



## Agronomic performance of eight corn genotypes in two sowing periods

### *Desempenho agrônômico de genótipos de milho em duas épocas de semeadura*

Inocencio Junior de Oliveira<sup>1\*</sup>; José Roberto Antoniol Fontes<sup>1</sup>; Ronaldo Ribeiro de Moraes<sup>1</sup>

**Abstract:** Climatic factors of a region determine the critical periods of corn crop development and affect the sowing planning in order to reduce the negative effects on yield. This study aimed to evaluate the agronomic performance of eight corn genotypes and two sowing dates in the edaphoclimatic conditions of Manaus, Amazonas. Four experiments were carried out in the agricultural years 2016/2017 and 2017/2018, conducted in two sowing periods under harvest season and off-season conditions each year. The sown of the harvest season and off-season were made in October and March, respectively. The experiments were conducted in a randomized block design, with eight genotypes (four varieties - BR 106, BR 5011 Sertanejo, BRS 4103, and BRS Caimbé; and four hybrids - AG 1051, BRS 1055, BRS 3040, and BRS 3046), and four replicates evaluated in two sowing periods for each year. The data were submitted to individual variance analysis for each sowing period, joint for each year, and to the means comparison test. Corn cultivation at the Manaus region could be carried out both during the harvest season, sowing at the beginning of the rainy period (October), and in the off-season, with sowing near the end of the rainy period (March). Hybrids have higher yield potential than open-pollinated varieties for both grain and green ear cultivation, regardless of sowing, harvest, or off-season.

**Key words:** Hybrids. Harvest season corn. Off-season corn. Varieties. *Zea mays* L.

**Resumo:** Os fatores climáticos de uma região determinam os períodos críticos de desenvolvimento da cultura do milho e afetam o planejamento da semeadura de forma a reduzir os efeitos negativos sobre a produtividade. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho agrônômico de oito genótipos de milho e duas épocas de semeadura nas condições edafoclimáticas de Manaus, Amazonas. Foram realizados quatro experimentos nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, conduzidos em duas épocas de semeadura em condições de safra e safrinha em cada ano. As semeaduras das safras e das safrinhas foram realizadas, respectivamente, no mês de outubro e no mês de março. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com oito genótipos (quatro variedades - BR 106, BR 5011 Sertanejo, BRS 4103 e BRS Caimbé; e quatro híbridos - AG 1051, BRS 1055, BRS 3040 e BRS 3046) e quatro repetições, avaliados em duas épocas de semeadura para cada ano agrícola. Os dados foram submetidos à análise de variância individual para cada época de semeadura, conjunta para cada ano e ao teste de comparação de médias. O cultivo de milho na região de Manaus pode ser realizado tanto no período de safra, com semeadura no início do período chuvoso (outubro), quanto no período de safrinha, com semeadura próxima ao final do período chuvoso (março). Os híbridos possuem maior potencial produtivo do que as variedades de polinização aberta, tanto para o cultivo de milho em grãos quanto de milho em espiga verde, independente da época de semeadura, safra ou safrinha.

**Palavras-chave:** Híbridos. Safra. Safrinha. Variedades. *Zea mays* L.

\*Corresponding author

Submitted for publication on 25/11/2019, approved on 06/05/2020 and published on 04/06/2020

<sup>1</sup>Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, Km 29, Zona Rural, CEP 69010-970 Manaus, AM, Brasil. E-mails: [inocencio.oliveira@embrapa.br](mailto:inocencio.oliveira@embrapa.br); [jose.roberto@embrapa.br](mailto:jose.roberto@embrapa.br); [ronaldo.morais@embrapa.br](mailto:ronaldo.morais@embrapa.br).

## INTRODUCTION

Corn sowing at the appropriate period, associated with the choice of the adapted genotype for the growing region, is a procedure that does not affect costs, but ensures to achieve a good yield (UATE *et al.*, 2015). Corn is planted in regions whose precipitation varies from 300 to 5,000 mm annually, and the volume of water consumed by the crop during its cycle is approximately, 680 mm (BRITO *et al.*, 2013). In addition to precipitation, solar radiation and temperature are abiotic factors that influence significantly, as they act directly on physiological activities, interfering in dry matter and grains production (GALON *et al.*, 2010).

The effect of water shortage on grain yield directly influences three stages of plant development: a) floral initiation and inflorescence development: when the potential number of grains is determined; b) fertilization period: when the production potential is fixed; in this phase, the presence of water is important to prevent dehydration of the pollen grain and to ensure the development and penetration of the pollen tube; c) grain filling: when there is an increase in dry matter accumulation related to photosynthesis, the stress will result in less carbohydrate production, and consequently, less dry matter in the grains (BERGAMASCHI *et al.*, 2004).

Water deficit may reduce the corn cultivation cycle, especially in the reproductive phase, inducing a decreased productivity WAGNER *et al.*, 2013). According to Brito *et al.* (2013), it should be considered that the precipitation period in the region matches with the corn flowering and fruiting season; thus, during grain filling, water restriction should not occur.

Moreover, water stress occasioned by lack of water and elevated temperatures ( $> 35^{\circ}\text{C}$ ) in bolting may drastically reduce production. In the vegetative phase, corn culture rarely exceeds a water consumption of 3 mm per day, whereas, in the period from floral initiation to maturation, the consumption may reach 5 to 7 mm per day (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

The grain yield of corn is linearly dependent on the volume of available water, and the rainfall distribution is more important than the quantity. If there is no water restriction, the sowing date may influence the corn yield due to temperature variations and incident solar radiation; it also highlights the importance of rainfall distribution over the crop cycle (ALVES *et al.*, 2011).

## INTRODUÇÃO

A semeadura do milho na época adequada, associada à escolha do genótipo adaptado para a região de cultivo, é um procedimento que não afeta os custos, mas garante a obtenção de boas produtividades (UATE *et al.*, 2015). O milho é cultivado em regiões cuja precipitação varia de 300 a 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida pela cultura durante o seu ciclo pode atingir 680 mm (BRITO *et al.*, 2013). Além da precipitação, a radiação solar e temperatura são os fatores abióticos que mais influenciam, pois atuam diretamente nas atividades fisiológicas, interferindo na produção de matéria seca e de grãos (GALON *et al.*, 2010).

O efeito da falta de água na produção de grãos é particularmente importante em três estádios de desenvolvimento da planta: a) iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência, quando o número potencial de grãos é determinado; b) período de fertilização, quando o potencial de produção é fixado; nesta fase, a presença da água também é importante para evitar a desidratação do grão de pólen e garantir o desenvolvimento e a penetração do tubo polínico; c) enchimento de grãos, quando ocorre o aumento no acúmulo de matéria seca, relacionado à fotossíntese, desde que o estresse vai resultar na menor produção de carboidratos, o que implicaria menor volume de matéria seca nos grãos (BERGAMASCHI *et al.*, 2004).

O déficit hídrico pode reduzir o ciclo de cultivo do milho, especialmente na fase reprodutiva, causando redução na produtividade (WAGNER *et al.*, 2013). Segundo Brito *et al.* (2013), deve-se considerar que o período de precipitação na região coincida com a época de floração e frutificação do milho, assim, durante o enchimento de grãos, não deve haver restrição hídrica.

Estresse hídrico por falta de água e temperaturas elevadas ( $> 35^{\circ}\text{C}$ ) no pendoamento podem reduzir drasticamente a produção. Na fase vegetativa, a cultura do milho raramente excede um consumo de 3 mm por dia de água, já no período que vai da iniciação floral à maturação, o consumo pode atingir de 5 a 7 mm por dia (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O rendimento de grãos do milho é linearmente dependente do volume de água disponível, e a distribuição da precipitação é mais importante que a quantidade. Não havendo restrição hídrica, a data de semeadura pode influenciar a produtividade do milho basicamente devido a variações de temperatura e radiação solar incidente. Destaca-se, ainda, a importância da distribuição das chuvas ao longo do ciclo da cultura (ALVES *et al.*, 2011).

Several studies have shown that corn should be grown in Brazil at different sowing periods (SILVA *et al.*, 2010; UATE *et al.*, 2015; COSTA *et al.*, 2017), for the region, at the beginning of the rainy season, from September to November, known as harvest season, and at the end of the rainy period, in February and March, known as the off-season. However, for the state of Amazonas, there is little information on the effect of sowing times for corn cultivation.

In addition to environmental factors, the choice of cultivars is of great significance; the lack of information on the adaptation of cultivars to the environment leads to lower productivity. Therefore, the regional assessment of corn cultivars grown at different periods effectively contributes to increasing productivity (NASCIMENTO *et al.*, 2011). Thus, this study aimed to evaluate the agronomic performance of eight genotypes, four open-pollinated varieties, and four corn hybrids, cultivated in two sowing seasons, harvest season and off-season, in two agricultural years in the region of Manaus, Amazonas.

## MATERIAL AND METHODS

Four experiments were carried out in the agricultural years 2016/2017 and 2017/2018, carried out in two sowing periods under harvest season and off-season conditions in each year, at the experimental station of the Embrapa Amazonia Ocidental, in Manaus – AM, in a “*terra firme*” environment and rainfed regime (Latitude: 2°53’38.95 “S and Longitude: 59°59’20.16” W), in dystrophic Yellow Latosol, alagic, very clayey (SANTOS *et al.*, 2013). The climate of the region is classified as Af. Climatic data of precipitation, sunshine, and temperatures that occurred during the conduction of the experiments, presented in Figures 1 and 2, were obtained at the Agrometeorology Laboratory of Embrapa Amazônia Ocidental.

The experiments were conducted in a randomized block design, with four replications. The effects of eight genotypes (four open-pollinated varieties - BR 106, BR 5011 Sertanejo, BRS 4103, and BRS Caimbé; and four hybrids - AG 1051, BRS 1055, BRS 3040, and BRS 3046), were tested in two sowing dates for each agricultural year.

The experimental plots consisted of six 10 m lines, spaced 0.80 m apart (the usable area was composed of four central lines, totaling 32 m<sup>2</sup>). The sowing was carried out with six seeds per meter, leaving four plants after thinning, which occurred 20 days after planting, with a density of 50,000 plants per hectare. The experiments were analyzed by agricultural year.

Vários trabalhos demonstraram que o milho pode ser cultivado no Brasil em diferentes épocas de semeadura (SILVA *et al.*, 2010; UATE *et al.*, 2015; COSTA *et al.*, 2017), como no início do período chuvoso para a região, de setembro a novembro, conhecido como safra e, no final do período chuvoso para a região, nos meses de fevereiro e março, conhecido como safrinha. Entretanto, para o estado do Amazonas tem-se poucas informações sobre o efeito das épocas de semeadura para o cultivo de milho.

Além dos fatores ambientais, é importante a escolha das cultivares; a falta de informações sobre a adaptação de cultivares ao ambiente leva à menor produtividade, portanto, a avaliação regional de cultivares de milho cultivados em diferentes épocas contribui efetivamente para o aumento da produtividade (NASCIMENTO *et al.*, 2011). Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho agrônômico de oito genótipos, quatro variedades de polinização aberta e quatro híbridos de milho, cultivados em duas épocas de semeadura, safra e safrinha, em dois anos agrícolas na região de Manaus, Amazonas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos quatro experimentos, nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, conduzidos em duas épocas de semeadura em condições de safra e safrinha em cada ano, na estação experimental da Embrapa Amazônia Ocidental em Manaus – AM, em ambiente de terra firme e regime de sequeiro (Latitude: 2°53’38.95”S e Longitude: 59°59’20.16”W), em Latossolo Amarelo, distrófico, álico, muito argiloso (SANTOS *et al.*, 2013). O clima local é do tipo Af; e os dados climáticos de precipitação, brilho solar e temperaturas ocorridos durante a condução dos experimentos estão apresentados nas Figuras 1 e 2, foram obtidos no Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Amazônia Ocidental.

Adotou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em oito genótipos, sendo: quatro variedades de polinização aberta - BR 106, BR 5011 Sertanejo, BRS 4103 e BRS Caimbé; e quatro híbridos - AG 1051, BRS 1055, BRS 3040 e BRS 3046) avaliados em duas épocas de semeadura para cada ano agrícola.

As parcelas experimentais foram constituídas por seis linhas de 10 m, espaçadas de 0,80 m (sendo a área útil composta por quatro linhas centrais, totalizando 32 m<sup>2</sup>), com semeadura de seis sementes por metro, deixando-se quatro plantas após desbaste realizado aos 20 dias após plantio, para se ter uma densidade de 50.000 plantas por hectare. Os experimentos foram analisados por ano agrícolas.

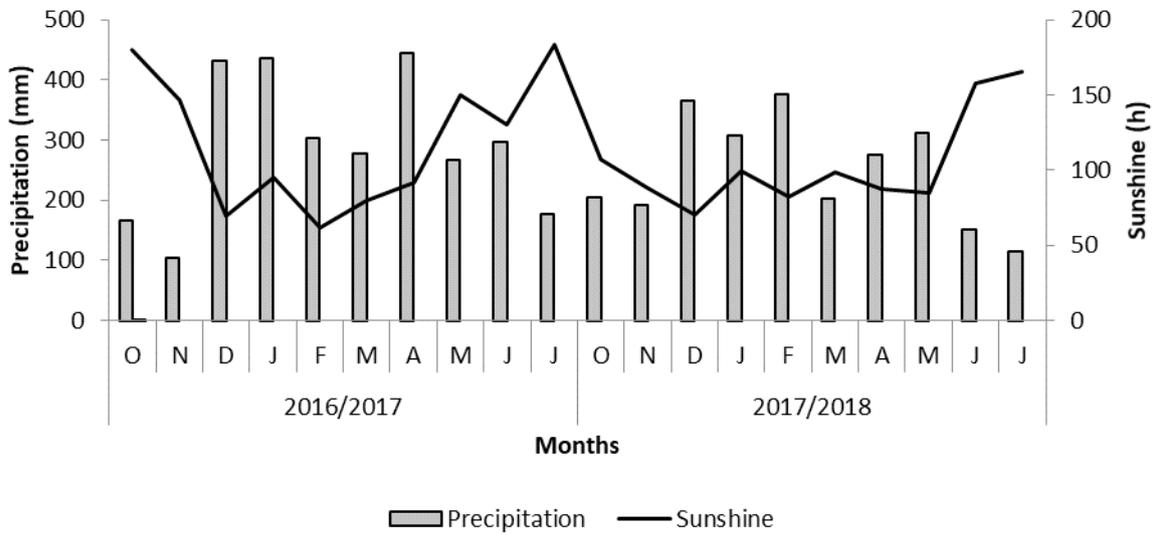


Figure 1 - Precipitation (mm) and sunshine (h) during the period of the experiments in the agricultural years 2016/2017 and 2017/2018 in Manaus, Amazonas.

Figura 1 - Precipitação (mm) e brilho solar (h) durante as épocas de condução dos experimentos nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018 em Manaus, Amazonas.

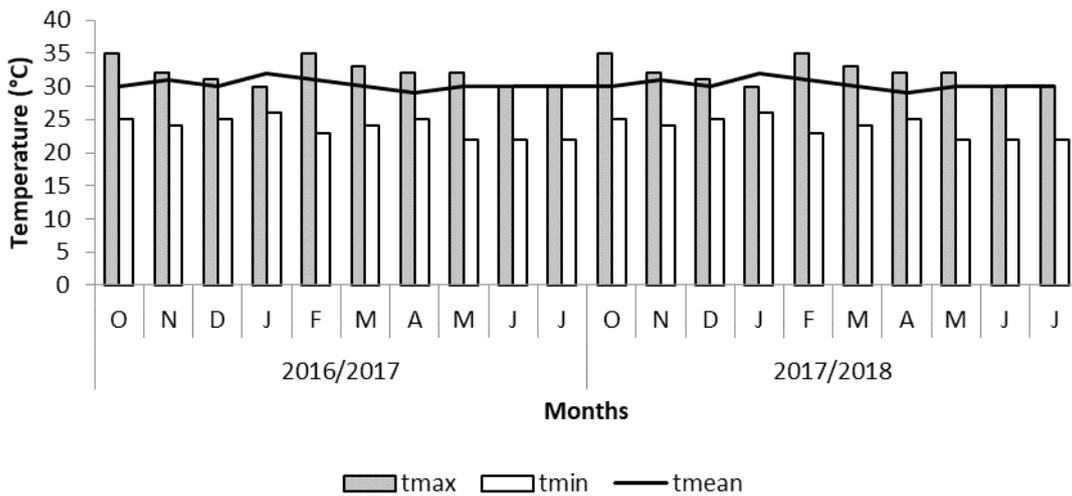


Figure 2 - Maximum (tmax), minimum (tmin) and mean (Tmean) temperatures (°C) during the period of the experiments in the agricultural years 2016/2017 and 2017/2018 in Manaus, Amazonas.

Figura 2 - Temperaturas máxima (tmax), mínima (tmin) e média (tmédia) (°C) durante as épocas de condução dos experimentos nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018 em Manaus, Amazonas.

Sowing was carried out, in all experiments, into a no-tillage system with desiccation of millet through the application of the glyphosate herbicide (900 g of i. a. ha<sup>-1</sup>), and direct sowing without preparation of the area. It is necessary to mention that the area had been under a no-tillage system for five years, a period in which crops were rotated with corn, cowpea, and millet for straw. Four months before the first sowing, soil samples were collected for chemical analysis, and also, for the recommendation of compost and fertilizers. The results of the soil analysis are shown in Table 1.

Em todos os experimentos, a semeadura foi realizada em sistema plantio direto com dessecação do milheto por meio da aplicação do herbicida glifosato (900 g de i. a. ha<sup>-1</sup>) e semeadura direta sem preparo de área. A área estava em sistema plantio direto há cinco anos, período em que se fez a rotação de culturas com milho, feijão-caupi e milheto para palhada. Quatro meses antes da primeira semeadura foram coletadas amostras de solo para análise química e para recomendação de adubos e fertilizantes, cujos resultados da análise de solo estão na Tabela 1.

**Table 1** - Summary of soil analysis, collected in June 2016, in the 0-10 cm depth layer, for prescription of fertilizer dose for sowing in the 2016/2017 and 2017/2018 harvest season, in Manaus, Amazonas

**Tabela 1** - Resumo da análise de solo, coletado em Junho de 2016, na camada de 0 a 10 cm de profundidade, para prescrição da dose de adubos para a semeadura das safras 2016/2017 e 2017/2018 em Manaus, Amazonas

pH	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Al	T	V	Zn
H <sub>2</sub> O	g kg <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	mg dm <sup>-3</sup>
6.08	46.02	3.26	86	80	2.85	1.13	-	8.65	48.91	15.20

Sowing and cover fertilization were done based on soil analysis and following the recommendations of Vitti and Barros Júnior (2001). In seeding fertilization, 400 kg ha<sup>-1</sup> of 05-30-15 formula was applied to reach the levels of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and K<sub>2</sub>O of 20, 120, and 60 kg ha<sup>-1</sup>, respectively, in addition to 2 kg ha<sup>-1</sup> of Zn. Weed control was performed by applying nicosulfuron herbicide (50 g of i. a. ha<sup>-1</sup>) 25 days after emergence (DAE) of corn.

The fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) control was carried out with an application of the insecticide deltamethrin (5 g of i. a. ha<sup>-1</sup>), at forty DAE, when 15% of the plants had leaves scraped by the fall armyworm. Also, covering fertilization was conducted applying 100 kg ha<sup>-1</sup> of N in the form of urea; half of the dose was applied when the corn had four developed leaves (V4), and the other 50%, with seven developed leaves (V7) (VITTI; BARROS JÚNIOR, 2001).

As adubações de semeadura e de cobertura foram realizadas baseadas na análise de solo e seguindo as recomendações de Vitti e Barros Júnior (2001). Na adubação de semeadura foram aplicados 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 05-30-15 para atingir os níveis de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, além de 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio da aplicação de herbicida nicosulfuron (50 g de i. a. ha<sup>-1</sup>) aos 25 dias após a emergência (DAE) do milho.

O controle da lagarta-do-cartucho foi realizado com uma aplicação de inseticida deltametrina (5 g de i. a. ha<sup>-1</sup>), aos quarenta DAE, quando 15% das plantas apresentavam folhas raspadas pela lagarta. Foi realizada a adubação de cobertura com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, sendo a metade da dose quando o milho estava com quatro folhas desenvolvidas (V4) e a outra metade com sete folhas desenvolvidas (V7) (VITTI; BARROS JÚNIOR, 2001).

When 50% of the ears of the plant achieved the milky grain stage, the following variables were assessed: plants height (PH), ten plants of the four central lines of the plot in the milky grain stage were measured, with a measuring tape, graduated in centimeters; number of green ears (NGE) and transformed to the number of ears per hectare; length of ears without straw (LEWS), determined in 10 ears, collected randomly in the two central lines of the plot, using a millimeter-graded ruler; diameter of ears without straw (DEWS), determined in the average portion of 10 ears, collected randomly in the two central lines of the plot, using a digital caliper; and green ears yield with straw (GEY) and transformed to  $\text{kg ha}^{-1}$ , harvested in the two central lines of the plot.

Furthermore, when the ears of the plants of the other two central lines of the plot reached physiological maturity, manual harvesting of the ears was made. Presenting approximately 20% humidity they were placed to dry in a continuous airflow dryer, to determine grain yield (GY), and then, transformed in  $\text{kg ha}^{-1}$ , and corrected to 13% humidity.

The results obtained were, first, submitted to individual variance analysis, to determine the homogeneity of the variances of the experimental errors between the sowing periods. After reaching this assumption of homogeneity, the relationship among the largest and the smallest mean square of the residue of the individual variance analyzes of the variables inferior to seven (GOMES, 1991); then, the joint variance analysis of the experiments was performed. The means of the variables were compared using the Tukey test at 5% probability. The statistical analysis was executed using the “agricolae” package of the R program, version 3.5.1 (DE MENDIBURU; SIMON, 2015).

## RESULTS AND DISCUSSIONS

It is possible to see in Table 2 that the ratios obtained by the relationship among the mean squares (MS) of the residues of the individual analysis at the sowing period in the harvest season and off-season in the agricultural years 2016/2017 and 2017/2018 were inferior to four in all variables assessed. Thus, indicating that the residual variances were homogeneous, allowing the joint analysis of the experiments, according to Gomes (1991).

Quando 50% das espigas das plantas atingiram o estágio de grãos leitosos foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta (AP), medida em 10 plantas das quatro linhas centrais da parcela no estágio de grãos leitosos, com a utilização de trena graduada em centímetros; número de espigas verdes (NEV) e transformada para número de espigas por hectare; comprimento de espigas despalhadas (CESP), determinado em 10 espigas tomadas ao acaso nas duas linhas centrais da parcela, com a utilização de régua graduada em milímetros; diâmetro de espigas despalhadas (DESP), determinado na porção média de 10 espigas, tomadas ao acaso nas duas linhas centrais da parcela, mediante utilização de um paquímetro digital e produtividade de espigas verdes empalhadas (PEVE) e transformado para  $\text{kg ha}^{-1}$ , colhidas nas duas linhas centrais da parcela.

Quando as espigas das plantas das outras duas linhas centrais da parcela atingiram a maturidade fisiológica foi realizada a colheita manual das espigas, com aproximadamente 20% de umidade, e levadas para secar em secador de fluxo contínuo de ar, para determinar a produtividade de grãos (PG), transformada em  $\text{kg ha}^{-1}$  e corrigida para 13% de umidade.

Os resultados obtidos foram, primeiramente, submetidos à análise de variância individual, para determinação da homogeneidade das variâncias dos erros experimentais entre as épocas de semeadura. Atendido o pressuposto de homogeneidade de variâncias dos erros experimentais, relação entre o maior e o menor quadrado médios do resíduo das análises de variância individuais das variáveis inferiores a sete (GOMES, 1991), foi procedida a análise de variância conjunta dos experimentos. As médias das variáveis foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando o pacote “agricolae” do programa R, versão 3.5.1 (DE MENDIBURU; SIMON, 2015).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2, verifica-se que as razões obtidas pela relação entre os quadrados médios dos resíduos das análises individuais das épocas de semeadura safra e safrinha nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018 foram inferiores a quatro em todas as variáveis avaliadas nos dois anos agrícolas, o que indica que as variâncias residuais foram homogêneas, permitindo a realização da análise conjunta dos experimentos, segundo Gomes (1991).

**Table 2** - The ratio among the mean squares (MS) of the residues of the individual analyzes of the sowing period in the harvest season and off-season, in the agricultural years 2016/2017 and 2017/2018, in Manaus, Amazonas

**Tabela 2** - Razão entre os quadrados médios dos resíduos das análises individuais das épocas de semeadura safra e safrinha nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018 em Manaus, Amazonas

Agricultural Year	Ratio among MS residue of the harvest season and off-season season from individual analyzes					
	PH	NGE	LEWS	DEWS	GEY	GY
2016/2017	1.17	1.30	1.46	1.18	1.55	3.86
2017/2018	3.51	1.13	1.28	1.21	2.26	1.20

Table 3 presents the joint analysis of variance for the evaluated variables of eight corn genotypes cultivated in two sowing periods of the agricultural years 2016/2017 and 2017/2018. Moreover, the experiments provided good experimental precision with coefficients of variation (CV) ranging from 4.6 to 9.6%. Sowing period did not influence ( $p > 0,05$ ) the evaluated variables (Table 3), presenting the possibility of growing corn grains and green corn in Amazonas at the harvest season and off-season season, with sowing in October and March, respectively.

For corn cultivation, 680 mm of precipitation (BRITO *et al.*, 2013) is needed, and maximum temperature not exceeding 35 °C (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). According to Bergamaschi *et al.* (2004), corn production cycle requires 650 mm of precipitation, and in the grain filling phase, the crop requires approximately 300 mm of water. In Figures 1 and 2, it is noted that the climatic conditions were favorable for the corn cultivation in both seasons, harvest season and off-season, in the two years of evaluation.

According to Fancelli and Dourado Neto (2000), in corn cultivation, the highest demands on water are concentrated in the emergence, flowering, and grain formation phase. Moreover, these authors claim that the occurrence of water stress and elevated temperatures over 35 °C in bolting and grain formation may drastically reduce production.

The maximum temperature obtained in the sowing periods varied from 28.4 to 33.1 °C, and the minimum temperature from 21.6 to 23.5 °C (Figures 1 and 2). Silva *et al.* (2010), also found that the most critical phases of corn plants, concerning water requirements, are concentrated on emergence, flowering, and grain filling. As stated by these authors, periods of water shortages of one week, in the bolting phase, may reduce grain production by up to 50%, whereas under the same conditions, water deficiency after the beginning of grain formation may cause losses between 25 and 37%. However, in the present study, there was no water deficit, regardless of the year and period of sowing.

A Tabela 3 apresenta a análise de variância conjunta para as variáveis avaliadas de oito genótipos de milho cultivados em duas épocas de semeadura dos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018; e os experimentos apresentaram boa precisão experimental com coeficientes de variação variando de 4,6 a 9,6%. A época de semeadura não influenciou ( $p > 0,05$ ) as variáveis avaliadas (Tabela 3), evidenciando a possibilidade do cultivo de milho em grãos e milho-verde no Amazonas na época da safra, com semeadura no mês de outubro e, na época da safrinha, com semeadura no mês de março.

Para o cultivo de milho, são necessários 680 mm de precipitação (BRITO *et al.*, 2013) e temperatura máxima não superior a 35 °C (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Segundo Bergamaschi *et al.* (2004), o ciclo de produção de milho demanda 650 mm de precipitação e, na fase de enchimento de grãos, a cultura requer 300 mm de água, aproximadamente. Nas Figuras 1 e 2, observa-se que as condições climáticas foram favoráveis para o cultivo de milho tanto em safra quanto em safrinha nos dois anos de avaliação.

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), no cultivo de milho, as maiores exigências em água concentram-se na fase de emergência, florescimento e formação do grão, e a ocorrência de estresse hídrico e temperaturas elevadas acima de 35 °C no pendoamento e formação do grão podem reduzir drasticamente a produção.

Observa-se nas Figuras 1 e 2 que a temperatura máxima alcançada nas épocas de semeadura variou de 28,4 a 33,1 °C, e a temperatura mínima de 21,6 a 23,5 °C. Silva *et al.* (2010) também verificaram que as fases mais críticas das plantas de milho, com relação à exigência hídrica, concentram-se na emergência, no florescimento e no enchimento dos grãos. De acordo com esses autores, períodos de deficiência hídrica de uma semana, na fase de pendoamento, podem reduzir a produção de grãos em até 50%, ao passo que, sob as mesmas condições, a deficiência hídrica após o início da formação de grãos pode acarretar perdas entre 25 e 37%, enquanto que neste trabalho não se verificou déficit hídrico, independentemente do ano e época de semeadura.

**Table 3** - Joint analysis of variance for plants height (PH), number of green ears (NGE), length of ears without straw (LEWS), diameter of ears without straw (DEWS), green ears yield with straw (GEY) e grain yield (GY), of eight corn genotypes grown in two sowing periods of the agricultural years of 2016/2017 and 2017/2018 in Manaus, Amazonas

**Tabela 3** - Análise de variância conjunta para altura de plantas (AP), número de espigas verdes (NEV), comprimento de espigas sem palha (CESP), diâmetro de espigas sem palha (DESP), produtividade de espigas verdes empalhadas (PEVE) e produtividade de grãos (PG), de oito genótipos de milho cultivados em duas épocas de semeadura dos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018 em Manaus, Amazonas

Agricultural Year 2016/2017							
VS	DF	Mean squared					
		PH	NGE	LEWS	DEWS	GEY	GY
Block/Period	6	141.5	8505089	0.63	0.016	321863.3	238785.7
Periods (P)	1	144.0	8858436	0.85	0.124	263.8	104399.1
Genotypes (G)	7	1042.8**	29208851**	9.98**	0.138**	11878158.6**	11156238.6**
P x G	7	236.4**	2367978	0.92	0.005	404335.0**	140835.0
Residue	42	43.4	2186204	0.50	0.028	118160.0	320918.8
CV (%)		5.2	6.4	5.9	5.8	4.7	9.6
Mean		204.0	47630	18.41	4.31	12747.4	5708.9
Agricultural Year 2017/2018							
VS	DF	Mean squared					
		PH	NGE	LEWS	DEWS	GEY	PG
Block/Period	6	27.32	578920	0.38	0.018	522294	65541.4
Periods (P)	1	149.91	430.6	1.11	0.003	1448660	81600.7
Genotypes (G)	7	587.13**	18193065**	4.76**	0.341**	12979436**	4604063.2**
P x G	7	83.73	713401	0.57	0.104**	509898	70844.2
Residue	42	55.44	1410018	0.46	0.028	519106	54320.1
CV (%)		4.6	5.4	5.1	6.7	6.5	8.1
Mean		203.2	47238	18.72	4.48	12965.3	5651.7

\*\* significant at 1% probability by the F test, respectively.

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

In this study, the rainfall recorded in all sowing periods was superior to 680 mm, necessary for the adequate development of the crop, as verified by Bergamaschi *et al.* (2004). In the 2016/2017 harvest season, 1,204.0 mm was recorded, and in the 2017 off-season, it was 1,235.7 mm. While in the 2017/2018 harvest season, it was 1,155.8 mm and 896.7 mm in the 2018 off-season (Figure 1).

Neste trabalho, as precipitações pluviométricas registradas em todas as épocas de semeadura foram acima de 680 mm, necessárias para o pleno desenvolvimento da cultura, conforme constatado por Bergamaschi *et al.* (2004). Na safra de 2016/2017 foi registrado 1.204,0 mm e na safrinha/2017 foi de 1.235,7 mm. Já na safra de 2017/2018 foi de 1.155,8 mm e de 896,7 mm na safrinha/2018 (Figura 1).

According to climatic data from the historical series (1976 to 2010), collected by the Embrapa Amazônia Western Agrometeorology Laboratory, the maximum annual temperature averaged 31.6 °C, varying from 30.6 °C in February to 33,1 °C in September. Also, the historical series data show an average rainfall of 934.1 mm in the harvest season and 1,000.5 mm in the off-season. Therefore, climatic conditions during the conduct of the experiments, especially in the flowering and grain filling, did not limit the corn plant production and development, as there was no water restriction and influence of temperature on the cultivation of corn in all evaluated seasons.

When there is a reduction in water availability, the plant tends to reduce the transpiratory flow and carry out osmotic adjustment mechanisms to ensure the absorption of water and keep the cells turgid (TAIZ; ZEIGER, 2009). It is worth mentioning that this process depends on energy consumption that may compromise production. The corn plant responds to the interaction between all climatic elements, though, the most significant are precipitation, solar radiation, and temperature since they act directly on physiological activities interfering in the production of dry matter and grains (GALON *et al.*, 2010).

Corn planting has been carried out at another period, a second crop, also known as off-season. However, in that period, in the South and Southeast regions, the corn performance is not satisfactory due to water deficit and unfavorable temperatures (NASCIMENTO *et al.*, 2011). Besides, the low yield is reached due to the smaller development of the plant, caused by low air temperatures and incident solar radiation, which affect the formation and expression of yield components and, consequently, grain yield; it must be mentioned that such environmental factors do not apply to the North and Northeast regions (NASCIMENTO *et al.*, 2011), and as verified in this present study, there are no significant climatic differences between the sowing and harvest seasons in Manaus, Amazonas.

In a study conducted by Costa *et al.* (2017), who evaluated the corn cultivation, off-season in the Tocantins, which occurs at the end of the rainy season (February and March), noticed that the delay in the sowing season drastically reduced the yield of the off-season corn, due to the intense water restriction after the flowering phase. Differently from what was observed in this present study, given there was no water restriction for the cultivation of corn in the two years and times of evaluation.

Segundo dados climáticos da série histórica (1976 a 2010), coletados pelo Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Amazônia Ocidental, a temperatura máxima anual teve média de 31,6 °C, variando de 30,6 °C no mês de fevereiro a 33,1 °C no mês de setembro, e os dados da série histórica também mostram precipitação pluvial média de 934,1 mm no período de safra e 1.000,5 mm na safrinha. Portanto, as condições climáticas durante a condução dos experimentos, especialmente nas fases de florescimento e enchimento de grãos, não limitaram a produção e o desenvolvimento das plantas de milho, pois não houve restrição hídrica e influência da temperatura no cultivo de milho em todas as épocas avaliadas.

Quando há redução na disponibilidade hídrica, a planta tende a reduzir o fluxo transpiratório e realizar mecanismos de ajustamento osmótico, de modo a garantir a absorção de água e manter as células túrgidas (TAIZ; ZEIGER, 2009), ressaltando que tal processo depende de gastos de energia que pode comprometer a produção. A planta de milho responde à interação entre todos os elementos climáticos, sendo que precipitação, radiação solar e temperatura são os que mais influenciam, pois atuam diretamente nas atividades fisiológicas interferindo na produção de matéria seca e de grãos (GALON *et al.*, 2010).

O plantio do milho tem sido realizado em outra época como segunda cultura, denominada “safrinha”, entretanto nessa época, nas regiões Sul e Sudeste, o desempenho do milho não é satisfatório devido ao déficit hídrico e temperaturas desfavoráveis (NASCIMENTO *et al.*, 2011). Baixa produtividade é obtida em razão do menor desenvolvimento da planta, causada pelas baixas temperaturas do ar e radiação solar incidente, que afetam a formação e a expressão dos componentes do rendimento e, conseqüentemente, o rendimento de grãos; devendo ressaltar que tais fatores ambientais não se aplicam às regiões Norte e Nordeste (NASCIMENTO *et al.*, 2011) e, conforme verificado nesse trabalho, não há diferenças climáticas expressivas entre as épocas de semeadura safra e safrinha em Manaus, Amazonas.

No cultivo do milho, safrinha em Tocantins, que ocorre no final do período chuvoso (meses de fevereiro e março), Costa *et al.* (2017) observaram que o atraso na época de semeadura reduziu drasticamente a produtividade do milho safrinha, por causa da intensa restrição hídrica após a fase de florescimento. Diferentemente do que foi observado nesse trabalho em que não houve restrição hídrica para o cultivo de milho nos dois anos e épocas de avaliação.

According to Andrade *et al.* (1999), the lower water and nutrient availability may result in reductions in plant development, photoassimilates accumulation, and also in grain production. It occurs because the pattern in plant development and the photoassimilates accumulation suffer changes between sowing periods and management levels.

Corn genotypes influenced all variables assessed ( $p < 0,01$ ) in all experiments, regardless of the sowing period (Table 3). Table 4 shows a comparison of means by the Tukey test at 5% probability of corn genotypes for the variables evaluated, considering the mean of sowing periods of the harvest season and off-season in the two agricultural years.

Segundo Andrade *et al.* (1999), a menor disponibilidade hídrica e de nutrientes pode resultar em menor desenvolvimento da planta, menor acúmulo de fotoassimilados e menor produção de grãos, isto porque o padrão de desenvolvimento da planta e o acúmulo de fotoassimilados são alterados entre as épocas de semeadura e níveis de manejo.

Os genótipos de milho influenciaram todas as variáveis avaliadas ( $p < 0,01$ ) em todos os experimentos, independente da época de semeadura (Tabela 3). A Tabela 4 apresenta a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade dos genótipos de milho para as variáveis avaliadas considerando a média das épocas de semeadura safra e safrinha nos dois anos agrícolas.

**Table 4** - Effect of corn genotypes, grown in two sowing periods, on growth and production variables. Manaus, Amazonas

**Tabela 4** - Efeito dos genótipos de milho, cultivados em duas épocas de semeadura, nas variáveis de crescimento e de produção. Manaus, Amazonas

Genotypes	Agricultural Year 2016/2017				
	NGE	LEWS (cm)	DEWS (cm)	GY (kg ha <sup>-1</sup> )	
AG 1051	49570 a	19.89 a	4.42 ab	7382.8 a	
BRS 1055	49253 ab	19.47 a	4.29 abc	6708.7 ab	
BRS 3040	47560 abc	19.21 ab	4.34 abc	5877.5 bc	
BRS 3046	49423 a	18.86 ab	4.51 a	6819.3 a	
BR 106	43789 d	16.88 d	4.07 c	3986.5 e	
BR 5011	46958 bc	17.54 cd	4.32 abc	5182.4 cd	
BRS 4103	47706 abc	17.21 cd	4.20 bc	4896.4 d	
BRS Caimbé	46758 c	18.26 bc	4.33 abc	4817.3 de	
Genotypes	Agricultural Year 2017/2018				
	PH (cm)	NGE	DEWS (cm)	GEY (kg ha <sup>-1</sup> )	GY (kg ha <sup>-1</sup> )
AG 1051	215.9 a	49106 a	19.63 a	14909.8 a	6544.3 a
BRS 1055	208.2 ab	48258 ab	19.36 ab	13549.0 bc	6271.3 ab
BRS 3040	197.6 bcd	48094 abc	19.07 ab	12978.5 c	5956.2 b
BRS 3046	189.7 d	48500 ab	18.89 ab	14354.1 ab	6455.6 a
BR 106	208.5 ab	44641 e	17.08 c	11149.9 e	4459.6 d
BR 5011	208.1 ab	46399 cde	18.66 ab	12623.1 cd	5104.8 c
BRS 4103	195.4 cd	46891 bcd	18.46 b	11677.4 de	5211.2 c
BRS Caimbé	202.7 bc	46016 de	18.59 ab	12480.7 cd	5210.5 c

PH - Plants Height; NGE - Number of green ears; LEWS - Length of ears without straw; DEWS - diameter of ears without straw; GEY - Green ears yield with straw (GEY); GY - Grain yield (GY). Means followed by the same letter do not differ by Tukey's test at 5% probability.

AP - Altura de plantas; NEV - Número de espigas verdes; CESP - Comprimento de espigas sem palha; DESP - diâmetro de espigas sem palha; PEVE - produtividade de espigas verdes empalhadas (PEVE); PG - produtividade de grãos (PG). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

The variables PH and GEY in the agricultural year 2016/2017, and for DEWS in 2017/2018 were affected by the interaction among the study factors ( $p < 0,01$ ) (Table 3). Moreover, in Table 5 is presented a comparison of means of the interactions for these variables.

Overall, hybrids obtained better performance concerning the grain-pollinated varieties when presenting higher averages of NGE, LEWS, DEWS, GEY, and GY in all periods and years evaluated (Tables 4 and 5). This fact corroborates with Oliveira *et al.* (2017) and shows that hybrids have a higher genetic yield potential than varieties. According to Hallauer *et al.* (2010), hybrids might be synthesized by crossing homozygous lines with complementary gene pools, allowing greater exploration of heterosis (hybrid vigor).

Concerning PH, the hybrids BRS 3040 and BRS 3046 had the lowest means (Table 4) since the more recently launched hybrids tend to have smaller heights and more erect leaves to promote better light interception and improve photosynthetic efficiency. Thus, it also explains the difference between genotypes, in the two sowing periods in 2016/2017, for plant height, when there was higher sunlight in the growing period on off-season of 2017 (Figure 1), and provided plant growth of open-pollinated varieties in that period. Unlike, hybrids have more erect leaves and greater photosynthetic efficiency. According to Strieder *et al.* (2008), the photosynthetically active radiation intercepted depends on the spacing, phenological stage, planting density, leaf architecture, and management system.

As variáveis AP e PEVE no ano agrícola 2016/2017 e para DESP no ano agrícola 2017/2018 foram afetadas pela interação entre os fatores estudados ( $p < 0,01$ ) (Tabela 3) e a comparação de médias dessa interação para essas variáveis são apresentadas na Tabela 5.

De maneira geral, os híbridos obtiveram melhor desempenho em relação às variedades de polinização aberta ao apresentarem maiores médias de NEV, CESP, DESP, PEVE e PG em todas as épocas e anos avaliados (Tabelas 4 e 5). Esse fato corrobora com Oliveira *et al.* (2017) e evidencia que os híbridos apresentam maior potencial genético produtivo do que as variedades. Segundo Hallauer *et al.* (2010), os híbridos podem ser sintetizados cruzando linhas homocigotas com *pools* genéticos complementares, permitindo melhor exploração da heterose e vigor híbrido.

Para a AP, os híbridos BRS 3040 e BRS 3046 apresentaram as menores médias (Tabela 4), pois os híbridos lançados mais recentes tendem a ter menores alturas e folhas mais eretas para promover melhor interceptação da luz e aumentar a eficiência fotossintética. Isso também explica a diferença entre genótipos, nas duas épocas de semeadura em 2016/2017, para altura de plantas, em que ocorreu maior brilho solar no período de cultivo da safrinha 2017 (Figura 1) e proporcionou maior crescimento de plantas das variedades de polinização aberta nessa época, diferentemente dos híbridos que apresentam folhas mais eretas e maior eficiência fotossintética. De acordo com Strieder *et al.* (2008), a radiação fotossinteticamente ativa interceptada depende do espaçamento, estágio fenológico, densidade de plantio, arquitetura foliar e sistema de manejo.

**Table 5** - Effect of corn genotypes and sowing dates on growth and production variables, in two agricultural years. Manaus, Amazonas

**Tabela 5** - Efeito dos genótipos de milho e épocas de semeadura nas variáveis de crescimento e de produção, em dois anos agrícolas. Manaus, Amazonas

Genotypes	PH (cm)		GEY (kg ha <sup>-1</sup> )		DEWS (cm)	
	2016/2017		2016/2017		2017/2018	
	Harvest season	Off-season	Harvest season	Off-season	Harvest season	Off-season
AG 1051	218.6 aA	210 abcA	14535.1 aA	14411.0 aA	4.55 abA	4.60 abA
BRS 1055	208.7 abA	206.5 bcA	13781.3 aA	13334.5 bA	4.51 abA	4.51 abcA
BRS 3040	195.2 bcA	189.1 dA	12465.4 bA	12534.5 cA	4.78 aA	4.29 bcB
BRS 3046	192.0 cA	181.0 dB	14531.3 aA	13912.4 abB	4.74 aA	4.68 aA
BR 106	212.7 aB	224.9 aA	10717.0 cB	11440.8 dA	3.94 cA	4.14 cA
BR 5011	206.2 abcB	219.9 abA	12135.5 bA	12367.2 cA	4.52 abA	4.75 aA
BRS 4103	191.9 cB	204.3 cA	11734.4 bA	11504.8 dA	4.28 bcA	4.43 abcA
BRS Caimbé	194.5 bcB	207.8 bcA	12063.0 bA	12490.2 cA	4.50 abA	4.52 abA

PH - Plants Height (PH); GEY - Green ears yield with straw (GEY); DEWS - diameter of ears without straw (DEWS). Means followed by the same lowercase letter, in the column, and uppercase, in the line, do not differ by Tukey's test at 5% probability.

AP - altura de plantas (AP); PEVE - produtividade de espigas verdes empalhadas (PEVE); DESP - diâmetro de espigas sem palha (DESP). Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

About NGE, the cultivars that highlighted in the two agricultural years, regardless of sowing periods, were hybrids AG 1051, BRS 1055, and BRS 3046, with averages in 2016/2017 and 2017/2018, above 48 and 49 thousand ears ha<sup>-1</sup>, respectively (Table 4). According to Hallauer *et al.* (2010), hybrids are more homogeneous and uniform than open-pollinated varieties and, therefore, have greater prolificacy, that is, a greater number of ears per plant.

Storck *et al.* (2009) evaluated the behavior of different corn hybrids under two environmental conditions. The number of plants installed in the two tests was the same. They observed that there was a higher number of ears per plant (ear index) in the agricultural year without water restriction compared to a water deficiency year.

Length and diameter of green ears without straw are considerable characteristics for trading in supermarkets and establishments that sell them in a tray. According to Albuquerque *et al.* (2008), commercially, the length and diameter of green ears corn when unpacked must be on average of 15 and 3.5 cm, respectively. Based on this information, all cultivars and sowing periods evaluated are inside these commercial ears corn parameters (Tables 4 and 5). Rocha *et al.* (2011), found variability for length and diameter of ear corn in different cultivars; and Oliveira *et al.* (2015), when evaluating the behavior of green corn cultivars on a “terra firme” rainforest, in Amazonas, noticed that the hybrid AG 1051 stood out in length and diameter of ears, presenting more than 80% of commercial ears corn per hectare.

Concerning the LEWS, the hybrids AG 1051, BRS 1055, BRS 3040, BRS 3046, and the variety BRS Caimbé stood out presenting length of ears without straw between 18 and 18 cm (Table 3), regardless of the sowing period. However, in 2017/2018, regardless of the sowing period, only the BR 106 variety had a mean length of ears without straw less than 18 cm and differed from the other cultivars ( $p < 0.01$ ), as it is an open-pollinated variety cultivated since the 1980s, being older than others.

Para NEV, as cultivares que se destacaram nos dois anos agrícolas, independente da época de semeadura, foram os híbridos AG 1051, BRS 1055 e BRS 3046 com médias acima de 49 mil espigas ha<sup>-1</sup> no ano agrícola 2016/2017, e acima de 48 mil espigas ha<sup>-1</sup> no ano agrícola 2017/2018 (Tabela 4). De acordo com Hallauer *et al.* (2010), os híbridos são mais homogêneos e uniformes do que as variedades de polinização aberta e, por isso, apresentam maior prolificidade, ou seja, maior número de espigas por planta.

Storck *et al.* (2009) avaliaram o comportamento de diferentes híbridos de milho em duas condições climáticas contrastantes e verificaram que no ano agrícola sem restrição hídrica houve maior número de espigas do que no ano agrícola com deficiência hídrica devido ao maior número de espigas por planta (índice de espigas), considerando que o número de plantas instaladas nos dois ensaios foi o mesmo.

O comprimento e o diâmetro de espigas verdes despalhadas são características importantes para a comercialização em supermercados e estabelecimentos que as comercializam em bandeja. De acordo com Albuquerque *et al.* (2008), uma espiga de milho-verde é considerada comercial quando apresenta comprimento médio de 15 cm e diâmetro médio de 3,5 cm quando despalhada, assim todas as cultivares e épocas de semeadura avaliadas apresentaram espigas comerciais (Tabelas 4 e 5). Rocha *et al.* (2011) também encontraram variabilidade para comprimento e diâmetro de espigas em diferentes cultivares de milho; e Oliveira *et al.* (2015), ao avaliar o comportamento de cultivares de milho-verde em terra firme do Amazonas, verificaram que o híbrido AG 1051 destacou-se em comprimento e diâmetro de espigas, apresentando mais de 80% de espigas comerciais por hectare.

Em relação ao CESP destacaram-se, em 2016/2017, independente da época de semeadura, os híbridos AG 1051, BRS 1055, BRS 3040, BRS 3046 e a variedade BRS Caimbé com comprimento de espigas despalhadas maior que 18 cm (Tabela 3). Em 2017/2018, independente da época de semeadura, somente a variedade BR 106 apresentou comprimento médio de espigas despalhadas menor que 18 cm e diferiu das demais cultivares ( $p < 0,01$ ), por se tratar de uma variedade de polinização aberta cultivada desde os anos 80, sendo mais antiga que as demais variedades.

In 2016/2017, all genotypes showed the mean diameter of ears yield without straw (DEWS) above 4 cm, with emphasis on the hybrid BRS 3046, regardless of sowing time (Table 4). Nevertheless, in 2017/2018, there were significant differences, for this variable, in the two sowing periods (Table 5), since only the hybrid BRS 3040 had a larger diameter in the harvest season (4.78 cm) than off-season season (4.29 cm) ( $p < 0.01$ ). Despite this, among the two evaluation years, all genotypes and all sowing periods exhibited DEWS greater than 3.5 cm; demonstrating the potential of these genotypes for the cultivation of commercial green ears.

In 2016/2017, the highest green ears yield with straw (GEY) were reached, in the harvest season, by the hybrid's AG 1051, BRS 1055, and BRS 3046, and off-season season, by the hybrid's AG 1051 and BRS 3046 with yield over 13700 kg ha<sup>-1</sup>. However, the lowest yields were obtained by the BR 106 variety in the harvest season (10717 kg ha<sup>-1</sup>) and off-season season (11440.8 kg ha<sup>-1</sup>) (Table 5). There are significant differences in genotypes for GEY in the harvest season and off-season season, as shown in Table 5. Besides, the hybrid BRS 3046 presented higher GEY in the harvest season compared to off-season season, whereas the BR 106 variety showed greater GEY in the off-season season. Despite this, it did not compromise the good yield obtained by the genotypes in the two sowing periods. According to Paiva Júnior *et al.* (2001), in Brazil, the ears yield with straw ranges from 9 to 15 t ha<sup>-1</sup>.

In 2017/2018, the highest GEY means were obtained by the hybrid's AG 1051 and BRS 3046, with yields superior to 14300 kg ha<sup>-1</sup>, regardless of the sowing period (Table 4), evidencing the good performance of these hybrids for the production of green corn in Amazonas. Santos *et al.* (2005) noted a high correlation between ear yield and ear length, and also between ear yield and ear diameter.

Hybrids AG 1051, BRS 3046, and BRS 1055 presented the highest averages of grain yield in the two agricultural years and sowing times evaluated. In 2016/2017, these hybrids led yields over 6,500 kg ha<sup>-1</sup> and over 6,000 kg ha<sup>-1</sup> in 2017/2018, regardless of the sowing period in the two years. On the other hand, the lowest grain yield was obtained by the BR 106 variety at all sowing periods ( $p < 0.01$ ), with 3,986 and 4,459 kg ha<sup>-1</sup> in 2016/2017 and 2017/2018, respectively (Table 4). Oliveira *et al.* (2017), when evaluating the productivity of corn varieties and hybrids in different sites in Amazonas, found a mean grain yield of 4342.6 kg ha<sup>-1</sup>, with the hybrid BRS 1055 presenting productive superiority and high stability.

Em 2016/2017, todos os genótipos apresentaram diâmetro médio de espigas despalhadas (DESP) acima de 4 cm, com destaque para o híbrido BRS 3046, independente da época de semeadura (Tabela 4). Em 2017/2018, houve diferenças significativas, para essa variável, nas duas épocas de semeadura (Tabela 5), pois somente o híbrido BRS 3040 obteve diâmetro maior na safra (4,78 cm) do que na safrinha (4,29 cm) ( $p < 0,01$ ). Apesar disso, todos os genótipos e em todas épocas de semeadura, nos dois anos de avaliação, apresentaram DESP maior que 3,5 cm, demonstrando o potencial desses genótipos para o cultivo espigas verdes comerciais.

Em 2016/2017, as maiores produtividades de espigas verdes empalhadas (PEVE) foram alcançadas, na safra, pelos híbridos AG 1051, BRS 1055 e BRS 3046, e na safrinha, pelos híbridos AG 1051 e BRS 3046 com produtividade acima de 13700 kg ha<sup>-1</sup>, e as menores produtividades foram obtidas pela variedade BR 106 na safra (10717,0 kg ha<sup>-1</sup>) e na safrinha (11440,8 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 5). Observa-se na Tabela 5 que os genótipos, na safra e safrinha, apresentaram diferenças significativas para PEVE. O híbrido BRS 3046 apresentou maior PEVE na safra, quando comparado com a safrinha, e a variedade BR 106 apresentou maior PEVE na safrinha, porém, isso não comprometeu o bom rendimento obtido pelos genótipos nas duas épocas de semeadura. Segundo Paiva Júnior *et al.* (2001), no Brasil, a produtividade varia de 9 a 15 t ha<sup>-1</sup> de espigas empalhadas.

Em 2017/2018, as maiores médias de PEVE foram alcançadas pelos híbridos AG 1051 e BRS 3046, com produtividades acima de 14300 kg ha<sup>-1</sup>, independente da época de semeadura (Tabela 4). Isso evidencia o bom desempenho desses híbridos para a produção de milho-verde no Amazonas. Santos *et al.* (2005) observaram alta correlação entre produtividade de espigas e comprimento de espigas e entre produtividade de espigas e diâmetro de espigas.

Os híbridos AG 1051, BRS 3046 e BRS 1055 apresentaram as maiores médias de produtividade de grãos nos dois anos agrícolas e épocas de semeadura avaliados. Em 2016/2017, esses híbridos alcançaram produtividade acima de 6.500 kg ha<sup>-1</sup> e acima de 6.000 kg ha<sup>-1</sup> em 2017/2018, independente da época de semeadura nos dois anos. Por outro lado, a menor produtividade de grãos foi obtida pela variedade BR 106 em todas as épocas de semeadura ( $p < 0,01$ ), com 3.986 e 4.459 kg ha<sup>-1</sup> em 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente (Tabela 4). Oliveira *et al.* (2017), ao avaliar a produtividade de variedades e híbridos de milho em diferentes locais no Amazonas, obtiveram produtividade média de grãos de 4342,6 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que o híbrido BRS 1055 apresentou superioridade produtiva e alta estabilidade.

The average corn grain yield in Amazonas, at the 2018/2019 harvest season, was 2,500 kg ha<sup>-1</sup>, and the national average, in this harvest season, was 6,249 kg ha<sup>-1</sup>; while, in the off-season season, the yield was 5,682 kg ha<sup>-1</sup> in 2019 (CONAB, 2019). Therefore, in conformity with the results of this research, it may be seen that it is possible to reach higher corn yields both in the harvest season and off-season in the Manaus region.

Buso and Arnhold (2016), evaluated corn hybrids at different sowing periods in the Cerrado biome in Goiás and noticed a significant effect on the interaction hybrid x sowing periods for grain yield. However, this study did not observe the interaction among genotypes x sowing periods, possibly due to the non-climatic variation perceived between sowing periods, not influencing the performance of corn genotypes when exhibiting similar performance in all seasons.

As demonstrated in this study, the cultivation of corn grains and green corn could be made in the harvest season and off-season conditions in the region of Manaus, Amazonas. Thus, it enables farmers higher flexibility in defining the agricultural crop to be cultivated and the crop rotation on the farms.

## CONCLUSIONS

Cultivation of corn grains and green corn in the region of Manaus, Amazonas, may be carried out in both seasons, in the harvest season (sowing in October) and in the off-season (sowing in March);

Hybrids have superior productive potential than the open-pollinated varieties, regardless of the sowing period on the harvest season, or off-season.

A produtividade média de grãos de milho no Amazonas, na safra 2018/2019, foi de 2.500 kg ha<sup>-1</sup>, e a média nacional, nessa safra, foi de 6.249 kg ha<sup>-1</sup>. Na safrinha, a produtividade foi de 5.682 kg ha<sup>-1</sup> em 2019 (CONAB, 2019). Portanto, de acordo com os resultados dessa pesquisa, pode-se constatar que é possível alcançar altas produtividades de milho tanto na safra quanto da safrinha, na região de Manaus.

Buso e Arnhold (2016) avaliaram híbridos de milho em diferentes épocas de semeadura no bioma Cerrado em Goiás e observaram efeito significativo da interação híbridos x épocas de semeadura para produtividade de grãos. Neste trabalho, no entanto, não foi observada a interação genótipos x épocas de semeadura, possivelmente, pela não variação climática entre as épocas de semeadura, não influenciando o desempenho dos genótipos de milho ao apresentarem desempenho semelhante em todas as épocas.

Conforme foi demonstrado nesse trabalho, o cultivo de milho em grãos e milho-verde pode ser feito em condições de safra e safrinha na região de Manaus, Amazonas. Isso possibilita aos agricultores maior flexibilidade na definição da cultura agrícola a ser cultivada e na rotação de culturas a ser realizada na propriedade.

## CONCLUSÕES

O cultivo de milho em grãos e milho-verde na região de Manaus, Amazonas, pode ser realizado tanto no período de safra (semeadura em outubro) quanto no período de safrinha (semeadura em março);

Os híbridos possuem maior potencial produtivo do que as variedades de polinização aberta independente da época de semeadura na safra ou safrinha.

## CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. von; SILVA, R. da. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008.
- ALVES, M. E. B.; ANDRADE, C. L. T.; CÁRDENAS, R. R.; AMARAL, T. A.; SILVA, D. F. Identificação e quantificação do efeito de fatores ambientais na produtividade da cultura do milho na região de Janaúba, MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 3, p. 188-201, 2011. DOI: <https://doi.org/10.7127/rbai.v5n300057>
- ANDRADE, F. H.; VEGA, C.; UHART, S.; CIRILO, A.; CANTARERO, M.; VALENTINUZ, O. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, v. 39, n. 2, p. 453-459, 1999.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000900001>
- BRITO, M. E. B.; ARAÚJO FILHO, G. D.; WANDERLEY, J. A. C.; MELO, A. S.; COSTA, F. B.; FERREIRA, M. G. P. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1244-1254, 2013.
- BUSO, W. H. D.; ARNHOLD, E. Evaluation of corn hybrids under contrasting water availability conditions. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 927-934, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n418rc>
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 7 - safra 2019/2020. Primeiro Levantamento, outubro de 2019, Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2013. 114 p.
- COSTA, R. V.; SIMON, J.; SILVA, D. D.; COTA, L. V.; ALMEIDA, R. E. M.; CAMPOS, L. J. M. Cultivares de milho afetadas pela época de semeadura na safrinha em Tocantins. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 469-480, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n3p469-480>
- DE MENDIBURU, F.; SIMON, R. Agricolae – Tem years of an open source statical tool for experiments in breeding, agriculture and biology. **PeerJ PrePrints**, n. 3, v. 1, p. 1-18, 2015. DOI: <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.1404v1>.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D (Eds.). **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.
- GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, A. A.; SOARES, E. R.; CONCENÇO, G.; ALBERTO, C.M. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 3, p. 18-38, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.0000/rtcab.v4i3.307>
- GOMES, F. P. Análise de grupos de experimentos. In: GOMES, F. P. (Ed.). **Curso de estatística experimental**. 14ª ed. Piracicaba: Nobel, 1991. p. 168 – 197.
- HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. **Quantitative Genetics in Maize Breeding**. 2nd ed. Ames: Iowa State University; 2010. 663 p.
- NASCIMENTO, F. M.; BICUDO, S. J.; RODRIGUES, J. G. L.; FURTADO, M. B.; CAMPOS, S. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 193-201, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2011000200010>
- OLIVEIRA, I. J.; DIÓGENES, H. C.; GONÇALVES, J. R. P.; FONTES, J. R. A. **Comportamento de cultivares de milho-verde em terra firme no Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2015. 6p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica).
- OLIVEIRA, I. J.; ATROCH, A. L.; DIAS, M. C.; GUIMARÃES, L. J.; GUIMARÃES, L. J. Seleção de cultivares de milho quanto à produtividade, estabilidade e adaptabilidade no Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 6, p. 453-461, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2017000600009>
- PAIVA JÚNIOR, M. C. de; PINHO, R. G. von; PINHO, E. V. R. von; RESENDE, S. G. de. Comunicação - Desempenho de cultivares para a produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 5, p. 1235-1247, 2001.

- ROCHA, D. R.; FORNASIER FILHO, D.; BARBOSA, J. C. Efeitos da densidade de plantas no rendimento comercial de espigas verdes de cultivares de milho. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 392-397, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000300023>
- SANTOS, I. C. S.; MIRANDA, G. V.; VAZ DE MELO, A.; MATTOS, R. N.; OLIVEIRA, L. R.; LIMA, J. S.; GALVÃO, C. C. Comportamento de cultivares de milho produzidos organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 45-53, 2005. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v4n1p45-53>
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013, 353 p.
- SILVA, M. A. V.; FERREIRA, W. P. M.; ANDRADA, V. M. S.; ARAÚJO, S. G. A. Época de semeadura do milho para a região de Sete Lagoas, MG, baseada na probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos. **Revista Ceres**, v. 57, n. 4, p. 454 – 459, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2010000400003>
- STORCK, L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LOPES, S. J.; TOEBE, M.; SILVEIRA, T. R. Duração do subperíodo semeadura-florescimento, crescimento e produtividade de grãos de milho em condições climáticas contrastantes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 1, p. 27-39, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v8n1p27-39>
- STRIEDER, M. L.; DA SILVA, P. R. F.; RAMBO, L.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; ENDRIGO, P. C.; JANDREY, D. B. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes espaçamentos e sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 309-317, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000300004>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed, Porto Alegre: ARTMED, 2009. 819p.
- UATE, J. V.; PINHO, R. G. V.; CANCELLIER, L. L.; CAMILO, A.; BERNARDO JÚNIOR, L. A. Y. Épocas de semeadura e distribuição espacial de plantas na produção de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 3, p. 346-357, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n3p346-357>
- VITTI, G. C.; BARROS JUNIOR, M. C. Diagnóstico da fertilidade do solo e adubação para alta produtividade de milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: Tecnologia e Produtividade**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001, p. 179 – 222.
- WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SAITO, L. R.; LIMA, A. S. Estimativa da produtividade do milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 170-179, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000200008>