas por tratamento. Utilizou-se coleta aleatória de 20 plantas por faixa e avaliou-se diversas variáveis ligadas à produção. Estimou-se a produtividade por meio dos métodos da EMATER, de Reetz e por estimativa da produtividade direta. Utilizou-se o teste T para verificar a diferença entre os tratamentos. O sistema mecanizado foi superior para todas as variáveis avaliadas, obtendo produtividade média de 41,6 sacas ha<sup>-1</sup>. No sistema semimecanizado, a produtividade média foi de 29,2 sacas ha<sup>-1</sup>. Embora o desempenho da cultivar BIO Z 2365 tenha sido melhor no sistema mecanizado, os resultados revelam que o cultivo de cultura de ciclo curto, mesmo com restrição tecnológica da área experimental, pode significar acréscimo de renda para pequenos produtores, ou constituir redução nos custos de implantação e manutenção de sistemas agroflorestais, sendo um agente da sustentabilidade econômica.

**Palavras-chave:** Bio Z 2365. Mecanizado. Semimecanizado.

\*Corresponding author

Submitted for publication on 12/07/2021, approved on 21/10/2021 and published on 30/11/2021

<sup>1</sup>Bacharel em Ciências Agrárias. Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém - PA, Brasil. E-mail: bialmeida9@gmail.com

<sup>2</sup>Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia, Rede BIONORTE, Professora na Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém - PA, Brasil. E-mail: paulettoflorestal@gmail.com

<sup>3</sup>Mestranda em Gestão de Áreas Protegidas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA. E-mail: adriafernandes39@gmail.com

<sup>4</sup>Graduanda em Agronomia. Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA. E-mail: dry.fernandes1998@gmail.com

<sup>5</sup>Mestrando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, UFPR. E-mails: oliveira.tgso@gmail.com; verenavsousa@gmail.com

## INTRODUCTION

Agroforestry systems (AFSs) are alternative practices to conventional agricultural models; in these systems, there is an intentional blending into forest species with crops or livestock systems in order to increase plant, animal productivity, and sustainability (PALUDO; COSTABEBER, 2012; LAURA *et al.*, 2015). Due to the environmental impacts caused in the Amazon as a result of agricultural practices associated with other economic activities, the AFSs emerges as a sustainable alternative and contributes to ecological and socio-economic development (FRANCEZ; ROSA, 2011).

AGS aims to improve the biological interactions promoted between forest species and crops and are effective to reduce the effects of water erosion on the soil and the accumulation of soil organic carbon (SOC). Moreover, the AFSs may raise the SOC content by up to 253 times in the first 10 cm of depth when compared to conventional systems. These, in turn, present an average loss of 3.4 kg ha<sup>-1</sup> of SOC and 0.3 kg ha<sup>-1</sup> of total nitrogen (GUIMARÃES *et al.*, 2015).

Studies carried out in the state of Pará (PA), Brazil, verified the advantages of using agroforestry systems. In the municipality of Belterra (PA), it was identified a predominance of a specific type of crop in the income composition. Due to high productivity and market value, this single species has been contributing significantly to the financial support of propriety (COSTA; PAULETTO, 2021). In Monte Alegre (PA), the AFSs adopted by producers is frequently managed by the traditional method and with a low contribution of external technologies (RAYOL *et al.*, 2013).

In this context, the use of technology, such as mechanization and fertilization, must be evaluated to improve the performance of agricultural activities and increase productivity (RIBEIRO *et al.*, 2019). Nonetheless, this reality does not apply to small producers, especially those working with agroforestry systems, where the mechanized preparation of the area is not widely adopted, as they do not have access to credit lines that may finance the needed machinery (FERREIRA *et al.*, 2014).

Agroforestry systems intercropped with forest-tree species and commercial crops, such as corn and beans, have as a strategy to reduce project implementation costs, whether restoration or reforestation. The commercialization of products grown in the area guarantees financial resources for possible investments. A related point to consider is the importance of studies that guide producers in the elaboration of their AFSs projects (ABDO *et al.*, 2012).

## INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são sistemas alternativos aos modelos de cultivo convencionais, em que há interação entre espécies florestais com cultivos agrícolas e/ou animais, visando aumento de produtividade vegetal, animal e sustentabilidade (PALUDO; COSTABEBER, 2012; LAURA *et al.*, 2015). Devido aos impactos ambientais causados na Amazônia, em decorrência de práticas agrícolas associadas a outras atividades econômicas, os SAFs surgem como alternativa sustentável e promovem benefícios do ponto de vista ecológico e socioeconômico (FRANCEZ; ROSA, 2011).

Os SAFs visam o aprimoramento das interações biológicas promovidas entre as espécies florestais e cultivos agrícolas e se mostram eficientes na redução dos efeitos de erosão hídrica no solo e no acúmulo de carbono orgânico dos solos (COS), chegando a elevar o teor de COS em até 253 vezes nos primeiros 10 cm de profundidade quando comparados aos sistemas convencionais. Esses, por sua vez, apresentam perda média de 3,4 kg ha<sup>-1</sup> de COS e 0,3 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio total (GUIMARÃES *et al.*, 2015).

Estudos realizados no estado do Pará verificaram vantagens do uso de sistemas agroflorestais. No município de Belterra (PA), foi identificado que há predominância de um tipo de cultivo na composição de renda, o que faz com que apenas uma espécie sustente financeiramente de forma majoritária a propriedade, em virtude da sua produtividade e valor de mercado (COSTA; PAULETTO, 2021). Em Monte Alegre (PA), os SAFs utilizados pelos produtores são manejados, em sua maioria, de forma tradicional e com baixo aporte de tecnologias externas (RAYOL *et al.*, 2013).

Nesse contexto, a utilização de tecnologia, como mecanização e adubação, deve ser avaliada para agregar desempenho às atividades no campo e ganho de produtividade (RIBEIRO *et al.*, 2019). No entanto, essa realidade não se aplica aos pequenos produtores, principalmente os que trabalham com sistemas agroflorestais, onde o preparo de área mecanizada é pouco adotado, por não terem acesso às linhas de crédito que financiam o maquinário necessário (FERREIRA *et al.*, 2014).

Os sistemas agroflorestais que são intercalados com espécies arbóreas e culturas comerciais, como milho e feijão, têm por estratégia reduzir os custos de implantação dos projetos, seja de restauração ou reflorestamento. A comercialização dos produtos cultivados na área, garante recurso financeiro para possíveis investimentos, mas demanda estudos para auxiliar o produtor na elaboração do seu projeto (ABDO *et al.*, 2012).

Maize (*Zea mays* L.), also called ‘corn’, is among the short-cycle annual species used in agroforestry systems due to its adaptation to intercropping and because it is a species with few occurrences of pests and diseases (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Corn is cultivated in all regions of Brazil, and its production occurs at different season and climatic conditions (CONTINI *et al.*, 2019).

Corn cultivation is an important crop for family farming, used as part of the human and animal food base and for commercialization. This feature helps to encourage other activities developed within the properties. However, it is bear in mind that the main reason for the intercropping is the provision of food for the families (FABRINI, *et al.*, 2012). According to data released by the 2017 Agricultural Census, the state of Pará produced about 555,695 tons of corn in grain (IBGE, 2017). Unfortunately, these data do not distinguish the amount originating from intercropping systems or produced in agroforestry systems.

The necessity to develop further research in an Amazon ecosystem investigating crop arrangements and intercropped production in agroforestry systems justifies the present study. Thus, the objective was to evaluate the corn yield, cultivar Bio Z 2365, cultivated in two types of agroforestry system, mechanized with mineral fertilizer and semi-mechanized with organic fertilizer.

## MATERIAL AND METHODS

### Study area

The experiment was carried out from January to June 2019, in an agroforestry system at the Experimental Farm belonging to the Federal University of Western Pará, located between the geographical coordinates 2°41'16" S and 54°31'55" W, beside the Santarém-Curuá-Una highway (PA-370), in the municipality of Santarém, state of Pará.

The region's climate, according to the Köppen classification, is Am type, with annual rainfall from 1900 to 2200 mm, and an average annual temperature from 25 to 27 °C (ALVAREZ *et al.*, 2013). The experiment consisted of corn cultivation implanted between the rows of forest species in agroforestry systems (AFSs) (Figure 1).

O milho (*Zea mays* L.) está entre as espécies anuais de ciclo curto que podem ser incluídas em sistemas agrofloretais, principalmente por se adaptar ao consórcio e por ser uma espécie com ocorrência de poucas pragas e doenças (OLIVEIRA *et al.*, 2016). O milho é cultivado em todas as regiões do Brasil e sua produção ocorre em diferentes épocas do ano e distintas condições climáticas (CONTINI *et al.*, 2019).

O cultivo do milho é importante para a agricultura familiar, fazendo parte da base alimentar humana e animal, além da comercialização de parte da produção. Esse recurso contribui para fomentar outras atividades desenvolvidas dentro das propriedades. Contudo, deve-se ter em mente que o principal motivo de inserção da cultura é a provisão alimentar das famílias (FABRINI, *et al.*, 2012). Segundo os dados divulgados pelo Censo Agropecuário 2017, o estado do Pará produziu cerca de 555.695 toneladas de milho em grãos (IBGE, 2017). Infelizmente, esses dados não distinguem a quantidade oriunda de sistemas consorciados ou produzidos em sistemas agrofloretais.

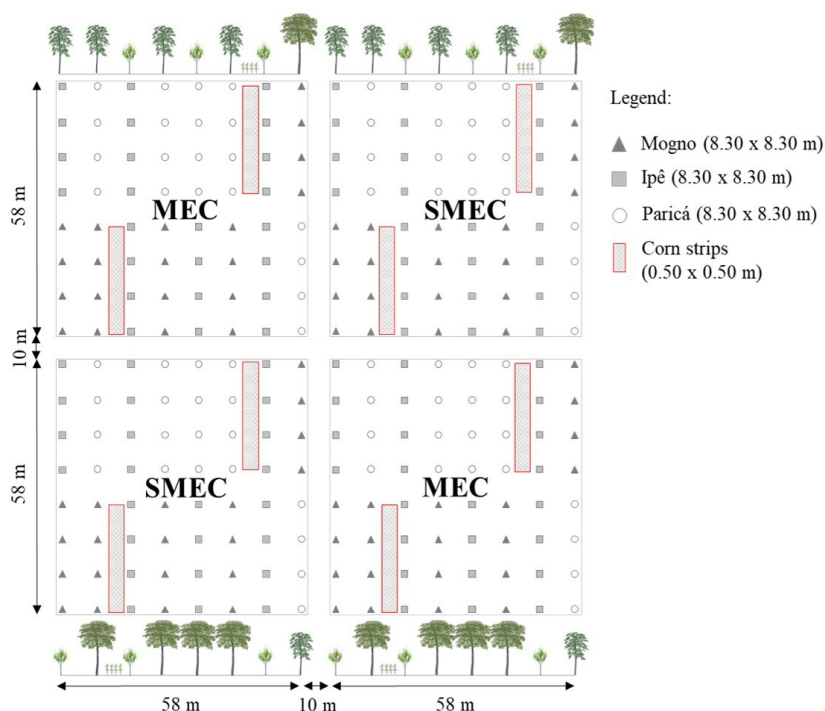
A necessidade de se desenvolver mais pesquisas na região sobre arranjos e produção consorciada em SAFs, justificou o presente estudo. Assim, objetivou-se avaliar a produtividade de milho, cultivar Bio Z 2365, cultivado em duas modalidades de sistema agroflorestral, mecanizado com adubação mineral e semimecanizado com adubação orgânica.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O experimento foi realizado no período de janeiro a junho de 2019, em sistema agroflorestral na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Oeste do Pará, coordenadas 2° 41'16" S e 54° 31'55" W, localizada às margens da Rodovia Santarém-Curuá-Una (PA-370), no município de Santarém, estado do Pará.

A região tem clima do tipo Am, segundo a classificação climática de Köppen, com precipitação anual de 1900 a 2200 mm, temperatura média anual de 25 a 27 °C (ALVAREZ *et al.*, 2013). O experimento consistiu no cultivo do milho, implantado nas entrelinhas das espécies florestais do SAF (Figura 1).



**Figure 1** - Distribution of plots, arrangement, and distance between plants of forest and agricultural species, in an agroforestry system, at the Experimental Farm of the Federal University of Western Pará, Santarém - Pará.

MEC - mechanized with mineral fertilizers; SMEC - semi-mechanized with organic fertilizers.

**Figura 1** - Distribuição das parcelas, arranjo e espaçamento entre plantas das espécies florestais e agrícolas, em sistema agroflorestal, na Fazenda experimental da Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém - Pará.

MEC - mecanizado com adubação mineral; SMEC - semimecanizado com adubação orgânica.

The treatments comprised two management systems, mechanized with mineral fertilizers (MEC) and semi-mechanized with organic fertilizers (SMEC). Each treatment was composed of four crop strips (4 x 24 m) (plots), and in each strip, 20 corn plants were sampled. The samples were used to evaluate the variables.

Table 1 describes the main management activities carried out within each treatment, mechanized (MEC) and semi-mechanized (SMEC).

Os tratamentos consistiram em dois sistemas de manejo, o mecanizado com adubação mineral (MEC) e o semimecanizado com adubação orgânica (SMEC). Dentro de cada tratamento, estabeleceu-se quatro faixas de cultivos (4 x 24 m), sendo considerada as parcelas. Dentro da faixa, amostrou-se 20 plantas de milho para avaliação das variáveis.

Na Tabela 1, são descritas as principais atividades de manejo realizadas dentro de cada tratamento, mecanizado (MEC) e semimecanizado (SMEC).

**Table 1** - Description of activities conducted in each treatment in the experimental area of AFSs, Santarém, PA**Tabela 1** - Descrição das atividades executadas dentro de cada tratamento na área experimental do SAF Santarém, PA

Activity	Treatment	
	Mechanized	Semi-mechanized
Cleaning	Opening of an area using a brush cutter and agricultural tractor	Opening of an area using hand tools, sickles, machetes, and brush cutters
Soil mobilization	Three harrows at 15 cm in depth down, using a harrow disc plow, with 14 smooth discs of 22' and 23.5 mm thick	No soil mobilization
Liming	2.0 tons of limestone ha <sup>-1</sup> (PRNT 100%) 30 days before planting	
Planting Fertilizing	Application by spreading of 25 kg of NPK (10-10-10 formulation) per cultivation strip	Application by spreading of 250 kg of cattle manure per cultivation strip
Planting	Manually, using a hoe, planting three seeds per hole.	
Topdressing fertilization	Application by spreading of 25 kg of NPK (10-10-10 formulation) per cultivation strip	Application by spreading of 250 kg of cattle manure per cultivation strip

In each treatment, a layer from 0 to 0.20 m deep was sampled from the soil for chemical analysis. Chemical soil analysis results for MEC: pH in water, of 4.7, Soil Organic Matter (SOM), 23.4 g kg<sup>-1</sup>; (mg dm<sup>-3</sup>) K, 20; Na, 8 and P, 17; (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) Ca, 1.2; Mg, 0.7; Al, 0.6; 6.3, H+Al; total cation exchange capacity (CEC), 8.3; effective CEC, 2.7; base saturation (V %), 24.9 and m, 22.4. For SMEC: pH in water, 4.5; SOM, 43.8 g kg<sup>-1</sup>; (mg dm<sup>-3</sup>) K, 20; Na, 12 and P, 50; (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) Al, 0.7; Ca, 1.10; Mg, 0.7; Al, 0.7; H+Al, 6.8; total CEC, 8.7; effective CEC, 2.6; (%) V, 22.2 and m 25.9. Based on these results, the authors established liming recommendations for the two systems and mineral fertilization for MEC (BRASIL *et al.*, 2020). While for the SMEC, there was an attempt to replicate the fertilization mode used by local family producers, where the soil is covered with animal manure.

The forest species adopted in the AFSs were: Ipê amarelo (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose), Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla* King), and Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) that were planted in 2016. In both conditions, the spacing adopted was 8.3 x 8.3 m. The agricultural crop used was corn, cultivar BIO Z 2365, chosen due to its commercialization in the local market.

Em cada tratamento, foi amostrada a camada de 0 a 0,20 m de profundidade do solo para análise química. Resultados da análise química do solo para MEC: pH em água, 4,7, Matéria Orgânica do Solo (MOS), 23,4 g kg<sup>-1</sup>; (mg dm<sup>-3</sup>) K, 20; Na, 8 e P, 17; (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) Ca, 1,2; Mg, 0,7; Al, 0,6; 6,3, H+Al; CTC total, 8,3; CTC efetiva, 2,7; (%) V, 24,9 e m, 22,4. Para SMEC: pH em água, 4,5; MOS, 43,8 g kg<sup>-1</sup>; (mg dm<sup>-3</sup>) K, 20; Na, 12 e P, 50; (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) Al, 0,7; Ca, 1,10; Mg, 0,7; Al, 0,7; H+Al, 6,8; CTC total, 8,7; CTC efetiva, 2,6; (%) V, 22,2 e m 25,9. A partir desses resultados, estabeleceu-se as recomendações de calagem, para os dois sistemas e adubação mineral para o MEC (BRASIL *et al.*, 2020). Para SMEC, buscou-se reproduzir o modo de adubação utilizado por produtores familiares locais, onde se faz-se cobertura total do solo com o esterco animal.

As espécies florestais adotadas no SAF foram: Ipê amarelo (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose), mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) e paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) que foram plantados no ano de 2016. Nas duas condições, o espaçamento adotado foi 8,3 x 8,3 m. A cultura agrícola utilizada foi o milho, cultivar BIO Z 2365, escolhida por ser comercializada no mercado local.



## Data collection and analysis

The evaluation of planting and collection of ears took place 120 days after corn sowing. For plant sampling, the 0.5 m border in each plot (corn strip) was disregarded. Posteriorly, 20 plants per plot were randomly collected in zig-zag during planting, resulting in 80 plants per treatment.

The variables assessed for plant characterization were: total plant height (m), first ear insertion height (m), obtained with a measuring tape, and stem base diameter (mm), got using a digital caliper. The variables related to ear characterization were: ear length (cm), number of grain rows per ear, average number of grains per row, total number of grains per ear, mass of one hundred grains (g), and ear mass with corncob (g). The ear mass without corncob (g) was estimated through the ratio of the mass of one hundred grains and the total number of grains per ear.

For estimating the productivity obtained in the study area, the following methods were considered: EMATER (2000), Reetz (1987), and the estimate of direct productivity (PD) used by local farmers, in which the number of plants is multiplied per hectare by the average grain weight in kilograms of selected ears. Estimate data, calculated by the three methods, were presented in bags per hectare, considering the 60 kg bags weight. The moisture value adopted to correct the seed's weight was 11.5%, replacing the value of 15.5% mentioned in the EMATER and Reetz equations.

Data were submitted to the Shapiro-Wilk test to test normality. To compare means between treatments, Student's t-test ( $p \leq 0,05$ ) was performed using the Statistic 9.0 software (test version).

## RESULTS

Table 2 shows the means of variables used in the present study to characterize the corn plants: total height, stem base diameter, and first ear insertion height. The results indicate the superiority of the MEC system over the SMEC system.

## Coleta e análise de dados

A avaliação do plantio e coleta das espigas se deu aos 120 dias após a semeadura do milho. Para a amostragem das plantas, desconsiderou-se a bordadura 0,5 m em cada parcela (faixa de milho). Posteriormente foram coletadas, de forma aleatória em zig-zag ao longo do plantio, 20 plantas por parcela, resultando em 80 plantas por tratamento.

As variáveis avaliadas para caracterização da planta foram: altura total da planta (m), altura de inserção da primeira espiga (m), obtida com fita métrica, e diâmetro à altura do colo (mm), obtido com auxílio de paquímetro digital. As variáveis relacionadas à caracterização das espigas foram: comprimento da espiga (cm), número de fileiras de grãos por espiga, número médio de grãos por fileira, número total de grãos por espiga, massa de cem grãos (g) e massa da espiga com sabugo (g). A massa da espiga sem sabugo (g) foi estimada por meio da relação da massa de cem grãos e o número total de grãos por espiga.

Para estimar a produtividade, obtida na área em estudo, considerou-se os seguintes métodos: EMATER (2000), Reetz (1987) e a estimativa de produtividade direta (PD) utilizada pelos agricultores locais, na qual multiplica-se o número de plantas por hectare pelo peso médio de grão em quilogramas das espigas selecionadas. Os dados das estimativas, calculadas pelos três métodos, foram apresentados em sacas por hectare considerando o peso da saca de 60 kg. Utilizou-se para correção do peso das sementes o percentual de umidade de 11,5% em substituição a umidade de 15,5% citada nas fórmulas da EMATER e Reetz.

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para testar a normalidade. Para comparação de médias entre os tratamentos, foi realizado o teste T de Student ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o software Statistix 9.0 (versão de teste).

## RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta as médias das variáveis utilizadas no estudo para caracterizar as plantas de milho: altura total, diâmetro à altura do colo e altura de inserção da primeira espiga, evidenciando-se, baseado nestas variáveis, que o sistema MEC é superior ao sistema SMEC.

The results showed the mean total height of the corn plant in the MEC system was 1.85 m, and for the SMEC system, it was 1.70 m, while the stem base diameter resulted in a difference of 2.69 mm between treatments. The first ear insertion height of the SMEC was 0.10 m lower than that of the MEC (Table 2).

As the characterization and dimension of the corn ears, the variables revealed differences between the treatments (Table 3). MEC system statistically presented the highest averages.

A média da altura total da planta no sistema MEC foi de 1,85 m e para o sistema SMEC foi de 1,70 m, enquanto o diâmetro de colo resultou em uma diferença de 2,69 mm entre os tratamentos. A altura da primeira espiga do SMEC foi 0,10 m menor que no MEC (Tabela 2)

Quanto à caracterização e dimensão das espigas de milho, as variáveis apresentadas evidenciaram diferenças entre os tratamentos (Tabela 3), com destaque para o sistema MEC, que apresentou estatisticamente as maiores médias.

**Table 2** - Means of variables total height, stem base diameter, and first ear insertion height of corn plants, cv. BIO Z 2365, cultivated under two AFSs management conditions. Santarem, Pará

*Tabela 2 - Médias das variáveis altura total, diâmetro à altura do colo e altura da inserção da primeira espiga das plantas de milho, cv. BIO Z 2365, cultivadas sob duas condições de manejo do SAF. Santarém, Pará*

	Cultivation Systems	
	MEC	SMEC
Total height (m)	1.85 ± 0.19 a	1.70 ± 0.19 b
Stem base diameter (mm)	16.06 ± 2.59 a	13.37 ± 1.94 b
First ear insertion height (m)	0.74 ± 0.11 a	0.64 ± 0.12 b

\*Values followed by the same letter, on the line, do not differ statistically, according to the T test at the 5% probability level.

\*Valores seguidos da mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente, segundo o teste T ao nível de 5% de probabilidade.

**Table 3** - Means of variables related to the characterization and size of the corn ear, cv. BIO Z 2365, cultivated under two AFSs management conditions. Santarem, PA

*Tabela 3 - Médias das variáveis relacionadas a caracterização e dimensão da espiga de milho, cv. BIO Z 2365, cultivado sob duas condições de manejo do SAF. Santarém, PA*

Variables	Cultivation modality	
	MEC	SMEC
Ear mass without corncob (g)	69.3 ± 34.3 a	47.6 ± 26.0 b
Ear length (cm)	10.0 ± 2.4 a	7.3 ± 2.0 b
Number of grain rows per ear	12.0 ± 2.0 a	12 ± 2.0 b
Average number of grains per row	17.0 ± 6.4 a	13.1 ± 5.5 b
Total number of grains per ear	194.7 ± 95.7 a	141.7 ± 79.0 b

\*Values followed by the same letter, on the line, do not differ statistically, according to the T test at the 5% probability level.

\*Valores seguidos da mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente, segundo o teste T ao nível de 5% de probabilidade.

The results in ear mass without corncob in the MEC treatment was 31.7% higher than SMEC when compared to the average which was 69.3 g, whereas, in the SMEC treatment the value was 47.6 g. The values of this variable ranged from 7 to 156 g (MEC) and from 2 to 156 g (SMEC), for minimum and maximum values, indicating a large variation in the evaluated production. The ear length had the highest average in the MEC system, equal to 2.7 cm longer than the SMEC (Table 3).

Regarding the number of rows per ear, MEC had an average of 12.2 rows per ear, while SMEC had 11.6 rows per ear. The variables number of grains per row and a total number of grains per ear also showed higher results in the MEC, with averages of 17 and 194 units, respectively (Table 3). The high standard deviation in the total number of grains was due to the heterogeneity in production; the minimum and maximum values found were 24 to 425 units (MEC) and 8 to 419 units (SMEC).

Regarding corn yield, the results (Table 4) indicated that the MEC system, in the three estimates carried out, had higher yields (26 to 31%) than the SMEC system, resulting in a statistical difference for two of the production estimation methods.

Applying the direct yield estimation method (standard), it was possible finding the highest average yield. The results indicated that the MEC system produced a mean of 46.2 bags ha<sup>-1</sup> and the SMEC system 31.7 bags ha<sup>-1</sup>.

O resultado em massa da espiga sem sabugo no tratamento MEC foi 31,7% maior que SMEC pois a média foi de 69,3 g, enquanto no tratamento SMEC o valor foi de 47,6 g. Os valores dessa variável variaram de 7 a 156 g (MEC) e de 2 a 156 g (SMEC), para valores mínimos e máximos, indicando grande variação na produção avaliada. Já o comprimento da espiga apresentou maior média no sistema MEC, igual a 2,7 cm maior que SMEC (Tabela 3).

Em relação ao número de fileiras por espigas, o MEC apresentou média de 12,2 fileiras por espiga, enquanto SMEC 11,6 fileiras por espiga. As variáveis números de grãos por fileiras e número total de grãos por espiga também apresentaram maiores resultados no MEC, com médias de 17 e 194 unidades, respectivamente (Tabela 3). O alto desvio padrão no número total de grãos foi devido a heterogeneidade na produção, verificando-se, como valores mínimos e máximos, 24 a 425 unidades (MEC) e 8 a 419 unidades (SMEC).

Os resultados de produtividade do milho (Tabela 4) mostraram que o sistema MEC, nas três estimativas realizadas, obteve produtividade superior (26 a 31%) ao sistema SMEC, resultando em diferença estatística para dois dos métodos de estimativa da produção.

O método utilizando o cálculo da estimativa de produtividade direta (padrão) apresentou as maiores médias de produção, onde o sistema MEC produziu em média 46,2 sacas ha<sup>-1</sup> e o sistema SMEC 31,7 sacas ha<sup>-1</sup>.

**Table 4** - Corn yield averages, cv. BIO Z 2365, estimated by different methods, cultivated under two AFSs management conditions. Santarem, PA

**Tabela 4** - Médias de produtividade de milho, cv. BIO Z 2365, estimada por diferentes métodos, cultivado sob duas condições de manejo do SAF. Santarém, PA

System	EMATER	Reetz	Direct yield
	-----Bags ha <sup>-1</sup> -----		
MEC	41.6 ± 20.6 a	39.6 ± 16.9 a	46.2 ± 22.8 a
SMEC	28.5 ± 15.6 b	29.2 ± 14.2 a	31.7 ± 17.3 b

\*Values followed by the same letter, on the line, do not differ statistically, according to the T test at the 5% probability level.

\*Valores seguidos da mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente, segundo o teste T ao nível de 5% de probabilidade.



In the EMATER method (2000), the MEC system presented an average of 41.6 bags ha<sup>-1</sup> and an average SMEC of 28.5 bags ha<sup>-1</sup>. The Reetz method showed the lowest average yield for the MEC system, with an estimated production of 39.6 bags ha<sup>-1</sup>, whereas for SMEC, the average was 29.2 bags ha<sup>-1</sup> (Table 4).

## DISCUSSION

When analyzing the expenses for the maintenance of the initial 14 months of the AFSs, previous studies available on literature indicated that the investments ranged from BRL 6,191.48 (semi-mechanized) to BRL 8,115.58 (mechanized) (PAULETTO *et al.*, 2018). These data demonstrate that the implementation of the AFSs requires financing, and bank and Government support, to promote this activity and to become viable for family producers. It is noteworthy to highlight that the social and environmental importance can justify this financial support. The income for producers depends on the species used in the arrangements, which might or might not be economically viable (SILVA *et al.*, 2018).

In order to meet the demand for initial financial resources for implementation and maintenance of AFSs, the crops are seen as being responsible for the main capital contribution in this period, with agricultural production in the system having the highest potential for income generation (RODRIGUES *et al.*, 2008).

In an estimate of income generation for family farmers, who adopted the cultivation in AFSs in the municipality of Novo Progresso (PA), the results indicated positive income over the first 20 years, providing a higher return on capital in comparison to the value of an initial investment (SILVA *et al.*, 2018).

The evaluation of corn cultivation in this study demonstrated that, regarding yield variables, the most expressive growth in total plant height was observed in the MEC treatment, where, probably, there were better edaphic conditions, as a result of the mechanization and application of rapid availability fertilizers (NPK).

No método de EMATER (2000), o sistema MEC apresentou média de 41,6 sacas ha<sup>-1</sup> e SMEC média de 28,5 sacas ha<sup>-1</sup>. Já o método de Reetz apresentou as menores médias de produção para o sistema MEC, estimou-se produção de 39,6 sacas ha<sup>-1</sup>; enquanto para SMEC, a média foi de 29,2 sacas ha<sup>-1</sup> (Tabela 4).

## DISCUSSÃO

Com base em trabalho realizado na mesma área, constatou-se investimentos que variaram de R\$ 6.191,48 (semimecanizado) a R\$ 8.115,58 (mecanizado) para a manutenção de 14 meses iniciais do SAF (PAULETTO *et al.*, 2018). Esses dados demonstram que a implantação do SAF requer financiamento e necessita de fomento bancário ou governamental para que esta atividade seja viável aos produtores familiares. Esse fomento se justifica em razão da importância social e ambiental. A renda para os produtores depende das espécies utilizadas nos arranjos, podendo ser ou não viáveis economicamente (SILVA *et al.*, 2018).

Visando a demanda de recursos iniciais para a implantação e manutenção de SAFs, os cultivos agrícolas são apontados como o principal aporte financeiro neste período, tendo a produção agrícola no sistema o maior potencial para geração de renda (RODRIGUES *et al.*, 2008).

Em estimativa de geração de renda para agricultores familiares que adotaram o cultivo de SAFs, no município de Novo Progresso (PA), os resultados indicaram estimativas de renda positiva ao longo dos primeiros 20 anos, proporcionando retorno de capital mais elevado em relação ao valor de investimento inicial (SILVA *et al.*, 2018).

A avaliação do cultivo de milho, nesse trabalho, mostrou que em relação às variáveis de produção, o crescimento mais expressivo em altura total da planta, foi observado no tratamento MEC, onde, provavelmente, houve melhores condições edáficas, resultado da mecanização e aplicação de fertilizantes de rápida disponibilização (NPK).

Also, it is supposed that heavy machine operations were more efficient in controlling competition, caused by spontaneous plants and natural regeneration, probably arising from the seed bank of secondary forest vegetation (ARAÚJO *et al.* 2001). Furthermore, this treatment enabled more favorable conditions for the development of short-cycle cultivation.

Problems in soil leveling and limestone drift are attributed as the cause of the high variation in corn production data, creating micro-sites with different conditions in the planting areas. In SMEC treatment, there was also the decomposition of vegetation deposited on the soil by pruning and felling trees, leading to changes in the soil conditions. Nutrient cycling, stimulated by the diversity of the AFSs, may have been a factor that affected the heterogeneity of the environment with a likely impact on corn production.

According to Silva *et al.* (2020), soil porosity promotes plant root growth, that is, the lower its value, the greater the restriction to its expansion. Thus, it is probably that the higher porosity in the MEC system had influenced the corn height adjunct to seasonal factors since the experiment was carried out during the rainy season, and the water availability is considered a significant factor for nutrient translocation (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

In addition, the dense spacing may have influenced the production in both treatments. Lima *et al.* (2019), when evaluating the agronomic performance of commercial cultivars of green corn in Jataí (GO), observed that plants with characteristics of greater height have a competitive advantage towards the water, nutrients, and light through the shading condition caused on weeds. Still considering the data from Lima *et al.* (2019), the values observed for plant height (1.85 m) were lower, as the growth of hybrid corn cv. Bio Z-2365 in monoculture with a spacing of 0.45 x 0.5 m showed an average height of 2.46 m.

Supõem-se ainda que as operações de máquinas pesadas foram mais eficientes no controle da competição, causadas por plantas espontâneas e regeneração natural, provavelmente, advindas do banco de sementes da vegetação de floresta secundária (ARAÚJO *et al.* 2001), e que este tratamento possibilitou condições mais propícias ao desenvolvimento de cultivo de ciclo curto.

Atribui-se como causa da grande variação nos dados de produção de milho problemas no nivelamento do solo e deriva de calcário gerando micro sítios com condições diferenciadas nas áreas de plantio. No tratamento SMEC, também houve a decomposição da vegetação, depositada ao solo pela poda e derruba de árvores, que pode resultar em alteração nas condições do solo. A ciclagem de nutrientes, estimulada pela diversidade do SAF, pode ter sido um fator que afetou a heterogeneidade do ambiente com provável impacto na produção de milho.

De acordo com Silva *et al.* (2020), a porosidade do solo é um fator que facilita o crescimento radicular das plantas, ou seja, quanto menor o seu valor, maior será a restrição a sua expansão. Baseado nisso, a maior porosidade no sistema MEC pode ter influenciado os valores obtidos para a variável de crescimento em altura do milho adjuncto aos fatores sazonais, visto que o experimento foi realizado durante o período chuvoso e que a disponibilidade de água é considerada um fator importante para a translocação dos nutrientes (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Aliado aos fatores acima, o espaçamento adensado pode ter influenciado a produção nos dois tratamentos, pois, como observado por Lima *et al.* (2019), ao avaliar o desempenho agrônômico de cultivares comerciais de milho verde em Jataí (GO), as plantas que apresentam características de maior estatura têm vantagem competitiva em relação à água, nutrientes e luz, através da condição de sombreamento causado sobre as plantas daninhas. Ainda considerando os dados de Lima *et al.* (2019), os valores observados no presente estudo, para altura das plantas (1,85 m), mostraram-se inferiores, pois o crescimento do milho híbrido Bio Z-2365 em monocultivo, com espaçamento de 0,45 x 0,5 m, mostrou altura média de 2,46 m.

The results on the first ear insertion height point to values of 0.74 m for the MEC system and 0.64 m for the SMEC, which are values that may be related to plant height, as it is a quantitative characteristic significant for production, as exposed by Edwiges *et al.* (2017). These authors evaluated in their study the productivity of different corn hybrids as a function of climatic variables in the region of Tangará da Serra, in the state of Mato Grosso, Brazil.

As for the growth in stem base diameter, the highest result was in the MEC system (16.1 mm), contrary to the findings of Favarato *et al.* (2016), who reached lower values (37.1 mm). The higher value of this variable in mechanized treatment may have been influenced by the use of NPK. Still, these authors explained in their study that corn plants have better responses to nitrogen fertilization.

For the ear length results, the values obtained by the MEC system were superior to the SMEC system (10 and 7.3 cm, respectively). These results were inferior to those found by Lima *et al.* (2019), who highlighted the importance of ear length as a commercialization factor, even though, in the conventional system, in large-scale production, corn is sold in grains. They also pointed out that, for the fresh market, the greater the length, diameter, and better appearance of the ear, the greater its acceptance by the consumer.

About the number of grain rows per ear, the result of this analysis indicated an average of 12.2 for the MEC system and 11.6 for SMEC; it is worth considering that this variable is directly correlated with the final grain yield (EDWIGES *et al.*, 2017).

When evaluating the corn yield, the average values achieved were superior for MEC on the three methods used for its estimation (Table 3). These values are lower than studies with cultivars, including the hybrid BioZ-2365, the object of this experiment, which found 75 to 158 stacks  $\text{ha}^{-1}$  (LIMA *et al.*, 2019) and 62 to 88 stacks  $\text{ha}^{-1}$  (EDWIGES *et al.*, 2017).

Os resultados sobre a altura de inserção da primeira espiga apontam valores de 0,74 m para o sistema MEC e 0,64 m para SMEC, que são valores que podem estar relacionados à altura da planta, por ser uma característica de natureza quantitativa de grande importância para a produção, como exposto por Edwiges *et al.* (2017). Esses autores avaliaram em seu estudo a produtividade de diferentes híbridos de milho em função de variáveis climáticas na região de Tangará da Serra, no estado de Mato Grosso, Brasil.

Quanto ao crescimento em diâmetro à altura do colo, o resultado mais elevado no sistema MEC (16,1 mm) foi inferior ao estudo de Favarato *et al.* (2016), onde foi constatado 37,1 mm. O maior valor dessa variável no tratamento mecanizado pode ter sido influenciado pela utilização de NPK visto que, estudos desse autor, apontam que as plantas de milho têm maiores respostas à adubação nitrogenada.

Para os resultados de comprimento da espiga, os valores obtidos pelo sistema MEC se mostraram superiores aos do sistema SMEC (10 e 7,3 cm, respectivamente), valores inferiores ao encontrado por Lima *et al.* (2019), que expõem a importância do comprimento da espiga como fator de comercialização, embora no sistema convencional, em produção de larga escala, o milho seja comercializado em grãos. No seu estudo, ele aponta que, para o mercado *in natura*, quanto maior for o comprimento, diâmetro e melhor o aspecto da espiga, maior será a sua aceitação pelo consumidor.

Em relação ao número de fileiras de grãos por espiga constatou-se média de 12,2 para o sistema MEC e 11,6 para SMEC, sendo essa variável diretamente correlacionada com a produtividade final de grãos (EDWIGES *et al.*, 2017).

Em relação aos valores de produtividade de milho, as médias alcançadas se mostraram superiores para MEC, nos três métodos utilizados no seu cálculo (Tabela 3). Esses valores são inferiores a estudos com cultivares, entre elas o híbrido BioZ-2365, objeto deste experimento, que constatou 75 a 158 sacas  $\text{ha}^{-1}$  (LIMA *et al.*, 2019) e 62 a 88 sacas  $\text{ha}^{-1}$  (EDWIGES *et al.*, 2017).

According to Favarato *et al.* (2016), the factors that lead corn to have higher yield are related to agronomic characteristics, such as plant height, First ear insertion height, ear length and diameter, and the number of ears per plant. The higher these values, the higher the result reached. For these authors, ear diameter is closely related to grain filling and the number of grain rows per ear, which is also influenced by the genotype.

The corn cultivation sown in this experiment did not reach yield values equivalent to the results indicated in the literature. It is believed that it is due to the high heterogeneity of the area since the results presented high deviations. In the standard method, the yield of up to 69 bags ha<sup>-1</sup> was achieved. The implantation of forest species can change the physical properties of the soil near the growing area; at these points, there will possibly be a reduction in productivity.

The hybrid cultivar has a high nutritional demand and is under competition within the species and among the species in the consortium; consequently, it does not have optimal water and nutrient resources. Based on this study, it is recommended a well-systematized planting area to reduce the high yield deviations

Overall, the results obtained are promising in the face of adverse planting conditions. Nonetheless, for future evaluations, the cultivation of native seeds or more rustic varieties of corn could also be considered a significant factor to improve productivity in agroforestry cultivation.

## CONCLUSIONS

The mechanized system proved to be most appropriate, probably due to the better systematization of the area for the corn cultivation, cv. BIO Z 2365;

The introduction of short-cycle crops might lead to an increase in income for small producers or act in reducing the costs of the implementation and maintenance in agroforestry systems.

Segundo Favarato *et al.* (2016), os fatores que levam o milho a ter maior produtividade estão relacionados com as características agronômicas, como: altura da planta, altura de inserção da primeira espiga, comprimento e diâmetro da espiga e número de espigas por planta. Quanto maiores são esses valores, mais alto é o resultado obtido. Para esses autores, o diâmetro de espiga está estreitamente relacionado ao enchimento de grãos e número de fileiras de grãos por espiga, o que também é influenciado pelo genótipo.

O cultivo de milho, implantado neste experimento, não alcançou valores de produtividade equivalentes aos resultados da literatura, em razão da elevada heterogeneidade da área, visto que os desvios foram muito altos. No método padrão, alcançou-se produtividade de até 69 sacas ha<sup>-1</sup>. Possivelmente, ao implantar as espécies florestais, há alteração das propriedades físicas do solo nas proximidades da área de crescimento, possivelmente nesses pontos a produtividade cai.

A cultivar, por ser um híbrido, tem elevada demanda nutricional, além de estar sob competição dentro da espécie e entre as espécies do consórcio, consequentemente não detém os recursos água e nutrientes em nível ótimo. É recomendado, com base nesse estudo, que a área de plantio seja bem sistematizada para reduzir os grandes desvios da produção.

Analisa-se, por fim, que os resultados obtidos são promissores diante das condições adversas de plantio. O cultivo de sementes crioulas ou de variedades mais rústicas de milho também poderia ser um fator de futuras avaliações, para melhoria da produtividade, em cultivo agroflorestal.

## CONCLUSÕES

O sistema mecanizado se mostrou melhor, possivelmente, em razão da melhor sistematização da área, para o cultivo do milho, cultivar BIO Z 2365;

A introdução de cultivos de ciclo curto pode significar acréscimo de renda para pequenos produtores, ou agir na redução de custos na implantação e manutenção de sistemas agroflorestais.

## ACKNOWLEDGMENTS

To the Program to Promote Course Completion Work - PROTCC, through Public Notice 10/2018 Proppit/UFOPA, for granting the financial aid that enabled the execution of this work;

To the Experimental Farm for the support and availability of an area for the research. The team from the Research Group Center for Studies in Management and Integrated Forest Systems - CEMI for their collaboration in data collection, analysis and discussion.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Fomento a Trabalhos de Conclusão de Curso - PROTCC, por meio do Edital 10/2018 Proppit/UFOPA, pela concessão do auxílio financeiro que possibilitou a execução deste trabalho;

À Fazenda Experimental pelo apoio e disponibilidade de área para a pesquisa. À equipe do Grupo de Pesquisa Centro de Estudos em Manejo e Sistemas Florestais Integrados - CEMI pela colaboração em coletas, análises e discussão dos dados.

## CITED SCIENTIFIC LITERATURE

ABDO, M. T. V. N.; MARTINS, A. L. M.; FINOTO, E. L.; FABRI, E. G.; PSSARRA, T.C. T.; BIERAS, A. C.; LOPES, M. C. Implantação de Sistema Agroflorestal com seringueira, urucum e acerola sob diferentes manejos. **Revista Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 1-16, 2012. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2012/julho-dezembro-2/1327-implantacao-de-sistema-agroflorestal-com-seringueira-urucum-e-acerola-sob-diferentes-manejos/file.html>

ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ARAUJO, M. M.; OLIVEIRA, F. de A.; VIEIRA, I. C. BARROS, P. L. C. de B.; LIMA, C. A. T. Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de florestas sucessionais na região do Baixo Rio Guamá, Amazônia Oriental. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 115-130, 2001. Disponível em: <https://repositorio.museu-goeldi.br/bitstream/mgoeldi/268/1/Scientia%20Forestalis%20n59%202001%20ARAUJO.pdf>

BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. Ed. Brasília: Embrapa, 2020. 419 p.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R.V.; MENDES, S. M. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. Embrapa Milho e Sorgo. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 45p. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/5203> Acesso em: 04 dez. 2019.

COSTA, D. M. C.; PAULETTO, D. Importância dos sistemas agroflorestais na composição de renda de agricultores familiares: estudo de caso no município de Belterra, Pará. **Nativa**, v. 9, n. 1, p. 92-99, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i1.9528>

EDWIGES, M.; DALLACORT, R.; MARCO, K.; SANTI, A.; FENNER, W. Produtividade e características agronômicas do milho em épocas de semeadura para segunda safra em Tangará da Serra, MT. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 26, p. 560-572, 2017. DOI: [https://doi.org/10.18677/EnciBio\\_2017B54](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2017B54)



EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DE MINAS GERAIS - EMATER. Regulamento do concurso estadual de produtividade de milho ano 2000/2001. Belo Horizonte, 2000. 11 p.

FABRINI, J. E.; LUZ, J. A. S.; DE LACERDA, C. L. A importância das culturas de milho e feijão para o desenvolvimento econômico de assentamentos de reforma agrária atendidos pelo projeto Lumiar-Paraná. **Revista NERA**, n. 3, p. 68-94, 2012. DOI: <https://doi.org/10.47946/rnera.v0i3.1585>

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L. GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, C. M.; GUARCONI, R. C.; BALBINO, M. S. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes aberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, v. 75, n. 4, p. 497-506, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.549>

FERREIRA, D. C.; DOS SANTOS POMPEU, G. D. S.; FONSECA, J. R.; DOS SANTOS, J. C. Sistemas agrofloretais comerciais em áreas de agricultores familiares no município de Altamira, Pará. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 3, p. 104-116, 2014. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/15493>

FRANCEZ, D. C.; ROSA, L. S. Viabilidade econômica de sistemas agrofloretais em áreas de agricultores familiares no Pará, Brasil. **Revista De Ciências Agrárias - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 54, n. 2, p. 178-187, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/107>

GUIMARÃES, G. P.; ANDRADE, K. C. D.; MENDONÇA, E. D. S. Erosão hídrica e compartimentos da matéria orgânica do solo em sistemas cafeeiros conservacionistas e convencionais. **Coffee Science**, v. 10, n. 3, p. 365-374, 2015. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/13513/1/ARTIGO\\_Eros%e3%a3o%20h%e3%addrica%20e%20compartimentos%20da%20mat%e3%a9ria%20org%e3%a2nica%20do%20solo%20em%20sistemas%20cafeeiros%20conservacionistas%20e%20convencionais.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/13513/1/ARTIGO_Eros%e3%a3o%20h%e3%addrica%20e%20compartimentos%20da%20mat%e3%a9ria%20org%e3%a2nica%20do%20solo%20em%20sistemas%20cafeeiros%20conservacionistas%20e%20convencionais.pdf)

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário. Resultados definitivos, 2017. Disponível em: [https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=15&tema=76510](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=15&tema=76510). Acessado em: 03 de abril de 2021.

LAURA, V. A.; ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. Sistemas agrofloretais: a agropecuária sustentável. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2015. 208 p.

LIMA, N. G. de; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; TEIXEIRA, I. R. Avaliação de cultivares de milho para consumo *in natura* em Jataí – GO. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 11, p. 1-7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2019.15963>

OLIVEIRA, R. H.; ROSELEM, C. A.; TRIGUEIRO, R. M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 439-445, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000300005>

OLIVEIRA, V. R.; SILVA, P. S. L.; PAIVA, H. N.; PONTES, F. S. T.; ANTÔNIO, R. P. Growth of arboreal leguminous plants and maize yield in agroforestry systems. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 679-688, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000400011>

PALUDO, R.; COSTABEBER, J. A. Sistemas agrofloretais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 63-76, 2012. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/10050>

PAULETTO, D.; SILVA, R. P.; CARVALHO, C. S. S.; LOPES, L. S. S. BALONEQUE, D. D.; SILVA, S. U. P. Custos de implantação de sistema agroflorestral experimental sob diferentes condições de manejo em Santarém, Pará. **Cadernos Agroecológicos**, v. 13, n. 1, p. 1-6, 2018. Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/143>



RAYOL, B. P.; ALVINO-RAYOL, F. O.; SILVA, A. A. Caracterização de Sistemas Agroflorestais manejados no município de Monte Alegre, Pará. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/13758>

REETZ, H. Here's how to estimate yields for corn and soybeans before harvest. **Better Crops with Plant Food**, v. 71, p. 18-19, 1987. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/bettercrops.E281C03BFD485257D2A0050394D/\\$FILE/BC-1987-1.pdf](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.E281C03BFD485257D2A0050394D/$FILE/BC-1987-1.pdf)

RIBEIRO, K. A. R.; PADOVAN, M. P.; FEIDEN, A. Avaliação da estrutura de solos sob sistemas agroflorestais biodiversos na região oeste do Paraná. **Revista GeoPantanal**, n. 26, p. 49-65, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1120355/1/Avaliacaoestruturassolo2019.pdf>

RODRIGUES, E. R.; JÚNIOR, L. C.; MOSCOGLIATO, A. V.; BELTRAME, T. P. O uso do sistema agroflorestal Taungya na restauração de reservas legais: indicadores econômicos. **Floresta**, v. 38, n. 3, p. 517-525, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v38i3.12420>

SILVA, G. R.; PAULETTO, D.; SILVA, A. R. Dinâmica sazonal de nutrientes e atributos físicos do solo em sistemas agroflorestais. **Revista De Ciências Agrárias - Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 63, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/3198>

SILVA, S. U. P.; PAULETTO, D.; MOTA, C. G.; NASCIMENTO, G. de C. S.; SANTOS, J. A. C.; RODE, R.; NOCE, R. Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais em Novo Progresso (PA). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 6, p. 28-36, 2018. DOI: [http://dx.doi.org/10.6008 /CBPC2179-6858.2018.006.0003](http://dx.doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.006.0003)