

## ARRANJO POPULACIONAL PARA A VARIEDADE UENF-14 DE MILHO PIPOCA

CÁSSIO VITORAZZI<sup>1</sup>, ANTONIO TEIXEIRA AMARAL JÚNIOR<sup>1</sup>,  
LILIAM SILVIA CANDIDO<sup>2</sup>, ISMAEL LOURENÇO DE JESUS FREITAS<sup>1</sup>  
e THIAGO RODRIGUES DA CONCEIÇÃO SILVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, vittorazzi21@gmail.com; amaraljr@pq.cnpq.br; ismaelljf@yahoo.com.br; thiagrosfi@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal da Grande Dourados, liliamcandido@ufgd.edu.br

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.16, n.3, p. 401-413, 2017*

**RESUMO** - A adequação do arranjo populacional está entre as técnicas que podem maximizar a produtividade da cultura do milho. Daí a importância das pesquisas que buscam estudar o desempenho de cultivares de milho e milhos especiais, a fim de determinar o arranjo de plantas ideal. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho da variedade UENF-14, de milho pipoca, cultivada em diferentes arranjos populacionais, na safra e safrinha, para otimizar a recomendação fitotécnica para os produtores rurais do Norte Fluminense. Foram instalados dois experimentos em Campos dos Goytacazes-RJ. Um na safrinha 2011 utilizando a variedade UENF-14 e o híbrido experimental P2 x P9, e o outro na safra 2011-2012, com a variedade UENF-14 e o híbrido comercial IAC-112. O delineamento experimental, nos dois experimentos, foi o de blocos casualizados arranjados em parcelas subsubdivididas, em que as parcelas foram compostas pelos genótipos, as subparcelas constituídas pelos espaçamentos entre linhas de semeadura (0,45, 0,60 e 0,90 m) e as subsubparcelas compostas pelas densidades de plantas (60.000, 75.000 e 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>). A UENF-14 apresentou desempenho superior aos híbridos, demonstrando seu potencial para cultivo na região Norte Fluminense. Houve aumento do rendimento de grãos com a diminuição do espaçamento entre linhas de plantio. Para a variedade UENF-14, a redução do espaçamento entre linhas de plantio foi vantajosa para a produção de grãos, independentemente da época de semeadura.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., densidade de semeadura, espaçamento entre linhas, épocas de semeadura.

## POPULATION ARRANGEMENT FOR THE VARIETY OF POPCORN UENF-14

**ABSTRACT** - The adequacy of the maize population arrangement is among the most important techniques for obtaining higher yields. Therefore, many researchers have been conducting an attempt to study the performance of corn and specialty corn. The objective was to evaluate the performance of the popcorn variety UENF-14 in different population arrangements, in the harvest season and off-season. Two experiments were carried out in Campos dos Goytacazes, North of Rio de Janeiro State, Brazil, in the off-season 2011, using the UENF-14 variety and the experimental hybrid P2 x P9, and in the season 2011-2012 using UENF-14 and the commercial hybrid IAC-112. The treatments were arranged in randomized complete block design with split plots, in which plots were composed by popcorn genotypes, the subplots consisting of three spacings between sowing lines (0.45, 0.60 and 0.90 m) and the subsubplots composed of three plants per hectare densities (60,000, 75,000 and 90,000 plants.ha<sup>-1</sup>). The variety UENF-14 presented higher performance than the hybrids, demonstrating its potential for recommendation to the North of Rio de Janeiro State. There was an increase of grain yield by reducing the spacing between the plants rows. The cultivation of the variety UENF-14 reducing the spacing between rows was advantageous for grain production, regardless of planting date.

**Keywords:** *Zea mays* L., densities of plants, spacing between rows, sowing times.

No Brasil, o baixo rendimento de grãos da cultura do milho, na maioria das vezes, está relacionado a fatores como o uso de cultivares não adaptadas às condições regionais, à baixa fertilidade dos solos e ao arranjo populacional de plantas não apropriado (Sangoi et al., 2002). A adequação do espaçamento e da densidade de semeadura está entre as técnicas mais importantes para a obtenção de maiores rendimentos de grãos para a cultura.

A utilização do melhor arranjo populacional incrementa o rendimento de grãos da cultura do milho, uma vez que aperfeiçoa a interceptação da radiação solar pelas plantas. Portanto, maximiza a eficiência fotossintética da população, principalmente pela melhoria da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, pela conversão mais eficiente da radiação interceptada em matéria seca e pela partição de fotoassimilados nos órgãos reprodutivos (Marchão et al., 2006). Além disso, de acordo com Sangoi (2001), plantas espaçadas de forma equidistante competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores, maximizando a utilização desses fatores para a produção de matéria seca.

Entretanto, o número ideal de plantas por hectare é variável, uma vez que a planta de milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intraespecífica, proporcionado pelas diferentes densidades de plantas. Desta maneira, alterações na população de plantas podem afetar significativamente o rendimento (Silva et al., 2006).

O trabalho de revisão realizado por Galvão et al. (2014) comparou o sistema de produção de milho recomendado nos anos 1940 com o atualmente empregado. Nesses setenta anos houve muitas modificações em relação ao arranjo de plantas, visando maior produtividade. O espaçamento entre fileiras recomendado por São José (1944) de 1,10 a 1,20 m vem sendo

substituído por espaçamentos cada vez menores. Em espaçamentos maiores as cultivares delongam fechar o espaço entre as linhas, provocando uma forte competição dentro das linhas, enquanto entre elas há desperdício de espaço, água, luz e nutrientes (Candido & Andrade, 2008).

Argenta et al. (2001b) também recomendam espaçamento entre linhas menores para o cultivo de híbridos de milho. Mas, de acordo com Silva et al. (2014), o efeito positivo da redução do espaçamento entre linhas sobre o rendimento de grãos se manifesta mais claramente quando são utilizadas altas densidades, cerca de 80 mil plantas  $ha^{-1}$ . É importante ressaltar que estes resultados não são consensuais, uma vez que se observa desempenho diferenciado dos genótipos em relação ao rendimento em diferentes arranjos populacionais (Kappes et al., 2011).

No milho pipoca, Rossato Júnior et al. (2013) observaram que o rendimento de grãos das cultivares avaliadas foi afetado pelos espaçamentos entre as linhas e a população de plantas. A cultivar IAC-12 apresentou maior produtividade de grãos sob os espaçamentos de 0,40 e 0,60 m e a população de plantas entre 60.000 e 80.000 plantas  $ha^{-1}$ . Entretanto, a capacidade de expansão não foi afetada pelo espaçamento ou pela população de plantas.

Pelo milho poder ser cultivado sob diversas condições edafoclimáticas, o desenvolvimento de novas cultivares normalmente ocorre em regiões específicas para o cultivo. Em razão disso, apesar da plasticidade dos componentes de rendimento, em resposta às diferentes condições climáticas, a produtividade pode ser influenciada pelas diferentes condições de clima (Tavares et al., 2014). Nesse contexto, o milho cultivado sob diferentes condições ambientais expõe os genótipos à interação genótipo x ambiente, que pode ocorrer entre os genótipos e as épocas de

semeadura, as regiões, ou mesmo entre os diferentes anos de cultivo (Cruz et al., 2012).

Por essa razão, estudos visando a definição do melhor arranjo espacial das plantas no campo nos diferentes ambientes são fundamentais à medida que novas cultivares são registradas e recomendadas para diferentes regiões edafoclimáticas. O programa de melhoramento de milho pipoca da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) vem atuando desde 1998, e ano de 2012 registrou perante o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) a variedade UENF-14 de milho pipoca, adaptada às condições edafoclimáticas da região Norte Fluminense (Amaral Júnior et al., 2013).

Pressupondo que a adequação do arranjo populacional de plantas, em função de determinado genótipo e épocas de semeadura, contribui para o incremento da produtividade de grãos, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho da variedade UENF-14 de milho pipoca, cultivada em diferentes arranjos populacionais, em época de safra e safrinha, a fim de otimizar a recomendação fitotécnica para os produtores rurais do Norte Fluminense.

### Material e Métodos

Foram instalados dois experimentos no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes, região Norte do Estado do Rio de Janeiro, situado a 21° 45' de latitude sul e 41° 20' W de longitude e a 11 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical chuvoso, clima de bosque, com uma precipitação média anual de 1.023 mm, evapotranspiração potencial de 1.601 mm anuais e temperatura média anual de 23 °C (Ometto, 1981).

O primeiro experimento foi instalado na safriinha 2011, com semeadura realizada em abril. Foram utilizadas duas cultivares, sendo um híbrido simples experimental desenvolvido pela UENF em parceria com a Universidade Estadual de Maringá (UEM), denominado P2 x P9, e a variedade de polinização aberta desenvolvida pelo programa de melhoramento genético de milho pipoca da UENF, denominada UENF-14. O segundo experimento foi realizado na safra 2011-2012, com plantio em outubro de 2011. As cultivares utilizadas neste experimento foram o híbrido simples modificado IAC-112, desenvolvido pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), altamente produtivo e recomendado para várias regiões do País (Sawazaki, 2001), e a variedade de polinização aberta UENF-14.

Nos dois experimentos, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subsubdivididas, em que as parcelas foram compostas por dois genótipos de milho pipoca, as subparcelas foram constituídas por três espaçamentos entre linhas de semeadura (0,45; 0,60 e 0,90 m) e as subsubparcelas foram compostas por três densidades de plantas por hectare (60.000, 75.000 e 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

Cada unidade experimental foi composta por quatro linhas de plantio com cinco metros de comprimento, casualizando o genótipo e o arranjo utilizados, cada qual com três repetições. As duas linhas externas da unidade experimental foram utilizadas como bordaduras, considerando-se como unidade experimental efetiva apenas as duas linhas centrais.

Um montante de 10 plantas aleatórias de cada parcela foi utilizado para a mensuração das características morfoagronômicas: diâmetro do colmo (DC), quantificado pelo diâmetro do colmo em cm, logo abaixo da espiga inferior; índice de colheita (IC), cal-

culado pela divisão da massa de grãos pelo peso total da parte aérea, de 10 plantas (grãos + massa seca) por unidade experimental; peso de 100 grãos (P100), determinado pela massa de 100 grãos em gramas; rendimento de grãos (REND), quantificado pelo rendimento de grãos da unidade experimental em kg ha<sup>-1</sup>; e capacidade de expansão (CE), determinada em laboratório, com a utilização de forno micro-ondas com capacidade de 31 L e potência de consumo de 1.500 W, sendo três repetições por unidade experimental. Para mensuração da CE foram colocados 30 g de sementes em pote plástico, por três minutos. Posteriormente, quantificou-se o volume de pipoca expandida em proveta de 2.000 ml, determinando assim a CE em ml g<sup>-1</sup>.

Inicialmente foi realizada a análise de variância individual e as médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05), de acordo com o modelo estatístico:

$\gamma_{ijkl} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \epsilon_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{jk} + \tau_l + (\alpha\tau)_{jl} + \beta\tau_{kl} + (\alpha\beta\tau)_{jkl} + \epsilon_{ijkl}$ , em que:

$\mu$  = média geral;

$\rho_i$  = efeito do i-ésimo bloco;

$\alpha_j$  = efeito do j-ésimo nível dos genótipos;

$\epsilon_{ij}$  = resíduo a (interação entre blocos e os genótipos);

$\beta_k$  = efeito do k-ésimo nível da subparcela;

$(\alpha\beta)_{jk}$  = efeito da interação entre o j-ésimo nível dos genótipos e k-ésimo dos espaçamentos;

$\epsilon_{jk}$  = resíduo b (interação entre os genótipos e os espaçamentos);

$\tau_l$  = efeito do l-ésimo nível das densidades;

$(\alpha\tau)_{jl}$  = efeito da interação entre o j-ésimo nível dos genótipos e l-ésimo nível das densidades;

$\beta\tau_{kl}$  = efeito da interação entre o k-ésimo nível dos espaçamentos e l-ésimo nível das densidades;

$(\alpha\beta\tau)_{jkl}$  = efeito da interação entre o j-ésimo

nível dos genótipos, k-ésimo nível dos espaçamentos e l-ésimo nível das densidades; e

$\epsilon_{ijkl}$  = resíduo c, associado à interação entre os espaçamentos e as densidades.

Posteriormente foi realizada a análise de variância conjunta e teste de Tukey (P<0,05), considerando apenas a variedade UENF-14, a qual foi comum para ambas as safras, de acordo com o modelo estatístico em parcela subdividida, a seguir:

$\gamma_{ijkl} = \mu + \rho_i + \alpha_j + (\rho\alpha)_{ij} + \epsilon_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + (\rho\beta)_{ik} + (\rho\alpha\beta)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$ , em que:

$\mu$  = média geral;

$\rho_i$  = efeito do i-ésimo ambiente;

$\alpha_j$  = efeito do j-ésimo nível da parcela principal (espaçamento);

$(\rho\alpha)_{ij}$  = efeito da interação entre o ambiente e a parcela principal;

$\epsilon_{ij}$  = resíduo a (associado ao ambiente, à parcela principal a interação entre o ambiente e a parcela principal);

$\beta_k$  = efeito do k-ésimo nível da subparcela (densidade de semeadura);

$(\alpha\beta)_{jk}$  = efeito da interação entre o j-ésimo nível da parcela principal e k-ésimo da subparcela;

$(\rho\beta)_{ik}$  = efeito da interação entre o ambiente e a parcela principal;

$(\rho\alpha\beta)_{ijk}$  = efeito da interação entre o ambiente, parcela principal e a subparcela; e

$\epsilon_{ijk}$  = resíduo b, associado à interação entre o ambiente, parcela principal e a subparcela.

## Resultados e Discussão

A variedade de polinização aberta UENF-14 teve desempenho superior ao híbrido experimental P2xP9 para as características índice de colheita, peso de 100 grãos e capacidade de expansão (Tabela 1).

Ademais, apresentou elevado rendimento de grãos (3.470,70 kg ha<sup>-1</sup>), considerando a cultura do milho pipoca, demonstrando potencial para cultivo na região Norte Fluminense.

A característica índice de colheita expressa a síntese, translocação, partição e o acúmulo de produtos fotoassimilados. Assim, de maneira geral, a variedade UENF-14 demonstrou melhor capacidade de produção de biomassa, em relação ao híbrido experimental P2 x P9. Argenta et al. (2001a), avaliando híbridos simples de milho em Eldorado do Sul-RS, observaram diferenças entre os genótipos para esta característica ao avaliar diferentes espaçamentos e populações de plantas por hectare. De acordo com os autores, isso pode ser explicado pela melhor adaptação da cultivar às condições climáticas e de cultivo aplicado.

Em relação aos espaçamentos entre linhas, foi observado aumento do rendimento de grãos de ambas as cultivares, conforme se diminuiu o espaçamento

entre linhas de semeadura. Ao reduzir o espaçamento de 0,90 para 0,60 m, o ganho na produção foi de aproximadamente 400 kg ha<sup>-1</sup> e superior a 600 kg ha<sup>-1</sup> com a redução do espaçamento de 0,90 para 0,45 m. Esse ganho de rendimento de grãos possivelmente ocorreu por causa da diminuição da competição entre as plantas dentro das linhas de semeadura, ocasionada pela redução do espaçamento entre linhas, uma vez que ao se reduzir o espaçamento entre linhas, é automaticamente aumentada a distância entre as plantas dentro das linhas de semeadura. Outros autores também observaram incremento no rendimento de grãos com a redução do espaçamento entre linhas de 0,90 para 0,45 m. Silva et al. (2014) verificaram aumento de 17,2% nos híbridos AS 32 e AS 1540 e Lima et al. (2016) observaram 30% de aumento na produtividade de grãos dos híbridos AG 9010 YG e Agrisure TL com a redução do espaçamento.

Em relação às diferentes densidades de semeadura, verificaram-se diferenças estatísticas significa-

**Tabela 1.** Médias das características diâmetro de colmo (DC), índice de colheita (IC), rendimento de grãos (REND), peso de 100 grãos (P100) e capacidade de expansão (CE), em função de diferentes genótipos, espaçamentos entre linhas de plantio e densidades de semeadura no município de Campos dos Goytacazes-RJ, safrinha 2011.

Tratamento	DC (mm)	IC	REND (kg ha <sup>-1</sup> )	P100 (g)	CE (ml g <sup>-1</sup> )
<b>Genótipos</b>					
P2 x P9	17,27a	0,28b	3297,4a	12,44b	25,26b
UENF 14	14,73a	0,32a	3470,7a	14,92a	28,76a
<b>Espaçamentos</b>					
0,45 m	16,50a	0,29a	3623,6a	13,22a	27,49a
0,60 m	16,06a	0,28a	3450,9a	13,91a	27,16a
0,90 m	15,44a	0,31a	3077,7b	13,91a	26,37a
<b>Densidades</b>					
60.000 plantas ha <sup>-1</sup>	16,56a	0,30a	3137,4a	14,37a	25,90a
75.000 plantas ha <sup>-1</sup>	15,91ab	0,30a	3426,4a	13,79ab	27,72a
90.000 plantas ha <sup>-1</sup>	15,53b	0,29a	3588,4a	12,87b	27,41a
CV% parcela	15,45	9,43	45,55	13,52	2,03
CV% subparcela	8,17	18,85	10,12	11,85	10,20
CV% subsubparcela	6,83	15,56	18,84	12,16	10,52

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

tivas para diâmetro de colmo e peso de 100 grãos. Para essas duas características foi constatada diminuição das médias com o aumento das populações de plantas. O diâmetro de colmo reduziu a média em 1,03 mm, na população de 90.000 em relação a de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Gross et al. (2006) atribuem esse decréscimo do diâmetro de colmo em populações adensadas à competição entre as plantas em cultivo pelos recursos do meio, como água, luz e elementos nutricionais. Nessas condições, é comum observar maior crescimento da planta em altura em detrimento do crescimento radial do colmo (Sangoi, 2001).

Essa diminuição do diâmetro de colmo em função do aumento da população de plantas também foi observado por Demétrio et al. (2008), ao avaliarem o desempenho de híbridos de milho comum em diferentes populações de plantas. Entretanto, esses resultados discordam dos encontrados por Farinelli & Cerveira Júnior (2014), que, utilizando híbridos de milho convencionais e transgênicos em 50.000, 60.000 70.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>, não observaram diferenças na média de diâmetro de colmo em espaçamento entre linhas de 0,50 m.

O aumento da população de plantas também resultou em redução gradativa do peso de 100 grãos. A maior média (14,37 g) foi encontrada na população de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Isso provavelmente está relacionado à maior competição por fatores como luz e nutrientes entre as plantas. Geralmente, nessas condições, as plantas produzem espigas menores, determinando também o surgimento de grãos menores, e conseqüentemente em menores massas dos grãos colhidos. Rossato Júnior et al. (2013) também verificaram menor massa de 100 grãos na maior densidade avaliada (80.000 plantas ha<sup>-1</sup>) nos híbridos IAC-112, IAC-TC 01 e Zélia de milho pipoca. Entretanto, esses

resultados divergem dos encontrados por Stacciarini et al. (2010) que avaliando o peso de 100 grãos do híbrido Pioneer 30K75 não verificaram diferença significativa com o aumento da população de plantas, que variou entre 60.000 e 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os genótipos na safra 2011-2012 para as características rendimento de grãos, capacidade de expansão e peso de 100 grãos. Considerando a fonte de variação espaçamento entre linhas de semeadura, foi verificado efeito significativo apenas para o rendimento de grãos. Já para a densidade de plantas, foram observadas diferenças significativas para as características DC, CE e REND (Tabela 2).

A cultivar UENF-14 produziu na safra 2011-2012, em média, 600 kg ha<sup>-1</sup> mais que o híbrido comercial IAC-112, demonstrando o potencial de produção desta variedade na região Norte Fluminense. Com relação ao peso de 100 grãos, a variedade UENF-14 também superou o híbrido IAC-112, fato que pode ser explicado pelo elevado vigor e desenvolvimento vegetativo desta variedade nas situações de cultivo e condições climáticas da região. Entretanto, o híbrido IAC-112 apresentou melhor desempenho para capacidade de expansão em relação à variedade UENF-14.

Avaliando os espaçamentos entre linhas de semeadura, verificou-se que apenas o rendimento de grãos foi alterado com a mudança dos espaçamentos. Isso evidencia a possibilidade de aumentar o rendimento de grãos apenas com a redução do espaçamento de plantio, sem que ocorram modificações nas características agronômicas avaliadas. Pode-se perceber que houve um incremento de aproximadamente 600 kg ha<sup>-1</sup> apenas com a redução do espaçamento de 0,90 m (3.159,9 kg ha<sup>-1</sup>) para 0,60m (3.765,6 kg ha<sup>-1</sup>), considerando ambos os genótipos.

**Tabela 2.** Médias das características diâmetro de colmo (DC), índice de colheita (IC), rendimento de grãos (REND), peso de 100 grãos (P100) e capacidade de expansão (CE), em função de diferentes genótipos, espaçamentos entre linhas de plantio e densidades de semeadura no município de Campos dos Goytacazes-RJ, safra 2011-2012.

Tratamento	DC (mm)	IC	REND (kg ha <sup>-1</sup> )	P100 (g)	CE (g ml <sup>-1</sup> )
Genótipos					
IAC 112	14,41a	0,15a	3258,1b	13,42b	34,40a
UENF 14	14,42a	0,17a	3850,8a	14,94a	28,48b
Espaçamentos					
0,45 m	14,63a	0,17a	3737,9a	14,49a	31,00a
0,60 m	14,47a	0,16a	3765,6a	14,10a	32,33a
0,90 m	14,14a	0,15a	3159,9b	13,94a	31,00a
Densidades					
60.000 plantas ha <sup>-1</sup>	15,13a	0,16a	3236,7b	14,45a	31,89ab
75.000 plantas ha <sup>-1</sup>	14,50a	0,15a	3598,0ab	14,01a	32,33a
90.000 plantas ha <sup>-1</sup>	13,60b	0,16a	3828,6a	14,07a	30,11b
CV% parcela	6,92	16,64	10,88	3,12	10,92
CV% subparcela	7,72	16,64	10,48	6,91	6,67
CV% subsubparcela	5,69	19,62	17,73	7,46	7,58

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Argenta et al. (2001b) atribuíram o aumento do rendimento de grãos em decorrência da melhor distribuição de plantas na linha com a redução do espaçamento entre linhas. Esses resultados corroboram com os encontrados por Porto et al. (2011), trabalhando com diferentes variedades de milho, em Vitória da Conquista-BA. Os autores também verificaram redução no rendimento de grãos à medida que foi aumentado o espaçamento entre linhas. No espaçamento de menor amplitude (0,40 m), o rendimento de grãos chegou a superar em 22,38% o espaçamento de 1,0 m. Logo, Gilo et al. (2011) avaliando híbridos de milho comum não verificaram diferenças para tal característica em relação a diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (0,45 e 0,90 m).

Foi observada a diminuição do diâmetro de colmo conforme o aumento das densidades populacionais, provavelmente por causa da maior competição intraespecífica por luz, em condições de adensamento, que favorece o aumento da dominância apical, resultando no estiolamento das plantas (Sangoi et al., 2002). Os resultados obtidos neste trabalho em relação ao diâmetro do colmo não corroboram com Demétrio et al. (2008), entretanto, concordam com os resultados obtidos por Dourado Neto et al. (2003).

Para o rendimento de grãos foram constatadas diferenças estatísticas significativas avaliando as diferentes densidades populacionais, a exemplo do que foi observado nos diferentes espaçamentos entre linhas de plantio. Porém, diferentemente do espaça-

mento entre linhas, à medida que as densidades populacionais foram aumentadas o rendimento de grãos dos genótipos também aumentou. Houve um incremento de aproximadamente 12% quando a população de plantas passou de 60.000 para 90.000 plantas por hectare. De forma geral, o aumento na produtividade de grãos, com redução do espaçamento e aumento da densidade populacional, é atribuído à maior eficiência na interceptação de radiação entre as plantas, por causa da distribuição mais equidistante (Argenta et al., 2001b).

Esse incremento do rendimento de grãos com o aumento das plantas por unidade de área corrobora com os resultados obtidos por Sangoi et al. (2006), Stacciarini et al. (2010), Silva et al. (2014), Farinelli & Cerveira Júnior (2014) e Takasu et al. (2014), que observaram resultados semelhantes ao deste trabalho na cultura do milho comum. Porém, Kappes et al. (2011) verificaram uma resposta quadrática nas respostas para produção de grãos, uma vez que o incremento da população atingiu um ponto máximo de produção, declinando em populações superiores a 80.000 plantas.ha<sup>-1</sup>.

Para a característica capacidade de expansão, foi verificada uma variação negativa com o incremento da população de plantas. Na densidade populacional de 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>, ocorreu o menor resultado (30,11 ml g<sup>-1</sup>) de capacidade de expansão. A correlação negativa existente entre a produtividade e a capacidade de expansão no milho pipoca já foi constatada em diversos trabalhos, como os de Amaral Júnior et al. (2016) e Cabral et al. (2016), e explicam essa relação da CE inversamente proporcional com os resultados de produtividade. Conseguir bons rendimentos para as duas características constitui-se em um dos principais desafios para os melhoristas da cultura do milho pipoca. Rossato Júnior et al. (2013) verificaram

que a capacidade de expansão dos híbridos IAC-TC 01, IAC 12 e Zélia de milho pipoca não foi afetada pelo espaçamento ou pela população de plantas, apesar da produtividade desses híbridos ter sido melhor em maiores densidades populacionais.

Considerando a análise conjunta no plantio em safra e safrinha para a variedade UENF-14, foi observada diferença estatística significativa entre as diferentes safras para o índice de colheita, entre os espaçamentos entre linhas para o rendimento de grãos, bem como para as densidades populacionais para as características diâmetro de colmo e rendimento de grãos (Tabela 3). A diferença observada entre as safras para a característica índice de colheita pode ser explicada por fatores ambientais como pluviosidade, luminosidade e temperatura na época de safrinha serem menos favoráveis ao cultivo do milho pipoca, comparando-se com a época de semeadura preferencial (safra). Entretanto, para as variações de espaçamento entre linhas de plantio e densidades populacionais, o IC permaneceu sem variação significativa.

A exemplo do que foi observado nas diferentes safras individualmente, com a diminuição do espaçamento entre linhas de plantio, houve aumento significativo no rendimento de grãos. Constatou-se aumento de aproximadamente 11,5% nesta característica, no espaçamento de 0,45 m em relação ao maior espaçamento. Resultado diferente foi obtido por Kappes et al. (2011), que não verificaram aumento no rendimento de grãos com a redução do espaçamento entre linhas para a maioria dos híbridos avaliados em Selvíria-MS. Entretanto, verificaram que para o híbrido AG 9010 a redução do espaçamento favoreceu o incremento no rendimento de grãos. Os autores atribuem esses resultados à arquitetura diferenciada de alguns genótipos que é favorecida pelo menor espaçamento entre linhas. Esses resultados reforçam

a existência de interação genótipos x espaçamentos entre linhas. Argenta et al. (2001a, 2001b), avaliando diferentes cultivares de milho comum, obtiveram aumento linear da produção de grãos para a cultivar C901, com a diminuição do espaçamento entre linhas de plantio, e atribuem esse resultado à maior eficiência na interceptação de radiação e ao decréscimo de competição por luz, água e nutrientes, entre as plantas na linha, por causa da sua distribuição mais equidistante.

Para o diâmetro de colmo, houve redução nas médias à medida que se aumentou a população de plantas. Já para o rendimento de grãos, as médias cresceram conforme se aumentou a população de plantas, sendo o maior rendimento de grãos obtido na densidade com 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com estima-

tiva de rendimento de 4.103,9 kg ha<sup>-1</sup>. Demétrio et al. (2008) também observaram aumento na produção avaliando dois híbridos de milho comum, porém, esse incremento aconteceu até determinado ponto, já que a partir de 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> houve uma diminuição do rendimento de grãos.

A diminuição do diâmetro do colmo com o aumento da população de plantas encontrada no presente trabalho corrobora os resultados obtidos por Dourado Neto et al. (2003) e Demétrio et al. (2008). Silva et al. (2014) afirmaram que este fato pode ser explicado em razão dos maiores adensamentos de plantas favorecerem o crescimento vertical, induzindo a competição por luminosidade, o que acaba refletindo em menor diâmetro do colmo. Com o aumento da densidade populacional aumenta-se automaticamente a compe-

**Tabela 3.** Médias da cultivar UENF-14 em diferentes safras, espaçamentos e densidades populacionais.

Tratamento	DC (mm)	IC	REND (kg ha <sup>-1</sup> )	P100 (g)	CE (ml g <sup>-1</sup> )
Safras					
Safrinha	14,21a	0,31a	3470,3a	14,92a	28,63a
1 <sup>a</sup> Safra	14,42a	0,17b	3850,3a	14,94a	28,48a
Espaçamentos					
0,45 m	14,33a	0,25a	3747,6a	14,81a	28,50a
0,60 m	14,70a	0,24a	3974,7a	14,75a	28,89a
0,90 m	13,90a	0,24a	3258,5b	15,22a	28,28a
Densidades					
60.000 plantas ha <sup>-1</sup>	15,16a	0,24a	3283,6b	15,48a	27,55a
75.000 plantas ha <sup>-1</sup>	14,53ab	0,23a	3593,4ab	14,42a	29,17a
90.000 plantas ha <sup>-1</sup>	13,25b	0,25a	4103,9a	14,78a	28,94a
CV% parcela	12,80	16,14	23,80	11,02	1,26
CV% subparcela	14,65	16,67	9,98	9,15	8,72
CV% subsubparcela	14,48	17,53	17,26	9,49	10,02

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

tição por nutrientes, água e luz entre as plantas, fato que interfere no desenvolvimento vegetativo resultando em menor massa (Gross et al., 2006). Dessa forma, um dos resultados dessa competição intraespecífica pela aproximação das plantas pelo aumento da densidade é a redução do diâmetro de colmo.

O rendimento de grãos nas distintas safras foi influenciado pelos diferentes espaçamentos entre linhas de plantio, de forma que houve aumento no rendimento tanto para safrinha quanto para safra com a redução dos espaçamentos entre linhas (Tabela 4). Na safrinha, a redução do espaçamento de 0,90 m para 0,60 m incrementou a produção de grãos em aproximados 22%. Já para a safra a mesma redução fez a produção aumentar de 3.322,00 kg ha<sup>-1</sup> para 4.040,77 kg ha<sup>-1</sup>, chegando a 4.188,11 kg ha<sup>-1</sup> no menor espaçamento de 0,45 m entre linhas de plantio. Esta constatação demonstra que para a cultivar UENF-14 a redução do espaçamento entre linhas de plantio foi vantajosa para a produção de grãos, seja em cultivo de safra ou de safrinha.

Foi verificada diferença significativa entre as épocas de semeadura apenas no menor espaçamento

entre linhas (0,45 m), sendo que na safrinha 2011 a produção de grãos foi aproximadamente 27% inferior à produção de grãos na safra 2011-2012 utilizando-se o mesmo espaçamento.

Farinelli et al. (2003) avaliaram o desempenho agrônomico de 15 cultivares comerciais de milho nos períodos de safra e safrinha e constataram que o desempenho agrônomico das cultivares na safrinha foi prejudicado pelas condições ambientais desfavoráveis caracterizadas pelo déficit hídrico e as baixas temperaturas nos estádios de florescimento masculino e enchimento de grãos. Entretanto, o cultivo de milho safrinha pode ser viável economicamente, desde que a semeadura seja realizada em períodos que apresentam maior disponibilidade hídrica e térmica. Trabalhando com diferentes cultivares de milho pipoca, Nunes et al. (2003) obtiveram respostas diversas no desempenho dessas cultivares em relação a diferentes épocas de semeadura, justificando que as razões de variação para o rendimento de grãos são decorrentes das condições climáticas, com destaque para a temperatura e precipitação.

**Tabela 4.** Desdobramento da interação entre as safras e espaçamento entre linhas de plantio, para rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), na variedade de polinização aberta UENF-14, em Campos dos Goytacazes-RJ, na safrinha 2011 e safra 2011-2012.

Safras	Espaçamento entre linhas (m)		
	0,45	0,60	0,90
Safrinha-2011	3307,11 abB	3908,67 aA	3195,00 bA
Safra-2011/2012	4188,11 aA	4040,77 aA	3322,00 bA

Médias seguidas por mesma letra minúscula, nas linhas, e por mesma letra maiúscula, nas colunas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

### Conclusões

A variedade de polinização aberta experimental UENF-14 apresenta desempenho superior aos híbridos, demonstrando seu potencial para cultivo na região Norte Fluminense.

Maiores ganhos na produtividade são possíveis reduzindo o espaçamento entre linhas de plantio.

O diâmetro de colmo diminuiu com o aumento da população de plantas por hectare. Para a cultivar UENF-14, a redução do espaçamento entre linhas de plantio é vantajosa

para a produção de grãos, independentemente da época de semeadura.

### Referências

- AMARAL JÚNIOR, A. T.; SANTOS, A.; GERHARDT, I. F. S.; KUROSAWA, R. N. F.; MOREIRA, N. F.; PEREIRA, M. G.; GRABINA, G. A.; SILVA, F. H. L. Proposal of a super trait for the optimum selection of popcorn progenies based on path analysis. **Revista Genetic and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 15, n. 4, p. 1-9, 2016. DOI: [10.4238/gmr15049309](https://doi.org/10.4238/gmr15049309).
- AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; CANDIDO, L. S.; VITORAZZI, C.; PENA, G. F.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R. C.; PEREIRA, M. G.; SCAPIM, C. A.; VIANA, A. P.; CARVALHO, G. F. UENF 14: a new popcorn cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 13, n. 3, p. 218-220, 2013. DOI: [10.1590/S1984-70332013000300013](https://doi.org/10.1590/S1984-70332013000300013).
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001a. DOI: [10.1590/S0100-204X2001000100009](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000100009).
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001b. DOI: [10.1590/S0103-84782001000600027](https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000600027).
- CABRAL, P. D. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS, I. L. J.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, T. R. da C. Relação causa e efeito de caracteres quantitativos sobre a capacidade de expansão do grão em milho-pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 1, p. 108-117, 2016. DOI: [10.5935/1806-6690.20160013](https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160013).
- CANDIDO, L. S.; ANDRADE, J. A. C. Breeding potential of maize composite Isanão VF1 in small spacing in the second growing season. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 8, n. 1, p. 56-64, 2008.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012. v. 1, 514 p.
- DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008. DOI: [10.1590/S0100-204X2008001200008](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001200008).
- DOURADO NETO, D. D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a rendimento de grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v2n3p63-77](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v2n3p63-77).
- FARINELLI, R.; CERVEIRA JÚNIOR, W. R. Resposta de cultivares de milho transgênico e convencional a densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3 p. 336-346, 2014. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v13n3p336-346](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n3p336-346).
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; BORDIN, L.; COICEV, L.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho agrônomo de cultivares de milho nos períodos de safra

- e safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 235-241, 2003. DOI: [10.1590/S0006-87052003000200008](https://doi.org/10.1590/S0006-87052003000200008).
- GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, p. 819-828, 2014. Suplemento. DOI: [10.1590/0034-737x201461000007](https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000007).
- GILO, E. G.; SILVA JÚNIOR, C. A.; TORRES, F. E.; NASCIMENTO, E. S.; LOURENÇÃO, A. S. Comportamento de híbridos de milho no cerrado sul-matogrossense, sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 908-914, 2011.
- GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. de. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006. DOI: [10.1590/S1413-70542006000300001](https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000300001).
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 348-359, 2011. DOI: [10.5216/pat.v41i3.9650](https://doi.org/10.5216/pat.v41i3.9650).
- LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. C. F.; CONTARDI, L. M. Influência do espaçamento entre linhas em características fitotécnicas e acúmulo de massa seca de híbridos de milho. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v. 12, n. 4, p. 1027-1039, 2016. DOI: [10.5935/ambiencia.2016.04.nt2](https://doi.org/10.5935/ambiencia.2016.04.nt2).
- MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; XIMENES, P. A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 170-181, 2006. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v5n2p170-181](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v5n2p170-181).
- NUNES, H. V.; MIRANDA, G. V.; SOUZA, L. V.; GALVÃO, J. C. C.; COIMBRA, R. R.; MELO, A. V. Comportamento de cultivares de milho pipoca em diferentes épocas de semeaduras. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 50, n. 290, p. 445-460, 2003.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia tropical**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.
- PORTO, A. P. F.; VASCONCELOS, R. C.; VIANA, A. E. S.; ALMEIDA, M. R. S. Variedades de milho a diferentes espaçamentos no Planalto de Vitória da Conquista-BA. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 208-214, 2011. DOI: [10.5039/agraria.v6i2a924](https://doi.org/10.5039/agraria.v6i2a924).
- ROSSATO JÚNIOR, J. A. S.; CAZETTA, D. A.; BARBOSA, J. C.; FORNASIERI FILHO, D. Popping expansion and yield responses of popcorn cultivars under different row spacings and plant populations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 12, p. 1538-1545, 2013. DOI: [10.1590/S0100-204X2013001200002](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001200002).
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; SILVA, A. A.; ERNANI, P. R.; HORN, D.; ESTRIEDER, M. L.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C. Desempenho agrônômico de cultivares de milho em quatro sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 218-231, 2006. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v5n2p218-231](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v5n2p218-231).
- SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; RAMPAZZO, C.; BIANCHET, P. Response of brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 39-51, 2002.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.1, p. 159-168, 2001. DOI: [10.1590/S0103-84782001000100027](https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000100027).
- SÃO JOSÉ, A. S. O Milho: como produzi-lo melhor e mais barato. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 5, p. 421-440, 1944.
- SAWAZAKI, E. A cultura do milho pipoca no Brasil. **O Agrônômico**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 11-13, 2001.
- SILVA, A. F.; SCHONINGER, E. L.; CAIONE, G.; KUFFEL, C.; CARVALHO, M. A. C. Produtividade

de híbridos de milho em função do espaçamento e da população de plantas em sistema de plantio convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 162-173, 2014.

DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p162-173](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p162-173).

SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L. **Arranjo de plantas e sua importância na definição do rendimento de grãos em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 63 p.

STACCIARINI, T. C. V.; CASTRO, P. H. C.; BORGES, M. A.; GUERIN, H. F.; MORAES, P. A. C.; GOTARDO, M. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento

da densidade populacional. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 4, p. 516-519, 2010.

TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; GOES, R. J.; HAGA, K. I.; ARF, O.; GITTI, D. C. Características agronômicas da cultura do milho em função do preparo de solo e arranjo espacial de plantas. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 26, p. 485-495, 2014.

TAVARES, L. C. V.; FOLONI, J. S. S.; BASSOI, M. C.; PRETE, C. E. C. Genótipos de trigo em diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 166-174, 2014.

DOI: [10.1590/S1983-40632014000200010](https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000200010).