

**OTIMIZAÇÃO E DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA  
GRÃOS E SILAGEM EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS**

**VIVANE MIRIAN LANHELLAS GONÇALVES**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
FEVEREIRO - 2021**

# OTIMIZAÇÃO E DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA GRÃOS E SILAGEM EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

**VIVANE MIRIAN LANHELLAS GONÇALVES**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Orientador: Prof. Messias Gonzaga Pereira

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
FEVEREIRO - 2021

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

G635

Gonçalves, Vivane Mirian Lanhellas.

Otimização e desempenho de híbridos de milho para grãos e silagem em diferentes arranjos espaciais / Vivane Mirian Lanhellas Gonçalves. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

112 f. : il.

Bibliografia: 83 - 100.

Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2021.

Orientador: Messias Gonzaga Pereira.

1. *Zea mays* L.. 2. Densidade Populacional. 3. Produtividade. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 631.5233

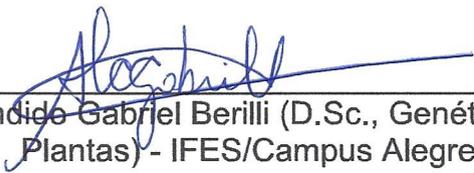
# OTIMIZAÇÃO E DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA GRÃOS E SILAGEM EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

**VIVANE MIRIAN LANHELLAS GONÇALVES**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

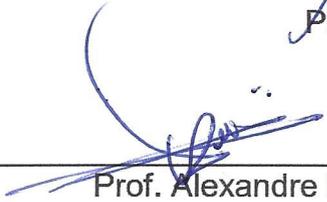
Aprovada em 23 de fevereiro de 2021.

Comissão Examinadora:



---

Prof<sup>a</sup>. Ana Paula Candido Gabriel Berilli (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) - IFES/Campus Alegre



---

Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF



---

Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior (D.Sc., Genética e Melhoramento) - UENF



---

Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph. D., Plant Breeding) - UENF  
(Orientador)

## DEDICATÓRIA

À minha mãe e à minha irmã,  
que sempre me deram suporte em todas  
as etapas da minha vida,  
por todo amor, força e apoio.

E ao meu pai,  
que não se encontra mais conosco,  
mas sempre estará comigo.

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

### ***À minha fé***

À Deus que mesmo escrevendo a vida por linhas tortas, trouxe-me até o final certo e feliz, sempre me fazendo acreditar no futuro.

### ***À minha família***

À minha mãe Aldineia e minha irmã Frances, por estarem sempre ao meu lado, e mesmo diante de tantas dificuldades e momentos difíceis sempre me apoiaram, me amaram, me fortaleceram e acreditaram em mim.

Ao meu pai Pedro, que o perdi no início do meu mestrado, a ele dedico todo o meu esforço, e sei que estará sempre comigo em todos os momentos da minha vida.

### ***Ao meu namorado***

Ao meu namorado Franklim, por todo seu amor, companheirismo, amizade e por toda sua ajuda nesse trabalho. Que me apoiou e me encorajou a não desistir, por me incentivar e fazer com que eu acreditasse em mim mesma.

### ***À Pós-Graduação***

À UENF por ter tornado o sonho de cursar a faculdade em realidade e continuar nessa caminhada no Mestrado.

À Capes, por ter me concedido a bolsa de mestrado e a Faperj/UENF pelo financiamento para realização desse projeto.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

### ***A todos que ajudaram na minha trajetória do Mestrado***

Ao meu orientador Prof. Messias Gonzaga Pereira, por acreditar e pela confiança depositada em mim ao me deixar realizar este trabalho, por sua excelente orientação.

Aos meus colegas de laboratório, Jocarla, Izaias e Renato por toda amizade, parceria, ajuda e apoio, no campo e com as análises.

### ***Aos amigos do Colégio Agrícola e de Itaocara***

Ao técnico agrícola senhor José Manoel, por sua ajuda, apoio e pelos seus ensinamentos de campo, e ao Dr. Leandro Espanhol, por todo apoio em Itaocara.

Aos amigos Valdinei, Luzimara, Durval, Marcelo, Marcelo Júnior, Valter e Suianny, por toda amizade, ajuda e apoio.

Aos funcionários de apoio no campo e aos seguranças, no Colégio Agrícola Antônio Sarlo e em Itaocara.

### ***Aos professores e amigos da UENF***

Aos professores que contribuíram para minha formação durante a mestrado.

À toda equipe do milho pipoca, aos meus colegas de turma, aos meus amigos Fernando, Débora, Mariana e Felipe.

***A todos que me ajudaram de forma direta e indireta, MUITO OBRIGADA!***

*“Ninguém vê suas lutas, mas todos veem sua vitória”*

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	4
2.1. Objetivo Geral.....	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	5
3.1. Classificação botânica e origem do Milho ( <i>Zea mays</i> L.).....	5
3.2. Importância econômica.....	7
3.3. Silagem de milho .....	9
3.4. Milho verde .....	12
3.5. Melhoramento genético do milho (grãos, silagem/verde) .....	13
3.6. Densidade Populacional .....	15
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
4.1. Material genético vegetal.....	19
4.2. Ensaio de avaliação.....	21
4.3. Características avaliadas:.....	23
4.4. Análise Estatística .....	25
4.4.1. Análise de Variância .....	25
4.4.2. Estimativa dos parâmetros genéticos e estatístico .....	28
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29

5.1. Melhoramento genético visando a produção de grãos .....	29
5.1.1. Análise de variância e estimativas dos parâmetros genéticos .....	29
5.1.2. Densidade x características x genótipos .....	32
5.1.2.1 Ambiente Campos dos Goytacazes .....	33
5.1.2.2 Ambiente Itaocara .....	40
5.2. Melhoramento genético para produção de silagem .....	48
5.2.1. Análise de variância e estimativas dos parâmetros genéticos .....	48
5.2.2. Densidade x características x genótipos .....	51
5.2.2.1. Ambos ambientes .....	52
5.2.2.2. Ambiente Silagem 1 .....	55
5.2.2.3. Ambiente Silagem 2 .....	59
5.3. Efeito da densidade na produtividade para grão e silagem .....	66
5.4. Efeito da densidade nos genótipos na produtividade para grãos e silagem .....	70
5.4.1. Valor econômico .....	75
5.4.1.1. Para grão .....	75
5.4.1.2. Para Silagem .....	78
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>

## RESUMO

Gonçalves, Vivane Mirian Lanhellas; M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, fevereiro de 2021. Otimização e desempenho de híbridos de milho para grãos e silagem em diferentes arranjos espaciais; Orientador: Prof. Messias Gonzaga Pereira. Conselheiros: e Prof. Alexandre Pio Viana e Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) possui um programa de melhoramento genético de milho (*Zea mays* L.), uma das culturas de maior importância socioeconômica no mundo. O Brasil, dentre os maiores produtores, disponibilizou a região Norte/Noroeste Fluminense os híbridos, UENF 506-6 e o UENF 506-11 para grãos e os híbridos UENF MS 2208 e UENF MSV 2210 para silagem. O UENF 506-16, obtido recentemente e sem registro. O presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial agrônomo e a otimização da densidade populacional, para maximizar a produção de grãos, espigas e massa verde. Para tanto, foram realizados ensaios para avaliar grão e silagem/verde, com os híbridos desenvolvidos pela UENF, e os genótipos AG 1051, BM 3061 e BR 106. Delineamento em blocos casualizados arranjos em parcelas subdivididas, as parcelas com as densidades populacionais de 50.000, 66.667, 83.333 e 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente e as subparcelas pelos oito genótipos. Características avaliadas: florescimento; altura de planta e espiga; Stand; número, comprimento de espiga, diâmetro de espiga e colmo; número de fileira; peso de espiga e de 100 grãos; produtividade de grãos; SPAD; produtividade de espiga com

e sem palha no ponto de silagem; peso de grãos no ponto de silagem; produtividade de massa verde e a proporção de grãos na massa verde. Com a análise de variância e teste de Tukey obteve-se efeito significativo para as características avaliadas, exceto para interação ambiente x densidade. De modo geral, para grão, o destaque foi o UENF 506-16, com 6.120 kg ha<sup>-1</sup>. Para silagem no peso de grãos, o AG 1051 com 13.379 kg ha<sup>-1</sup>, o BM 3061 com 11.152 kg ha<sup>-1</sup>, e UENF MSV 2210 com 9.641 kg ha<sup>-1</sup>. Para a característica de produtividade de massa verde, o destaque foi o UENF MS 2208 com 58.743 kg ha<sup>-1</sup>. Pôde-se observar um aumento da produtividade conforme o aumento das densidades populacionais, o que se observa ao contrário no SPAD Index. Se adequar o índice de verde com as produtividades, percebe-se o aumento desta característica conforme o aumento das densidades populacionais, comprovando o que se observa na produtividade. Com o teste de Tukey, as densidades de 100.000, 83.333 e 66.667 plantas ha<sup>-1</sup>, foram iguais estatisticamente. Por média de produtividade, pode-se indicar de forma abrangente, o espaçamento de 0,50 m, com densidade de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, para obtenção de grão e silagem. A melhor vantagem econômica considerando o preço de venda em kg, ficou para o UENF 506-11 com R\$ 3.409,33 em 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O UENF 506-16, que ainda não foi registrado, possui uma produtividade maior em 66.667 plantas ha<sup>-1</sup> e se lhe atribuído valores iguais ao UENF 506-11, obtém uma vantagem econômica de R\$ 4.022,00. Para silagem, UENF MS 2208 a melhor produtividade da massa verde em 100.000 plantas ha<sup>-1</sup> e vantagem econômica de R\$ 8.359,02. O UENF 506-16 tem potencial para avaliações futuras com o objetivo de registro e recomendação para a região Norte/Noroeste Fluminense, e os híbridos desenvolvidos pela UENF têm todos os requisitos e qualidades para competir no mercado nacional.

## ABSTRACT

Gonçalves, Vivane Mirian Lanhellas; M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, February 2021. Optimization and performance of corn hybrids for grains and silage in different spatial arrangements; Advisor: Prof. Messias Gonzaga Pereira. Committee Members: Prof. Alexandre Pio Viana and Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior.

The State University of the North Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) has breeding program for corn (*Zea mays* L.), one of the most important socioeconomic crops in the world and Brazil among the largest producers, which has made available to the North / Northwest region Fluminense the hybrids, UENF 506-6 and UENF 506-11 for grains and hybrids UENF MS 2208 and UENF MSV 2210 for silage. UENF 506-16 was, recently obtained and without registration yet. The objective of this study was to evaluate the agronomic potential and the optimization of population density, to maximize the production of grains, ears and green mass. Tests were carried out to evaluate grain and silage / green, with hybrids developed by UENF, and genotypes AG 1051, BM 3061 and BR 106. The yield trials were conducted in a split plot design, plots with population densities of 50,000, 66,667, 83,333 and 100,000 plants ha<sup>-1</sup>, respectively and the subplots by the eight genotypes. Characteristics evaluated were: flowering; plant and ear height; Stand; ear number, ear length, ear diameter and length; row number; ear weight and 100 grains weight; grain yield; SPAD; ear yield with and without straw at the silage point; grain weight at the silage point; green mass yield and the proportion of grains in the green mass. With the

analysis of variance and Tukey's test, a significant effect was obtained for the evaluated characteristics, except for environment x density interaction. In general, for grain, the highlight was UENF 506-16, with 6,120 kg ha<sup>-1</sup>. For grain weight silage, the AG 1051 with 13,379 kg ha<sup>-1</sup>, the BM 3061 with 11,152 kg ha<sup>-1</sup>, and UENF MSV 2210 with 9,641 kg ha<sup>-1</sup>. For the green mass yield characteristic, the highlight was the UENF MS 2208 with 58.743 kg ha<sup>-1</sup>. It is possible to observe an increase in yield as the population densities increase, which is observed in the opposite in the SPAD Index. If the green index is adjusted to the density, an increase in this characteristic can be seen in line with the increase in population densities, proving what is observed in productivity. With the Tukey test, the densities of 100,000, 83,333 and 66,667 plants ha<sup>-1</sup>, were statistically equal. By average productivity, the spacing of 0.50 m, with density of 100,000 plants ha<sup>-1</sup>, maybe comprehensively indicated for obtaining grain and silage. The best economic advantage considering the seed sale price in kg was for UENF 506-11 with R\$ 3,409.33 in 100,000 plants ha<sup>-1</sup>. The UENF 506-16, which has not yet been registered, has a higher productivity in 66,667 plants ha<sup>-1</sup> and if it is assigned values equal to the UENF 506-11, it obtains an economic advantage of R\$ 4,022.00. For UENF MS 2208 silage, the best green mass yield was obtained in 100,000 plants ha<sup>-1</sup> and an economic advantage of R\$ 8,359.02. The UENF 506-16, has the potential for future evaluations with the objective of registration and recommendation for the North / Northwest Fluminense region, and the hybrids developed by UENF have all the requirements and qualities to compete in the national market.

## 1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) ocupa posição de destaque no cenário mundial, pois além de ser o cereal mais cultivado no mundo, é considerado uma das culturas mais importantes no cenário agrícola mundial. Isto é decorrente da ampla aptidão de utilizações que esta gramínea apresenta, sendo caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação humana, alimentação animal até a indústria de alta tecnologia, como produção de biocombustíveis (Duarte, 2006; Senger et al., 2005; Von Pinho et al., 2007; Moro e Fritsche-Neto, 2015; Carvalho et al., 2016a).

No Brasil, a cultura do milho ocupa o segundo lugar, em área e produção de grãos, sendo superada apenas pela cultura da soja (Sidra-IBGE, 2020). Atualmente, é o terceiro maior produtor mundial, sendo superado pelos Estados Unidos e pela China de acordo com o 7º levantamento do USDA publicado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - Fiesp (2020).

Já a prática de produção da ensilagem no Brasil foi iniciada no final do século XIX e sua utilização vem crescendo como opção na alimentação animal, tanto no período de inverno como durante o verão. A utilização da silagem no Brasil vem aumentando a cada ano, resultado de suas características qualitativas e quantitativas, aceitabilidade por várias espécies animais, contribuindo com o desempenho animal satisfatório em produção de carne ou leite. Assim, o milho é consagrado como uma das melhores plantas forrageiras e mais recomendada para produção de silagem (Fancelli e Dourado Neto, 2000; Deminicis et al., 2009).

O milho para silagem é pouco cultivado na região Norte e Noroeste Fluminense, sendo que seu cultivo na maioria das vezes se dá por pequenos produtores que visam à alimentação animal, nos períodos críticos de seca. Destaca-se que, a produção é utilizada na própria propriedade, em cerca de 60% dos estabelecimentos que são produtores de milho (Cruz et al., 2011). Embora o comércio local não explore muito esse tipo de cultivo, o consumo se torna essencial em alguns períodos, o que poderia trazer uma renda para os produtores que obtivessem uma cultivar de rendimento interessante (Neumann et al., 2009).

Com a modernização da agricultura ao longo dos anos e a importância do milho no cenário mundial, os programas de melhoramento genético têm buscado maneiras eficientes para selecionar genótipos superiores (Hallauer et al., 2010). Com isso, os programas de melhoramento sejam em instituições públicas ou privadas têm contribuído para o aumento da produtividade (Gabriel et al., 2009).

À vista disso, a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, iniciou um programa de melhoramento de milho em 1996, e este programa já disponibilizou híbridos de milho para grão e silagem/verde, registrados para as regiões do Norte e Noroeste Fluminense – RJ. Como resultado do programa, um dos híbridos registrados, o UENF 506-11 tem sua semente produzida via parceria entre a UENF e a empresa Rio Norte Sementes.

Os programas de melhoramento genético de plantas, vêm realizando pesquisas com os avanços da tecnologia para produzir genótipos de alto potencial produtivo. Já o manejo oferece condições para que esse potencial produtivo seja expresso (Bueno, 2019). Contudo, para se obter incrementos na produção de grãos de milho deve-se aumentar a eficiência fotossintética das plantas, e isso pode acontecer com uma melhoria da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, que é aumentada através de uma melhor distribuição de plantas por unidade de área, tornando mais eficiente a conversão da radiação interceptada em matéria seca (Santos et al., 2016).

Essa questão pode ser resolvida através do estudo de densidades de plantio, para que se obtenha uma melhor adequação do número de plantas para cada híbrido maximizar o seu potencial produtivo, essencialmente de grãos. Na massa ensilada é importante ter alta quantidade de grãos, por ter grande influência no valor alimentício das silagens (Neumann et al., 2014).

A densidade de plantas afeta diretamente o desempenho agrônômico do milho, onde a utilização de baixas densidades de plantas promove um menor aproveitamento da radiação solar incidente, diminuindo a produtividade da cultura. Em contrapartida, densidades elevadas podem restringir a atividade fotossintética das plantas e a eficiência de partição dos fotoassimilados à produção de grãos. Portanto, o sucesso do adensamento como alternativa de manejo para aumentar a produtividade do milho é afetado por diversas variáveis (Sangoi et al., 2019).

A adoção de práticas como a redução do espaçamento entre linhas e o aumento da população de plantas, especialmente para milho grão, tem proporcionado ganhos significativos no rendimento da produtividade, pela otimização do uso de fatores de produção como água, luz e nutrientes (Demétrio et al., 2008). O rendimento de uma lavoura se eleva com o aumento da densidade de plantio, até atingir uma densidade ótima, sendo determinada pela cultivar e por condições externas resultantes das condições edafoclimáticas do local e do manejo da lavoura (Cruz e Filho, 2005).

A partir da densidade ótima, que de modo consequente é o ponto de rendimento máximo, elevar a densidade traz como consequência um decréscimo progressivo na produtividade da lavoura (Resende et al., 2003).

O milho, dentro da família da gramínea é a espécie agrônômica mais sensível a variações na densidade de plantas, sendo provavelmente a espécie que apresenta o maior potencial de rendimento de grãos (Sangoi, 2001).

Portanto, se faz necessária a condução de pesquisas que busquem a melhor população de plantas e espaçamentos que tragam maiores produtividades para a cultura do milho, bem como, conhecer o comportamento da cultura frente a esses fatores (população x espaçamentos).

Assim, na presente pesquisa procurou-se a otimização espacial dos híbridos desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético da UENF, avaliando o potencial dos mesmos para grão e silagem/verde, assim como os caracteres agrônômicos, o efeito da interação entre a densidade populacional de plantas e o espaçamento entrelinhas, para se estimar os efeitos da população de plantas acima da ideal na definição de produtividade, identificar modificações nos atributos das plantas que contribuirão para melhorar a adaptação do milho e definir melhor o espaçamento entre linhas, para que expressem seus potenciais genéticos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Avaliar o arranjo espacial e a otimização da densidade populacional para maximizar a produção de grãos, espigas e massa verde das cultivares desenvolvidas para grão e silagem/verde pelo programa de genética e melhoramento da UENF para as regiões Norte e Noroeste Fluminense.

### 2.2. Objetivos específicos

- Avaliar o potencial dos híbridos provenientes do programa de melhoramento de milho da UENF via Seleção Recorrente e *Topcross*, visando possível recomendação futura do híbrido do 16º ciclo de Seleção Recorrente;
- Avaliar características morfoagronômicas e estimar parâmetros genéticos;
- Estimar o progresso genético dos híbridos obtidos pelo programa de Seleção Recorrente;
- Determinar e recomendar os espaçamentos entre linhas ideais para esses híbridos, visando a melhor produção, para as regiões do Norte/Noroeste Fluminense.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Classificação botânica e origem do Milho (*Zea mays* L.)

O milho é uma gramínea, pertencente à família Poaceae, da tribo *Maydeae*, ao gênero *Zea* e a espécie *Zea mays* L., gênero *Zea* é considerado monotípico, sendo constituído por uma única espécie, ou seja, *Zea mays* L. (Paterniani, 1980, Canechio Filho, 1985; Môro e Fritsche-Neto, 2015).

Trata-se de uma espécie alógama, que apresenta fecundação cruzada com taxa de autofecundação inferior a 5%, monoica, apresentando, na mesma planta os dois sexos, separados em diferentes inflorescências, C4, anual, robusta, ereta e diplóide com  $2n=2x=20$  cromossomos (Paterniani, 1980; Môro e Fritsche-Neto, 2017). Possui ciclo que varia entre 110 e 180 dias. Cada planta desenvolve 20-21 folhas e cerca de 65 dias após a emergência ocorre o florescimento, atingindo a maturidade fisiológica em torno de 125 dias, dependendo da cultivar (Ritchie et al., 2003).

Planta de porte ereto, com altura oscilando entre 1 a 3,5 metros, de acordo com as variedades. Tem caule do tipo colmo, constituído de nós e entrenós, de calibre robusto. Em torno desse caule, as folhas se distribuem na forma chamada dística, dispostas alternadamente, para um lado e para outro diametralmente oposto. Os limbos foliares são geralmente longos, largos e planos, e mantidos em ângulos aproximadamente retos com o colmo, por uma forte nervura central, pontiagudas, muito eficientes em fotossíntese (Bull, 1993; Fornasieri Filho, 2007; Moraes, 2012).

Apresenta sistema radicular típico das Poaceae, (fasciculado ou em “cabeleira”), podendo atingir 1,5 a 3,0 m de comprimento, concentrados nos primeiros 30 cm de profundidade, o que pode explicar sua reduzida tolerância à deficiência hídrica (Fornasieri Filho, 2007). Também apresenta raízes adventícias que auxiliam na sustentação da planta e pode ajudar na absorção de nutrientes. As flores masculinas localizam-se na panícula terminal, conhecida como pendão, e as flores femininas, em espigas axilares. A espiga é constituída por um eixo ou ráquis, local em que se desenvolvem centenas de ovários, cada um com um saco embrionário (Dias, 2011).

O desenvolvimento da planta de milho é classificado em estádios vegetativos e estádios reprodutivos que são estabelecidos quando 50% ou mais das plantas no campo estiverem naquele estádio ou além dele (Ritchie et al., 2003). É uma planta pouco tolerante à seca, por possuir sistema radicular fasciculado e superficial. Suas folhas são alternadas, presas à bainha superpostas que envolvem o colmo e inflorescências (Goodman e Smith, 1987). No fotoperíodo, o milho é considerado planta neutra ou de dias curtos. Seu cultivo é favorecido em épocas do ano em que a temperatura do ar é superior a 15°C. Seu desenvolvimento é muito afetado pela quantidade de radiação solar, por isso as maiores produtividades são obtidas em condições de alta radiação. (Reichardt, 1993).

A planta de milho é reconhecida por ser eficiente no aproveitamento da radiação solar incidente e conversão em fotoassimilados, com respostas crescentes ao aumento da intensidade luminosa. Deste modo, este vegetal apresenta potencial em atingir elevados rendimentos de grãos (Fancelli, 2015) e também, na produção de biomassa (Fancelli e Dourado Neto, 2000).

Considerada uma das plantas cultivadas mais antigas do Continente Americano, tem sua origem aproximadamente de sete a dez mil anos atrás no México e na América Central (Guatemala) e é um dos vegetais superiores mais estudados (Galinat, 1995).

Há inúmeras hipóteses sobre a origem do milho, onde, três são mais discutidas: a primeira hipótese foi proposta por Weatherwax em 1954, onde o milho, *Tripsacum* spp. e o teosinte originam-se de um ancestral comum. A segunda hipótese é defendida por Beadle (1978) e Galinat (1974, 1977), que sugerem que o milho teria se originado de forma direta e unicamente do teosinte, por seleção que é praticada pelo homem. E a terceira hipótese, foi proposta por Mangesldorf,

em 1974 onde sugere o milho como antepassado do teosinte, onde acredita-se que o teosinte tenha-se originado do milho. A hipótese mais consistente e aceita é a que demonstra que o milho descende do teosinte, que é uma gramínea com várias espigas sem sabugo, que pode cruzar naturalmente com o milho e produzir descendentes férteis (Galinat, 1974 e 1977; Goodman e Smith, 1987; Paterniani e Campos, 2005; Kistler et al., 2018).

Fora das Américas, não existem fósseis nem evidências linguísticas e históricas do milho. Desde o início da agricultura nas Américas, o milho tem sido submetido à pressão seletiva pelo homem. É a planta cultivada que atingiu o mais elevado estágio de domesticação, uma vez que perdeu a característica de sobrevivência sem a intervenção do homem (Paterniani e Campos, 2005).

### **3.2. Importância econômica**

O milho (*Zea mays* L.) tem uma relevante importância na economia mundial, ocupando uma posição de destaque entre as espécies agrícolas exploradas, sendo um alimento de alto valor energético e custo relativamente baixo, que pode ser empregado na fabricação de uma grande diversidade genética (Teixeira et al., 2011) e de produtos, de forma direta e indireta (Môro e Fritsch-Neto, 2015).

Sendo esta espécie dentre as originárias das Américas, a de maior importância econômica e social em nível mundial, em termos de área semeada e de produção de grãos. No Brasil, o milho é cultivado em todos os estados da Federação e na maioria das propriedades agrícolas (Conab, 2020).

Segundo os dados do Anuário Brasileiro do Milho (Anuário, 2020), os principais países produtores são Estados Unidos, China, Brasil, União Europeia, Argentina e Ucrânia. De acordo com a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - Fiesp (2020), que publicou o 7º levantamento USDA, onde o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Em consumo, o país é o quarto consumidor mundial, perdendo o terceiro lugar para União Europeia, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Fiesp, 2020).

Dos grandes produtores, somente a China e a União Europeia não são exportadoras do grão. Os maiores exportadores são os Estados Unidos com 45,2 milhões de toneladas, Brasil com 34 milhões de toneladas, seguido pela Argentina

e Ucrânia com 38 e 29,2 milhões de toneladas, respectivamente. O Brasil, apesar de estar posicionado como o terceiro maior produtor, segue como segundo maior exportador (Anuário, 2020; Fiesp, 2020).

A Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - Fiesp (2020), publicou no 7º levantamento USDA, para a safra 2020/21, onde é prevista uma produção mundial de milho de 1,14 bilhão de toneladas. O Brasil produziu na safra de 2019/20, 102 milhões de toneladas, e para a safra de 2020/21 é previsto um crescimento de 8% com produção de 110 milhões de toneladas (Conab, 2020 e Fiesp, 2020).

Considerado uma das culturas de maior importância na economia mundial, devido a sua composição nutricional, pois é rico em amido e fonte de proteína, carboidratos, fibras, vitaminas e nutrientes (Santos, 2010); e, é caracterizado pelas diferentes formas de utilização, como a alimentação humana, animal, produção de combustíveis e usos industriais, com uso de tecnologias modernas. (Cruz et al., 2011). Também é fonte de óleos e fibras; e fornecem pequenas quantidades de vitaminas B1, B2 e E (Abimilho, 2019). Possui alto potencial produtivo, além de ser considerada matéria-prima para diversos complexos agroindustriais (Fancelli, 2017).

No ramo de consumo animal, existem três grandes derivações no processo produtivo do milho: a produção de silagem, a industrialização do grão de milho em ração e o emprego do grão em mistura com concentrados proteicos para a alimentação de suínos e aves (Duarte, 2009). O uso do milho em grão para alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. Nos Estados Unidos, cerca de 50% é destinado a esse fim, enquanto que no Brasil varia de 60 a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano (Duarte et al., 2012).

Somente cerca de 15% da produção nacional de milho se destinam ao consumo humano e isso se deve, principalmente, à falta de informação sobre suas possibilidades de uso e de uma maior divulgação de suas qualidades nutricionais (Abimilho, 2019). Na alimentação humana, este cereal pode ser utilizado na produção de alimentos básicos na forma de grãos como fubás, farinhas, canjicas e óleos, ou seja, pode ser consumido na forma de receitas caseiras como: espigas assadas e/ou cozidas, pamonhas, curau, pães, bolos, broas, cuscuz, polentas, angus, sopas e farofas, dentre outras e milho verde *in natura*. Adicionalmente, este

produto é muito requerido na indústria alimentícia, como matéria-prima para fabricação de aditivos, tais como: corantes, caramelo, maltodextrinas e amidos alimentícios (Sologuren, 2015).

Com todas essas atribuições ao milho, é possível afirmar que existe espaço para aumentar a produção e produtividade brasileira de milho. O melhoramento genético cumpre um papel estratégico, pois a partir do potencial estabelecido geneticamente, as plantas de uma lavoura podem aproveitar os avanços tecnológicos proporcionados pela melhoria das condições de cultivo, sendo então, o desenvolvimento de genótipos uma condição indispensável (Ferreira Júnior, 2019).

Na região Norte e Noroeste Fluminense, a cultura do milho vem sendo utilizada como alternativa de diversificação. Embora não seja uma região tradicional de cultivo de grãos e silagem, é fundamental o desenvolvimento de cultivares superiores. Além da necessidade do milho para produção de grãos, produtores da região utilizam silagem de milho como fonte adicional de volumosos durante o período seco do ano (C Revelari, 2016). Essas cultivares, a serem melhoradas são de grande utilidade, visto que uma mesma cultivar pode ser utilizada para grãos, silagem e/ou milho verde.

### **3.3. Silagem de milho**

A silagem é produzida pelo processo da ensilagem, uma técnica de conservação da forragem que consiste em corte, picagem, compactação e a devida alocação do material dentro de um recipiente ou estrutura denominada silo (Pahlow et al., 2003); e serve como importante fonte de nutrientes e também como fonte de fibra, o que permite manter a saúde ruminal (Wilkinson e Rinne, 2017).

No Brasil, a ensilagem é uma das principais formas de conservação de forrageiras para garantir a alimentação dos ruminantes durante o período seco do ano (Zeoula et al., 2003). A silagem se torna uma alternativa interessante, para suprir a baixa oferta de forragem nos períodos de estacionalidade de produção das pastagens, onde as pastagens naturais se tornam cada vez mais escassas. Podem ser utilizadas também como ingrediente na composição de dietas de rebanhos confinados (Deminicis et al., 2009; Cruz, 2010; Oliveira e Millen, 2014).

Com o avanço da atividade pecuária de leite e de corte na forma de criações mais intensivas, a produção de volumosos e sua conservação tornaram-

se pontos críticos para os produtores (Resende et al., 2016). A adoção da silagem como estratégia alimentar é cada vez mais empregada em sistemas intensivos de produção de carne e leite, uma vez que permite a armazenagem de grandes quantidades de alimento volumoso para o fornecimento aos animais, principalmente em períodos em que a forragem é escassa ou de baixa qualidade (Klein et al., 2018).

O milho tem participação significativa na evolução da pecuária de leite brasileira. Em grãos ou ensilado, é usado na alimentação do gado leiteiro em mais de 70% das propriedades leiteiras do país, tornando-se uma cultura padrão para a ensilagem, pela tradição de cultivo, pela alta produtividade, bom valor nutricional, aliado à capacidade de produção de grãos, que enriquecem o volumoso produzido. Tornando-se o principal volumoso empregado nos sistemas intensivos de produção de carne e, principalmente, de leite tanto no Brasil quanto em países da Europa e na América do Norte (Alvarez et al., 2006; Paziani et al., 2009; Ali et al., 2014; Bernardes e Rêgo, 2014; Pereira, 2015).

A produção de leite é o principal indicador do mercado de silagem de milho no Brasil. Concentradas nas regiões sul e sudeste do país são justamente nessas regiões de maior produção de leite que se encontram as maiores áreas de produção de silagem, a opção de volumoso conservado em mais de 70% das propriedades leiteiras. Os pecuaristas intensificam os sistemas de produção, e precisam de volumosos de mais qualidade para obter o máximo do potencial genético dos rebanhos. Do ponto de vista nutricional, silagens com maior participação de grãos e boa qualidade de planta têm maior digestibilidade, permitindo maior consumo pelos animais, possibilitando aumento de produtividade e reduzindo a necessidade de suplementação concentrada (Pereira, 2015).

O milho apresenta os requisitos básicos para a confecção de uma boa silagem e tem sido cada vez mais recomendado devido às suas características de alto rendimento de massa verde por hectare, boa qualidade, relativa facilidade de fermentação no silo. Outras vantagens que o cereal proporciona são o baixo custo operacional de produção, uma boa aceitabilidade por parte dos animais e ganhos de peso satisfatório de animais em confinamento (Gomes et al., 2001; Cruz et al., 2012; Khan et al. 2015).

Comparada a outros volumosos, a cultura do milho possibilita grandes produtividades de forragem por área em menor tempo, permitindo o plantio

sucessivo de outras culturas. É o volumoso de maior qualidade nutricional, dependendo de menor suplementação concentrada para que os animais tenham maiores produtividades (Gomes et al., 2001).

Pelo seu grande potencial produtivo e adaptabilidade aos mais diferentes ambientes, o milho é muito utilizado para a produção de forragem e grãos em todo o mundo (Alvarez et al., 2006). Entretanto, com a crescente melhora no padrão genético dos animais e com a intensificação da produção pecuária, aumenta-se também a exigência na qualidade da silagem (Paziani et al., 2009).

Neste sentido, para que as características favoráveis sejam alcançadas, as etapas da confecção da silagem devem ser rigorosamente cumpridas com vistas a garantir um alimento de qualidade. Uma das primeiras etapas da ensilagem está na escolha do híbrido adequado, onde cada cultivar tende a apresentar uma resposta agrônômica e nutricional distinta com base em seu grau de adaptação às condições da região de cultivo (Zopolatto et al., 2009).

Atualmente, está disponível no mercado uma grande diversidade de híbridos de milho, que diferem quanto à finalidade de uso e condições de cultivo (Klein et al., 2018). Entretanto, a escolha do híbrido de milho para a produção de silagem tem por objetivo a obtenção de um produto de alta qualidade, porém de custo acessível. Características como manejo adequado da adubação, época de corte e alta relação grãos/massa verde propiciam maior produção de matéria seca e maior produção de grãos, implicando em uma silagem nutricionalmente digestível e com menor teor de fibra (Silva et al., 1994; Andrade et al., 1998; Costa et al., 2000).

Contudo, devem ser considerados os potenciais produtivos de cada híbrido, além das características agrônômicas das plantas, uma vez que são fatores que podem interferir na qualidade do material ensilado (Klein et al., 2018).

Para Neumann et al. (2007), a qualidade da silagem pode ser influenciada pelo tipo de híbrido utilizado, pelo estágio de maturação na colheita, além de aspectos relativos ao solo e ao clima. Moraes et al. (2013) afirmam que a qualidade, as características bromatológicas e o valor nutricional do material ensilado podem ser influenciados pela composição estrutural das plantas de milho, pelo tipo de grão, e pela produção de grãos, folha e colmo.

### 3.4. Milho verde

O milho verde é destinado ao consumo humano e seu emprego se dá em diferentes formas, como uso *in natura* dos grãos verdes cozidos e/ou processados em massas. É utilizado na indústria para a fabricação de conservas, bolos, sorvetes, biscoitos e outros (Pereira Filho, 2003; Zárate et al., 2009).

O milho verde é considerado um excelente alimento e, pela sua composição, pode ser consumido por todas as pessoas e em qualquer idade, possui cerca de 1.290 calorias por kg; 3,3 % de proteína; 27,8 % de glicídios; e somente 0,8 % de gordura. (Moraes, 2012).

Para Santos (2012), além dos minerais, o milho verde é rico em vitaminas, em especial as do complexo B, muito importante para o bom funcionamento do sistema nervoso, além disso, o grão também contribui para adiar os processos inflamatórios naturais do envelhecimento, portanto, ajuda a manter o corpo jovem por mais tempo.

O milho verde é comercializado em todo o Brasil, sendo o seu cultivo uma atividade praticamente exclusiva de pequenos e médios agricultores (Filho et al., 2019). Para atender tanto aos interesses da indústria de envasamento quanto à produção para o consumo *in natura* e ao próprio produtor, o milho verde deve apresentar alguns atributos para melhor aceitação, como possibilidade de plantio durante o ano todo, produtividade a campo de espigas acima de 12 t ha<sup>-1</sup>, ciclo variando entre 90 e 110 dias, longevidade no período da colheita, bom empalhamento e rendimento industrial de grãos igual ou maior que 30% (Pereira Filho et al., 2003).

Além disso, deve-se considerar espigas maiores que 15 cm de comprimento e com diâmetro superior a 3 cm, além dos grãos das espigas de coloração creme e amarelo claro, como atributos indispensáveis para comercialização (Albuquerque et al., 2008). A oferta de espigas de boa qualidade pelo produtor e produzidas em sistema de cultivo orgânico, pode favorecer o valor de venda deste produto em até 30%, quando comparado às espigas cultivadas em sistema convencional (Pinho et al., 2008).

A produção do milho verde agrega valor, permitindo o uso de mão de obra familiar, movimentando o comércio e a indústria artesanal. É uma atividade quase que exclusiva de pequenos e médios agricultores que garantem o abastecimento do mercado consumidor (Matos, 2007).

No caso específico da exploração de milho verde para o consumo *in natura*, existem poucas informações, especialmente no que diz respeito ao manejo da lavoura. Nesse tipo de exploração, deve ser levado em conta que as espigas de milho verde serão colhidas antes que os grãos atinjam a maturidade fisiológica e que o agricultor deverá estar atento a uma série de características peculiares do produto, para que tenha sucesso em sua atividade (Cruz e Filho, 2002).

No mercado de milho verde, há poucas opções para o produtor, sendo necessário, por isso, recorrer à ajuda de extensionistas para orientá-lo quanto à escolha da cultivar ideal para atender ao mercado consumidor (Filho et al., 2019). O número de cultivares destinadas à produção de milho verde é baixa, existindo 298 cultivares disponíveis no mercado para a safra de 2017/2018 e somente 5 cultivares (4 são do tipo de grão dentado e 1 do tipo semi-dentado), destas destinadas a tal finalidade (Pereira Filho et al., 2018).

### **3.5. Melhoramento genético do milho (grãos, silagem/verde)**

As pesquisas envolvendo o melhoramento genético do milho foram imprescindíveis para o progresso da cultura, tanto no âmbito agrícola como econômico (Carvalho, 2018). Existem várias estratégias a serem adotadas pelos programas de melhoramento genético do milho, a depender dos objetivos almejados. Tais estratégias podem visar à obtenção de populações, linhagens e híbridos (Ferreira Júnior, 2019).

Na cultura do milho, a exploração de cultivares híbridas tem sido predominantes nos programas de melhoramento de empresas públicas e privadas. O desenvolvimento desta tecnologia viabilizou a indústria de sementes, que hoje é responsável por movimentar, somente no Brasil 16,5 bilhões de reais, sendo que deste total 37% refere-se ao mercado de semente de milho (Abrasem, 2020).

No Brasil, os primeiros trabalhos com variedades híbridas de milho iniciaram no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e na Universidade Federal de Viçosa (UFV). O programa da UFV (antiga ESAV) foi iniciado em 1937 pelos professores Gladstone de Almeida Orunund e Antônio Secundino de São José Araújo. Os professores citados tomaram ciência do milho híbrido nos EUA e iniciaram um programa para o desenvolvimento desta tecnologia. Como resultado obtiveram linhagens das variedades cateto e linhagens de milho dentado,

originando o primeiro híbrido de milho nacional (Bahia Filho et al., 2000). A partir deste marco, várias instituições no Brasil aplicaram-se à obtenção de cultivares híbridas de milho nas mais diversas regiões do país (Paterniani, 1993, Galvão et al., 2014).

Em meados da década de 70, a Universidade Federal de Viçosa iniciou um programa de seleção recorrente recíproca utilizando as populações CIMMYT e Piranão. Nesta instituição, as populações citadas foram trabalhadas em um programa e compreendeu cinco ciclos (1<sup>o</sup> ao 5<sup>o</sup> ciclo) (Ribeiro Junior et al., 2000).

As populações mencionadas que correspondia ao quinto ciclo foram transferidas em 1996 para Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, instante em que se iniciou o presente programa de melhoramento. Para tanto foi implementada a estratégia Seleção Recorrente Recíproca conforme proposto por Hallauer e Miranda Filho (1988), com algumas modificações.

Nas condições regionais do Norte e Noroeste Fluminense foram realizados dez ciclos de Seleção Recorrente Recíproca de Famílias de Irmãos- Completos e, como são requeridos em média dois anos para finalização de cada ciclo, no ano de 2015 completaram-se vinte anos de atividades. Durante este período foram obtidas vinte populações *per se*, sendo dez de cada população e dez híbridos interpopulacionais. Dos híbridos obtidos, o UENF 506-6 e UENF 506-11 já foram registrados e disponibilizados aos agricultores e o híbrido UENF 506-16 ainda não está registrado, fato este de grande relevância regional, pois este é o único programa de melhoramento genético de milho comum em atividade no estado do Rio de Janeiro. (Gonçalves, 2018; Ferreira Júnior, 2019).

Embora tenha ocorrido essa evolução no melhoramento genético do milho, no Brasil ainda não existem cultivares de milho desenvolvidas especificamente para produção de silagem (Oliveira, 2009).

Segundo Gomes et al. (2004), os melhores híbridos de milho destinados à produção de grãos são os mesmos recomendados para produção de silagem. Porquanto no Brasil, o desenvolvimento de híbridos destinados à produção de grãos tem sido superestimado pelos programas de melhoramento genético. Entretanto, Coors et al., (1994) mostraram que nem sempre as melhores cultivares para produção de grãos são as que apresentam melhores condições para realizar a silagem, pois não apresentam condições favoráveis de boa digestibilidade para os animais. Ainda não existem estudos amplos e não foram estabelecidas

correlações entre a produtividade de grãos após a maturidade fisiológica e a produção de massa para silagem.

Existe no Brasil uma grande preocupação por parte dos pesquisadores em relação à produção de milho para silagem, pois há uma disponibilidade restrita de cultivares de milho com grãos macios ou farináceos que garantam alta digestibilidade, que são características de grãos do tipo dentado (Pereira, 2013).

Diante do exposto, é notável a importância da comparação entre os híbridos disponíveis no mercado, nas diferentes regiões, devido à forte interação existente entre os genótipos e o ambiente, dando a certeza da estabilidade na produção, bem como a maior inclusão de análises da composição estrutural dos tecidos das plantas para melhor explicar a variação na qualidade das silagens.

### **3.6. Densidade Populacional**

Entre as práticas e técnicas empregadas para a obtenção de maior produtividade de milho (*Zea mays* L.), a escolha do arranjo espacial de plantas é uma das mais importantes (Almeida et al., 2000). Já que pequenas alterações na população implicam modificações relativamente grandes no rendimento final (Silva et al., 2006).

A população ideal depende da cultivar, da fertilidade do solo, da disponibilidade hídrica e da época de semeadura (Sangoi, 2001). Desse modo, a produtividade tende a se elevar com o aumento da população, até atingir determinado número de plantas por área, que é considerada como população ótima. Após esse ponto, a produtividade decresce com o aumento do número de plantas por área. Quando a densidade de plantas é baixa, ocorre certa compensação por meio do aumento no número de espigas, em razão da prolificidade do genótipo e, ou, variação no tamanho da espiga, o que pode minimizar a diferença da produtividade (Pereira, 1991).

Contudo, com o acréscimo na densidade de plantas e redução do espaçamento entre linhas de semeadura, é possível otimizar a eficiência da interceptação de luz pelo aumento do índice foliar mesmo nos estádios fenológicos iniciais, melhorando a otimização e o aproveitamento do uso de fatores de produção como de água, luz e nutrientes, reduzindo a competição inter e intraespecífica por esses fatores, aumentando a matéria seca e a produção de grãos, proporcionado

ganhos significativos no rendimento da produtividade (Molin, 2000; Demétrio et al., 2008).

Entre as principais culturas agronômicas, o milho é provavelmente o que apresentou os maiores incrementos na produção de grãos nos últimos cinquenta anos (Russell, 1991). As melhorias no rendimento de grãos de milho foram devidas às práticas de produção aprimoradas, como maior fertilidade do solo, melhor controle de ervas daninhas, aumento da densidade das plantas e espaçamento entre linhas, além do uso de híbridos geneticamente superiores (Tollenaar et al., 1994).

A cultura do milho é tradicionalmente implantada no Brasil com espaçamentos entre linhas de 0,80 e 0,90 m, em sistema convencional. (Mattoso et al., 2006). Idealmente, as plantas espaçadas equidistantemente uma da outra competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores de crescimento (Lauer, 1994). O espaçamento entre fileiras guarda forte relação com o arranjo espacial entre plantas, sendo passível de ajuste com o intuito principal de reduzir a competição intraespecífica (Foloni et al., 2014).

A utilização do espaçamento entre fileiras variando de 0,5 a 0,75 m pode melhorar a população de plantas ótimas de milho (Sangoi et al., 1998a). Em sistemas agrícolas bem gerenciados têm-se obtido altas produtividades pela utilização de 55.000 a 72.000 plantas de milho por hectare, adotando-se espaçamento entre 0,55 e 0,80 m entre fileiras, delimitando arranjos espaciais que minimizam as relações de competição por fatores de produção (Fancelli e Dourado Neto, 2004).

A introdução de híbridos, o aumento da utilização de fertilizantes, o desenvolvimento de novos herbicidas para o controle de plantas daninhas, entre outros fatores, estimulou o uso de maiores densidades de plantas no milho (Russell, 1991).

A redução do espaçamento entre linhas possibilita o incremento na distância entre as plantas na linha, proporcionando um arranjo mais equidistante dos indivíduos na área de cultivo, o que possibilita redução na competição entre as plantas por água, por luz e nutrientes (Porter et al., 1997; Alvarez et al., 2006), limitando, por sua vez, o desenvolvimento de plantas daninhas, pela redução de transmissão de luz no dossel vegetal (Balbinot e Fleck, 2005).

Ultimamente, tem-se considerado de grande importância o uso do aumento da densidade populacional na cultura do milho, com intuito de melhorar o aproveitamento de área em busca de obter maior produtividade. Argenta et al. (2001) justificam reavaliar as recomendações de espaçamento e densidades de semeadura para a cultura do milho, em virtude das modificações introduzidas nos genótipos mais recente e também justifica-se reavaliar as recomendações de espaçamento entre linhas e densidade de semeadura de milho em virtude das modificações introduzidas nos genótipos mais recentes, tais como: menor estatura de plantas e altura de inserção de espiga, menor esterilidade de plantas, menor duração do subperíodo pendramento-espigamento, angulação mais ereta de folhas e elevado potencial produtivo.

Assim, torna-se necessário obter informações para analisar o efeito quando se utiliza uma alta população de plantas na cultura do milho por área, e ainda verificar a resposta das cultivares em relação a este aumento da densidade populacional, haja vista que os híbridos de milho expressam comportamentos diferenciados com relação aos componentes da produção quando submetidos à altas densidades de semeadura (Fancelli e Dourado Neto, 2004). Trabalhos desenvolvidos por Sangoi et al. (2002) na região sul do Brasil demonstraram que os híbridos contemporâneos de milho são mais tolerantes às altas densidades de plantas do que os genótipos utilizados no passado.

É constante a demanda por novas tecnologias que proporcionem incrementos significativos na produtividade de milho, como híbridos de melhor desempenho, manejo de adubação e alteração no espaçamento e densidade de semeadura (Mendes et al., 2013). Vários estudos têm demonstrado acréscimo no rendimento de grãos com a alteração no arranjo de plantas, através da redução do espaçamento entre linhas e do adensamento de plantas (Modolo et al., 2010; Stacciarini et al., 2010; Takasu et al., 2014).

Atualmente, nos programas de melhoramento de milho têm-se buscado genótipos com elevada resposta produtiva em elevadas densidades populacionais, de 80 mil a 100 mil plantas por hectare, e sob espaçamentos entre linhas mais reduzidos (Dourado Neto et al., 2003).

No caso de silagens, o efeito do arranjo de plantas ainda necessita de mais estudos. Em seu estudo, Turco (2011) observou interação entre espaçamento e densidade tanto para produção de matéria verde como de matéria seca, onde a

redução do espaçamento e o aumento da densidade de plantas promoveram incremento significativo na produtividade. O estudo de densidades de plantio é essencial, visto que, a melhor adequação do número de plantas para cada híbrido maximiza o potencial produtivo, essencialmente de grãos. Na massa ensilada é importante ter alta quantidade de grãos, por ter grande influência no valor alimentício das silagens (Neumann et al., 2014).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Material genético vegetal

Os materiais vegetais utilizados neste estudo foram os híbridos oriundos do programa de melhoramento genético de milho da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), UENF MSV 2210, UENF MS 2208, UENF 506-6, UENF 506-11 e UENF 506-16, e os híbridos de milhos comerciais disponíveis no mercado, sendo estes as testemunhas, AG 1051, BM 3061 e a variedade BR 106 (Tabela 1).

Os híbridos UENF 506-6, UENF 506-11 e UENF 506-16 foram obtidos dos ciclos 6<sup>o</sup>, 11<sup>o</sup> e 16<sup>o</sup>, respectivamente, pelo método de Seleção Recorrente Recíproca (SRR), conforme preconizado por Hallauer e Ebehart (1970) com algumas modificações.

Os cinco primeiros ciclos (do primeiro ao quinto) foram conduzidos pelo programa de melhoramento da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG. Os onze ciclos subsequentes (do sexto ao décimo sexto), foram conduzidos pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro em Campos dos Goytacazes – RJ. Esses híbridos foram obtidos pelo cruzamento entre as populações Cimmyt e Piranão nos respectivos ciclos de seleção recorrente, que pertencem a grupos heteróticos distintos, sendo a população CIMMYT, pertencente a um grupo heterótico tipo ‘duro’ e a população Piranão, pertencente a um grupo heterótico ‘dentado’. Essas populações possuem um gene braquítico que confere a característica de porte mais baixo às plantas.

Os híbridos UENF MS 2208 e UENF MSV 2210 foram obtidos pelo método *topcross*, vindos de genótipos pertencentes à coleção de milho da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Estes genótipos, todos do grupo heterótico 'dentado', foram cruzados com um único testador, o Piranão 12, que também foi originado do programa de Genética e Melhoramento de Plantas da UENF, e também é base genética ampla, e pertencente ao mesmo grupo heterótico 'dentado'.

Já os genótipos comerciais, o genótipo BR 106 é uma variedade de milho lançada pela Embrapa, em 1985, sendo uma variedade mais rústica, possui menor custo de semente, apresenta boa estabilidade de produção e adaptabilidade a todas as regiões brasileiras, além disso, possui resistência ao acamamento e ao ataque das principais pragas. O BR 106 é um material bastante versátil, prestando-se para diversas finalidades, quais sejam: produção de grãos, silagem ou milho verde (Noce, 2004).

O AG-1051 possui flexibilidade de plantio em todas as regiões do Brasil, com finalidade de uso para silagem, milho verde e produção de grãos com um valor médio/alto de investimento. É um híbrido diferenciado, pois apresenta grande quantidade de massa verde de alta digestibilidade, com um alto potencial de produção de matéria seca e de proteína para a silagem. Além disso, o AG-1051 é líder na produção de milho verde e pamonha. Possui também excelente sistema radicular, que permite grande amplitude de época de plantio (Sementes Agrocere, 2020).

O híbrido de milho BM-3061 possui ciclo semiprecoce, com versatilidade de uso para silagem, grãos e milho-verde com maturidade lenta (Portela, 2016); de porte alto, o que proporciona grande volume de massa verde, o híbrido possui alta produção de espigas e grãos dentados que permitem maior período de colheita e melhor aproveitados pelos bovinos. O BM-3061 pode ser plantado o ano inteiro (Russo, 2016).

**Tabela 1** - Descrição dos 5 genótipos e das 3 testemunhas utilizados nos experimentos quanto ao tipo de grão e procedência.

GENÓTIPOS	PARENTAIS	TIPO DE GRÃO	PROCEDÊNCIA/ PROGENITORES
UENF 506-6	Piranão 6 x Cimmyt 6	SD	Híbrido Interpopulacional, do 6º clico de SRR
UENF 506-11	Piranão 11 x Cimmyt 11	SD	Híbrido Interpopulacional, do 11º clico de SRR
UENF 506-16	Piranão 16 x Cimmyt 16	SD	Híbrido Interpopulacional, do 16º clico de SRR
UENF MSV 2210	Fortaleza x Piranão 12	D	Híbrido Interpopulacional
UENF MS 2208	Caiano de Alegre L 283 x Piranão 12	D	Híbrido de Linhagem x População
AG 1051*	Híbrido Duplo	D	Comercial
BM 3061*	Híbrido Convencional	D	Comercial
BR 106*	População	SD	Comercial

\*Testemunhas.; SD: Semi-dentado.; D: Dentado

## 4.2. Ensaio de avaliação

Foram realizados dois ensaios separados, um para avaliar grão e outro para avaliar silagem/verde. O ensaio para grãos foi instalado no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes (Norte do Estado do Rio de Janeiro) e na Estação Experimental da Ilha Barra do Pomba, em Itaocara no Noroeste Fluminense. Para esse ensaio, foi considerada a época de safra que corresponde entre os meses de outubro e janeiro, onde o mesmo foi implementado em novembro/2019 e colhido em março/2020, pelas condições climáticas que favorecem o plantio do milho para avaliação e colheita de grãos.

O ensaio de silagem/verde foi realizado na época de safrinha, entre março e junho, visando que a demanda maior para silagem se encontra para ser utilizada durante o inverno. Para esse experimento foi adotado outra estratégia, onde o mesmo foi implementado somente no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes (Norte do Estado do Rio de Janeiro). Essa estratégia teve que ser utilizada por questões de impossibilidade de realizar o plantio na Estação Experimental da Ilha Barra do Pomba, em Itaocara no Noroeste Fluminense, devido à pandemia do Corona Vírus em nosso país. Por esse motivo, foi escolhido duas

épocas diferentes, um plantado em abril (Ambiente silagem 1) e o outro em junho (Ambiente silagem 2), e suas colheitas, em agosto e outubro, respectivamente, no ano de 2020.

Considerando esses aspectos, para cada ensaio foram trabalhadas quatro populações/densidades, em delineamento de blocos casualizados, arranjos em parcelas subdivididas, em que as parcelas foram compostas pelos espaçamentos entre linhas (0,50; 0,60; 0,75 e 1,00 m) e as subparcelas com os oito tratamentos (5 genótipos: UENF 506-6, UENF 506-11, UENF 506-16, UENF MS 2208 e UENF MSV 2210 e 3 testemunhas: AG 1051, BM 3061 e BR 106).

De acordo com a variação dos espaçamentos entre linhas, têm-se quatro populações/densidade. Para o espaçamento entre linhas de 0,50 m, uma população de 100.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , o espaçamento de 0,60 m uma população de 83.333 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , já no espaçamento de 0,75 m, tem-se uma população de 66.667 plantas  $\text{ha}^{-1}$  e 50.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  para o espaçamento de 1,00 m.

Cada subparcela foi composta de 3 fileiras, com 3,0 m de comprimento e espaçamento entre plantas na linha de 0,20 metros. Para as avaliações e formação do banco de dados, foi considerada apenas a fileira central como área útil. A parcela foi constituída por 24 fileiras formadas pelas subparcelas dos respectivos genótipos e testemunhas.

Foram semeadas três sementes por cova, a uma profundidade de 5 cm e aos 21 dias após a emergência foi efetuado o desbaste das plantas, deixando uma planta por cova.

A área de plantio foi previamente gradeada e sulcada com o auxílio de um sulcador no espaçamento desejado entre fileiras. De acordo com a análise de solo (Tabela 2), a adubação de semeadura foi aplicada com o formulado N P K 04-14-08. Posteriormente, foram realizadas duas adubações de cobertura: aos 30 dias após o plantio, com o formulado N P K 20-00-20 e a segunda adubação, aos 45 dias após plantio, com ureia. A adubação foi realizada de acordo com cada densidade populacional, variando por população de plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Para o adubo N P K 04-14-08 foram os valores para cada densidade: 100.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ : 87,5 g; 83.333 plantas  $\text{ha}^{-1}$ : 105 g; 66.667 plantas  $\text{ha}^{-1}$ : 131,5 g e 50.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ : 175 g, para o adubo N P K 20-00-20 foram: 100.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ : 52,5 g; 83.333 plantas  $\text{ha}^{-1}$ : 63 g; 66.667 plantas  $\text{ha}^{-1}$ : 79 g e 50.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ : 105 g e para ureia foram:

100.000 plantas ha<sup>-1</sup>: 35 g; 83.333 plantas ha<sup>-1</sup>: 42 g; 66.667 plantas ha<sup>-1</sup>: 52,5 g e 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>: 70 g.

No decorrer do desenvolvimento das plantas, os tratos culturais foram realizados conforme o recomendado para a cultura (Fancelli e Dourado Neto, 2000).

**Tabela 2** - Análises iniciais dos atributos químicos do solo na camada 0-20 cm, dos dois ensaios para grão e silagem.

Local	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	M.O.	V
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					g/dm <sup>3</sup>	%	
AG	5,2	71	0,38	16,0	5,0	1,0	24,0	50,0	19,80	51,9
IG	5,3	28	0,46	15,0	7,0	1,0	18,0	46,0	13,80	60,5
A1	5,7	34	2,0	22,6	6,6	0,0	26,1	58,4	14,48	55,0
A2	6,0	28	3,7	34,3	10,6	0,0	26,9	77,1	22,24	65,0

AG: Agrícola Grão.; IG: Itaocara Grão; A1: Ambiente Silagem 1 e A2: Ambiente Silagem 2.

#### 4.3. Características avaliadas:

Para o ensaio para grão, foram avaliadas as seguintes características: florescimento feminino e masculino (FLOR): considerado como período para floração masculina e feminina, o número de dias decorridos da semeadura ao dia em que 50% das plantas da área útil de cada parcela apresentaram respectivamente pendões e estilo-estigma emergidos; Índice de verde (SPAD): realizadas em cinco plantas da parcela útil escolhidas ao acaso, medido através do aparelho SPAD 502 (Minolta Company), as mensurações foram feitas no terço médio da última folha completamente desenvolvida (quarta folha a partir da folha bandeira) representando a média de três pontos de avaliação nessa região da folha, do estágio R1 e anterior da senescência das mesmas; altura média das plantas (AP): medida do nível do solo até o nó de inserção do pendão, em metros; altura de espigas (AE): medida do nível do solo até a inserção da primeira espiga no colmo, em metros; 'Stand': será obtido pela contagem do número total de plantas presentes na parcela da fileira central (área útil) no momento da colheita; número de espigas (NE): obtido pela contagem do número total de espigas na fileira central da parcela (área útil) e foram transformados para espiga ha<sup>-1</sup> ; comprimento da espiga (CE): obtido através da média de seis espigas escolhidas ao acaso, por meio

da medição em centímetros; número de fileiras de grãos (NF): obtido através da média de seis espigas, por meio da contagem manual; diâmetro da espiga (DE): obtido através da média de seis espigas mensurado com paquímetro digital e expresso em milímetro; peso de espigas (PE): obtido por meio da pesagem de todas as espigas da parcela sem palha na fileira central (área útil), em kg parcela<sup>-1</sup>; após a pesagem, os resultados foram transformados para kg ha<sup>-1</sup>; peso de 100 grãos (P100): obtido pela pesagem em gramas, de uma amostra de 100 grãos sadios, por meio de uma balança de precisão; produtividade de grãos (PROD): obtido a partir da pesagem dos grãos de cada parcela após a debulha e convertidos em kg ha<sup>-1</sup> e SPAD/PROD: médias do índice de verde dividido pela produtividade de cada parcela.

Para o ensaio de silagem, foram avaliadas as seguintes características: florescimento feminino e masculino (FLOR): considerado como período de floração masculina e feminina o número de dias decorridos da semeadura até o dia em que 50% das plantas da área útil de cada parcela apresentaram, respectivamente, pendões e estilo-estigma emergidos; Índice de verde (SPAD): realizadas em cinco plantas da parcela útil escolhidas ao acaso, medido através do aparelho SPAD 502 (Minolta Company), as mensurações foram feitas no terço médio da última folha completamente desenvolvida (quarta folha a partir da folha bandeira) representando a média de três pontos de avaliação nessa região da folha, do estágio R1 e anterior ao ponto do grão para silagem de cada parcela; altura média das plantas (AP): medida do nível do solo até o nó de inserção do pendão, em metros; altura de espigas (AE): medida do nível do solo até a inserção da primeira espiga no colmo, em metros; diâmetro médio do colmo (DC): medido do primeiro entrenó acima do colo da planta, em milímetros; 'Stand': foi obtido pela contagem do número total de plantas presentes na parcela da fileira central (área útil) no momento da colheita; número de espigas (NE): obtido pela contagem do número total de espigas na fileira central da parcela (área útil) e foram transformados para espiga ha<sup>-1</sup>; comprimento da espiga (CE): obtido através da média de seis espigas escolhidas ao acaso, por meio da medição em centímetros; número de fileiras de grãos (NF): obtido através da média de seis espigas, por meio da contagem manual; diâmetro da espiga (DE): obtido através da média de seis espigas mensurado com paquímetro digital e expresso em milímetro; produtividade de espiga com palha no ponto de silagem (PECP): obtido pela pesagem das espigas

com palhas no ponto de silagem em kg ha<sup>-1</sup>; produtividade de espiga sem palha no ponto de silagem (PESP), obtido pela pesagem das espigas sem palhas no ponto de silagem em kg ha<sup>-1</sup>; produtividade de grãos no ponto de silagem (PG): obtida pela pesagem dos grãos debulhados no ponto de silagem em kg ha<sup>-1</sup>; produtividade de massa verde (PMV): obtido pela pesagem das plantas (folha + haste + sabugo + palha da espiga + grão) de cada parcela no momento da colheita em kg ha<sup>-1</sup>; e a proporção de grãos na massa verde (GMV) em %: foi obtida pela razão entre PG e PMV x 100; SPAD/PMV/PG: médias do índice de verde dividido pela produtividade de massa verde e pelo peso de grãos.

As características AP, AE e o DC foram tomadas ao acaso em seis plantas na parcela 80 dias após o plantio, em ambos os ensaios. A colheita de grãos foi realizada aos 120 dias após a semeadura, retirando-se todas as espigas da parcela útil, e para silagem foi realizada cortando as plantas a 20 cm do solo quando os grãos estavam no ponto denominado farináceo.

#### 4.4. Análise Estatística

##### 4.4.1. Análise de Variância

As observações obtidas foram submetidas inicialmente a análise de variância individual para cada ambiente isoladamente. Para se testar a homogeneidade das variâncias residuais, foi realizada uma análise, aplicando o teste de Hartley. Após constatar a homogeneidade dos dados, procedeu-se a análise de variância conjunta (ANOVA). A análise de variância conjunta foi realizada de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + R(A)_{ki} + A_i + D_j + (AD)_{ij} + \varepsilon a_{ijk} + G_l + (AG)_{il} + (DG)_{jl} + (ADG)_{ijl} + \varepsilon b_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ijkl}$  é a observação no  $k$ -ésima repetição, avaliada no  $i$ -ésimo ambiente,  $j$ -ésima densidade e  $l$ -ésimo genótipo;

$\mu$  é a constante geral do ensaio;

$R(A)_i$  efeito da  $k$ -ésima repetição dentro de  $i$ -ésimo ambiente  $\sim$  NDI  $(0, \sigma_{R/A}^2)$

$A_i$  é o efeito fixo do  $i$ -ésimo ambiente;

$D_j$  é o efeito fixo da  $j$ -ésima densidade;

$G_l$  é o efeito fixo do  $l$ -ésimo genótipo;

$(AD)_{ij}$ ,  $(AG)_{il}$  e  $(DG)_{jl}$  são os efeitos das interações de primeira ordem entre o  $i$ -ésimo ambiente e a  $j$ -ésima densidade,  $i$ -ésimo ambiente e  $l$ -ésimo genótipo e da  $j$ -ésima densidade e  $l$ -ésimo genótipo, respectivamente;

$(ADH)_{ijl}$  efeito da interação tripla entre o  $i$ -ésimo ambiente,  $j$ -ésima densidade e  $l$ -ésimo genótipo;

$\varepsilon a_{ijk}$  é o erro aleatório associado à parcela  $\sim$  NDI  $(0, \sigma^2)$ ;

$\varepsilon b_{ijk}$  é o erro aleatório associado à subparcela  $\sim$  NDI  $(0, \sigma^2)$ .

Na análise conjunta, foram considerados todos os efeitos como fixo, uma vez que os ambientes de avaliação não representam a totalidade das condições edafoclimáticas do Norte e Noroeste Fluminense, os genótipos por serem genótipos selecionados, apresentam somente os genótipos de interesse de avaliação, e as densidades porque foram atribuídos valores. Na tabela 3, é apresentado o esquema da análise de variância conjunta, com as respectivas esperanças dos quadrados médios.

**Tabela 3** - Esquema da análise de variância conjunta e a esperança de quadrados médios para as respectivas fontes de variação.

FV	GL	QM	E (QM)	F
Repetição/Amb	$a(r-1)$	QMR/A	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + g\sigma_{\varepsilon a}^2 + dg\sigma_{R/A}^2$	
Ambiente (A)	$(a-1)$	QMA	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + g\sigma_{\varepsilon a}^2 + rdg\theta_A$	QMA/QMEa
Densidade (D)	$(d-1)$	QMD	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + g\sigma_{\varepsilon a}^2 + rdg\theta_D$	QMD/QMEa
A x D	$(a-1)(d-1)$	QMAD	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + g\sigma_{\varepsilon a}^2 + rg\theta_{AD}$	QMAD/QMEa
Erro a	$a(d-1)(r-1)$	QMEa	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + g\sigma_{\varepsilon a}^2$	
Genótipos (G)	$(g-1)$	QMG	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + rad\theta_G$	QMG/QMEb
A x G	$(a-1)(g-1)$	QMAG	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + rd\theta_{AG}$	QMAG/QMEb
D x G	$(d-1)(g-1)$	QMDG	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + ra\theta_{DG}$	QMDG/QMEb
A x D x G	$(a-1)(d-1)(g-1)$	QMADG	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + r\theta_{ADG}$	QMADG/QMEb
Erro b	$ad(g-1)(r-1)$	QMEb	$\sigma_{\varepsilon b}^2$	
Total	$(ardg)-1$	-		

a= ambiente; d= densidade; g= genótipo

As médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Tukey (1953) ao nível de 5 % de probabilidade, quando constatado efeito significativo da respectiva fonte de variação (densidade ou genótipo).

Todas as análises foram efetuadas com o auxílio do *software* SAS (SAS INSTITUTE INC, 2013).

A avaliação do Índice de verde feita pelo aparelho SPAD 502 (Minolta Company), foram realizadas para ambos os ensaios de grão e de silagem. Para o ensaio de grão essa avaliação foi feita somente no ambiente em Campos dos Goytacazes - RJ, por impossibilidades de logística para realizá-la em Itaocara. Entretanto, o ensaio de silagem foi conduzido em ambos os ambientes, permitindo análise conjunta dos dados.

Na análise de variância individual, foram considerados todos os efeitos como fixo e foi realizada de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + B_k + D_i + \varepsilon a_{ik} + G_j + (DG)_{ij} + \varepsilon b_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ijk}$  é a observação no  $k$ -ésima repetição, avaliada na  $i$ -ésima densidade e  $j$ -ésimo genótipo;

$\mu$  é a constante geral do ensaio;

$B_k$  efeito da  $k$ -ésima repetição  $\sim$  NDI  $(0, \sigma_R^2)$

$D_i$  é o efeito fixo da  $i$ -ésimo densidade;

$G_j$  é o efeito fixo do  $j$ -ésimo genótipo;

$(DG)_{ij}$  é o efeito da interação de primeira ordem entre a  $i$ -ésima densidade e o  $j$ -ésimo genótipo;

$\varepsilon a_{ik}$  é o erro aleatório associado à parcela  $\sim$  NDI  $(0, \sigma^2)$ ;

$\varepsilon b_{ijk}$  é o erro aleatório associado à subparcela  $\sim$  NDI  $(0, \sigma^2)$ .

Desse modo, os dados obtidos para o ensaio de grão, no ambiente em Campos dos Goytacazes – RJ, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Tukey (1953) ao nível de 5 % de probabilidade, quando constatado efeito significativo da respectiva fonte de variação (densidade ou genótipo).

**Tabela 4** - Esquema da análise de variância individual do Índice de verde em Campos dos Goytacazes -RJ e a esperança de quadrados médios para as respectivas fontes de variação.

FV	GL	QM	E (QM)	F
Repetição	r-1	QMR	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + g\sigma_{\varepsilon a}^2 + dg\sigma_R^2$	
Densidade (D)	d-1	QMD	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + g\sigma_{\varepsilon a}^2 + rdg\theta_D$	QMD/QMEa
Erro a	(d-1)(r-1)	QMEa	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + g\sigma_{\varepsilon a}^2$	
Genótipo (G)	g-1	QMG	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + rd\theta_G$	QMG/QMEb
D x G	(d-1)(g-1)	QMDG	$\sigma_{\varepsilon b}^2 + r\theta_{DG}$	QMDG/QMEb
Erro b	d(g-1)(r-1)	QMEb	$\sigma_{\varepsilon b}^2$	
Total	(rdg)-1	-		

d= densidade, g=genótipo

#### 4.4.2. Estimação dos parâmetros genéticos e estatístico

De posse das esperanças dos quadrados médios (Tabela 3 e 4), foram obtidas as estimativas dos componentes da variância:

Variabilidade genotípica:

$$\theta_g^2 = \frac{(QMG - QMEb)}{rd}$$

Variância fenotípica:

$$\sigma_f^2 = \frac{QMG}{rd}$$

Coefficiente de determinação genotípica:

$$H^2 = \frac{\theta_g^2}{\sigma_f^2}$$

Coefficiente de variação experimental:

$$CV_e (\%) = 100 \left( \frac{\sqrt{\sigma_e^2}}{\bar{X}} \right)$$

Em que:

QMG: Quadrado médio dos genótipos;

QMEb Quadrado médio do resíduo (Erro b);

r: número de repetições

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Melhoramento genético visando à produção de grãos

#### 5.1.1. Análise de variância e estimativas dos parâmetros genéticos

Na Tabela 5, encontram-se as estimativas dos valores e as significâncias dos quadrados médios, bem como as médias, as estimativas da variabilidade genotípica ( $\theta_g^2$ ), variância fenotípica ( $\sigma_f^2$ ), coeficiente de determinação genotípica ( $H^2$ ), coeficiente de variação experimental  $CV_e$  (%). com base na média das doze características avaliadas em Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ.

Verificou-se efeito significativo dos genótipos com ( $P < 0,01$ ) e ( $P < 0,05$ ) de probabilidade para todas as características avaliadas, exceto para interação ambiente x densidade.

Para ambiente, obteve significância para todas as características avaliadas; para densidade, obteve significância para as características de florescimento (FLOR), número de espiga (NE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileira de grãos (NF) e peso de 100 de grãos (P100); para interação ambiente x densidade, não foi significativo para nenhuma característica; para genótipo, todas as características foram significativas; para interação ambiente x genótipo, teve significância para diâmetro de espiga (DE), comprimento de espiga (CE), peso de espiga (PE), peso de 100 grãos (P100) e produtividade (PROD).

**Tabela 5** – Resumo da análise de variância conjunta com os respectivos quadrados médios e graus de liberdade (GL), estimativas dos coeficientes de variação experimental (CVe%) e das médias para as 11 características avaliadas em genótipos de milho para grão em Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ

FV	GL	Quadrados Médios					
		Flor	Stand	AP	AE	NE	CE
Repetição/Ambiente	6	42,7487	9,9518	0,3518	0,1941	161403277,0	7,8844
Ambiente (A)	1	1264,7**	111,56**	4,8647**	2,7225**	3923547544,0**	122,807**
Densidade (D)	3	15,2226*	10,3580 <sup>ns</sup>	0,0418 <sup>ns</sup>	0,0329 <sup>ns</sup>	6897702615,0**	50,4611**
A x D	3	6,2539 <sup>ns</sup>	5,5455 <sup>ns</sup>	0,0030 <sup>ns</sup>	0,0095 <sup>ns</sup>	300218771,0 <sup>ns</sup>	1,4460 <sup>ns</sup>
Erro a	18	8,4536	6,9205	0,0204	0,0135	309869649,0	2,2873
Genótipos (G)	7	60,4190**	31,7806**	1,1647**	1,2630**	1295731148,0**	19,9295**
A x G	7	11,031 <sup>ns</sup>	2,3342 <sup>ns</sup>	0,0327 <sup>ns</sup>	0,0173 <sup>ns</sup>	247772621,0 <sup>ns</sup>	2,9938*
D x G	21	5,2702 <sup>ns</sup>	3,1080 <sup>ns</sup>	0,0085 <sup>ns</sup>	0,0056 <sup>ns</sup>	148312886,0 <sup>ns</sup>	1,0259 <sup>ns</sup>
A x D x G	21	8,1527 <sup>ns</sup>	4,2777 <sup>ns</sup>	0,0216 <sup>ns</sup>	0,0257 <sup>ns</sup>	202472924,0 <sup>ns</sup>	0,5908 <sup>ns</sup>
Erro b	168	5,8934	2,9254	0,0205	0,0168	146963177,0	1,1704
Média		67,00	12,91	2,25	1,35	57516,41	16,05
CVe(%)		3,62	13,25	6,37	9,60	21,15	6,74
$\theta_g^2$		13,63	7,21	0,28	0,31	285065282,00	4,69
$\sigma_f^2$		15,10	7,94	0,29	0,32	322078893,75	4,98
H <sup>2</sup>		90,25	90,80	98,24	98,67	88,51	94,13

**Tabela 5 – Cont.**

FV	GL	Quadrados Médios				
		DE	NF	PE	P100	PROD
Repetição/Ambiente	6	16,8176	0,6260	14178172,1	25,1680	11292155,9
Ambiente (A)	1	528,368**	5,9475**	503004903,6**	545,602**	336084370,1**
Densidade (D)	3	88,4058**	2,0708*	17172599,9 <sup>ns</sup>	81,1047**	9652235,8 <sup>ns</sup>
A x D	3	2,9583 <sup>ns</sup>	0,0131 <sup>ns</sup>	178051,9 <sup>ns</sup>	2,8824 <sup>ns</sup>	110805,4 <sup>ns</sup>
Erro a	18	7,9526	0,4623	7072014,7	10,1542	4703481,3
Genótipos (G)	7	113,118**	57,5011**	30460584,8**	170,878**	20623597,6**
A x G	7	42,692**	0,6410 <sup>ns</sup>	9470915,3**	61,7144**	6303129,5**
D x G	21	6,876*	0,7613 <sup>ns</sup>	2484636,32 <sup>ns</sup>	13,7084 <sup>ns</sup>	1700643,6 <sup>ns</sup>
A x D x G	21	2,0704 <sup>ns</sup>	0,4233 <sup>ns</sup>	1808833,4 <sup>ns</sup>	7,50413 <sup>ns</sup>	1151658,1 <sup>ns</sup>
Erro b	168	3,7931	0,5639	2085453,0	8,8346	1376316,7
Média		43,04	12,49	6077,66	30,25	4814,84
CV <sub>e</sub> (%)		4,52	6,01	23,76	9,82	24,36
$\theta_g^2$		27,33	14,23	7093782,95	40,51	4811820,22
$\sigma_f^2$		28,28	14,37	7615146,20	42,72	5155899,42
H <sup>2</sup>		96,65	99,02	93,15	94,83	93,33

FLOR: florescimento (dias); Stand: número de plantas por parcela (planta/parcela); AP: altura de plantas (m); AE: altura de espiga (m); NE: número de espiga (espiga ha<sup>-1</sup>); CE: comprimento de espiga (cm); DE: diâmetro de espiga (mm); NF: número de fileira de grãos (fileira/espiga), PE: peso de espiga (kg ha<sup>-1</sup>); P100: peso de 100 grãos (g) e PROD: produtividade (kg ha<sup>-1</sup>); <sup>ns</sup>: Não Significativo pelo teste F; \*\*: Significativo (P<0,01) pelo teste F; \*: Significativo (P<0,05) pelo teste F. Variabilidade genotípica ( $\theta_g^2$ ), variância fenotípica ( $\sigma_f^2$ ), coeficiente de determinação genotípica (H<sup>2</sup>), coeficiente de variação experimental CV<sub>e</sub> (%).

Para a interação densidade x genótipo, somente diâmetro de espiga (DE) que teve significância e para a interação ambiente x densidade x genótipo, não obteve significância para nenhuma característica.

Ainda de acordo com a tabela 5, para a característica de produtividade (PROD), a média foi de 4.814,84 kg ha<sup>-1</sup>.

Os coeficientes de variação experimental foram de 3,62% para a característica de FLOR; 13,25% para Stand; 6,37% para AP; 9,60% para AE; 21,15% para NE; 6,74% para CE; 4,52% para DE; 6,01% para NF; 23,76% para PE; 9,82% para P100 e 24,36% para PROD (Tabela 5).

De acordo com as classificações propostas por Scapim et al. (1995), e Fritsche-Neto et al. (2012), as quais foram elaboradas considerando a cultura do milho e a natureza das características avaliadas, os coeficientes de variação experimental foram classificados como baixo a alto. Pode-se observar que os coeficientes de variação oscilaram de 3,62% para DE a 24,36% para PROD, o que demonstra uma boa precisão experimental. Estes coeficientes de variação comprovam aceitável precisão experimental para todas as características avaliadas.

Berilli et al. (2013), obtiveram coeficiente de variação experimental de 20% para produtividade de grãos no 11<sup>o</sup> ciclo de seleção recorrente recíproca entre famílias de irmãos-completos de milho. De acordo com Vettorazzi et al. (2016) e Gonçalves et al. (2018), nos ciclos 15<sup>o</sup> e 16<sup>o</sup>, obtiveram coeficientes de variação experimental de 19,66% e 17,24%, respectivamente.

O coeficiente de determinação genotípico variou de 88,51% para NE a 99,02% para NF (Tabela 5). Este parâmetro é uma medida da importância relativa da hereditariedade. Estimativas altas como as encontradas neste trabalho permitem inferir que a maior parte da variação dos dados fenotípicos é devida a causas genéticas.

### **5.1.2. Densidade x características x genótipos**

Foi realizado o Teste de Tukey (1953) ao nível de 5 % de probabilidade para as médias gerais dos genótipos, em relação às densidades e às características avaliadas, considerando ambos ambientes. De acordo com a análise de variância conjunta, houve interação do ambiente para todas as

características. Portanto, as diferentes características serão apresentadas em cada ambiente estudado.

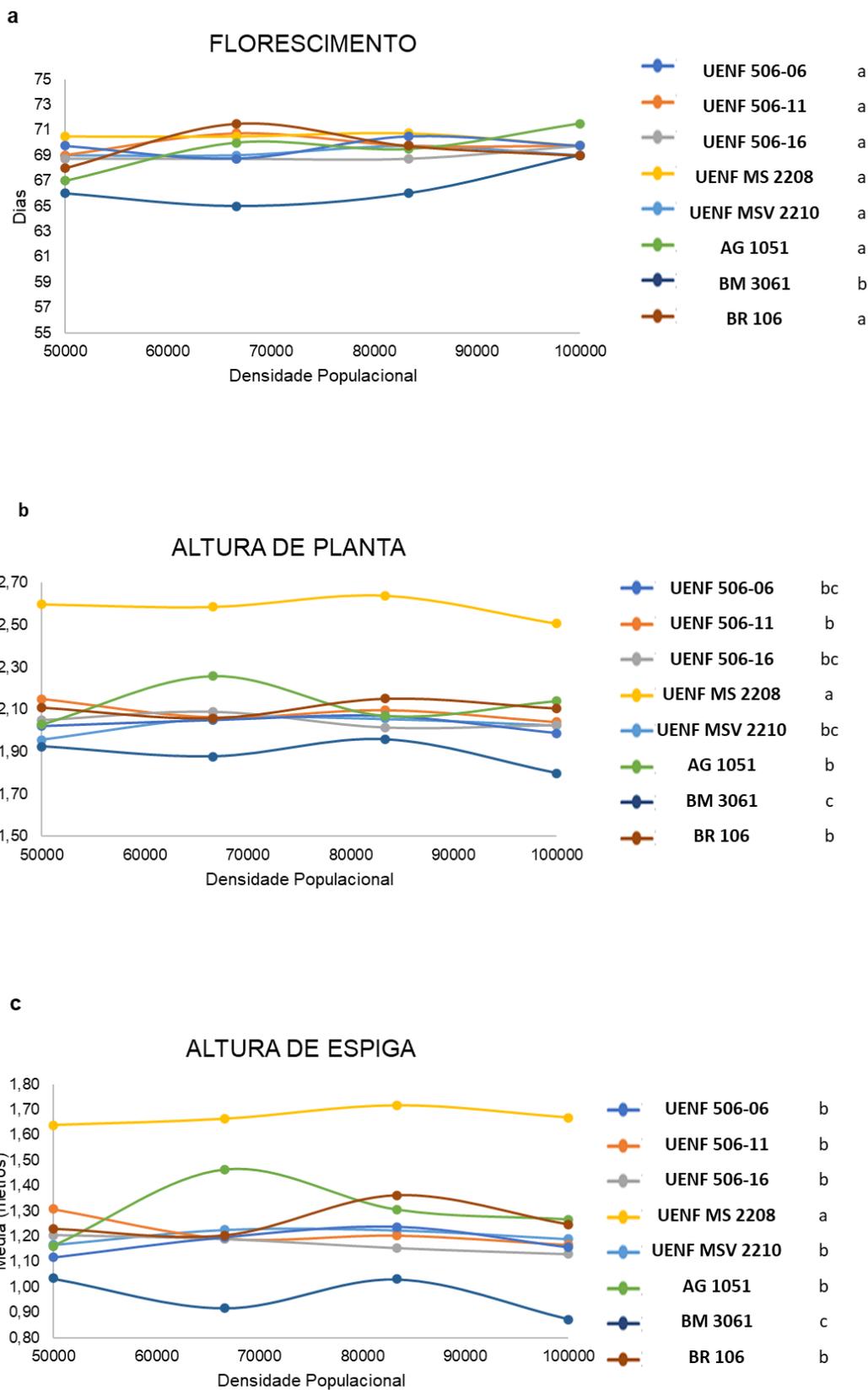
### **5.1.2.1 Ambiente Campos dos Goytacazes**

O ambiente de Campos dos Goytacazes pode-se observar interações de densidade x genótipo para todas as características com suas médias e teste de Tukey (5%).

De acordo com os dados, observa-se que para todas as características não houve interação densidade x genótipo, assim, se destacando somente os genótipos em relação as suas médias. Na característica de FLOR (figura 1a), destaca-se o UENF MS 2208 como mais tardio, com uma média de 70 dias e o BM 3061 como mais precoce com média de 66 dias. Já para as características como AP, o UENF MS 2208 se destaca com uma média de 2,58 m, enquanto os demais não diferiram estatisticamente (figura 1b). Na AE, o UENF MS 2208 obteve uma média de 1,67 m e BM 3061 com 0,96 m (figura 1c).

No Stand de plantas, o destaque foi para o UENF MS 2208 e UENF MSV 2210 com uma média de 13,62 plantas/parcela, enquanto o de menor média foi o BR 106 com 10 plantas/parcela (figura 1d). Já no CE, o maior foi o UENF 506-6 com 16,24 cm (figura 1e). No DE, o UENF 506-16 obteve média de 44,31 mm e o BR 106 com a menor média de 38,85 mm (figura 1f).

O AG 1051 com 14,66 fileiras/espiga foi a maior média para NF, os demais não tiveram significância estatística (figura 1g). No NE, tem-se o UENF MS 2208 com uma maior média de 67.359 espiga  $ha^{-1}$  e o BR 106 com menor média de 41.944 espiga  $ha^{-1}$  (figura 1h). Já no PE, o UENF 506-16 obteve 6.790 kg  $ha^{-1}$  e o BR 106 com 3.463 kg  $ha^{-1}$  (figura 1i).



**Figura 1**

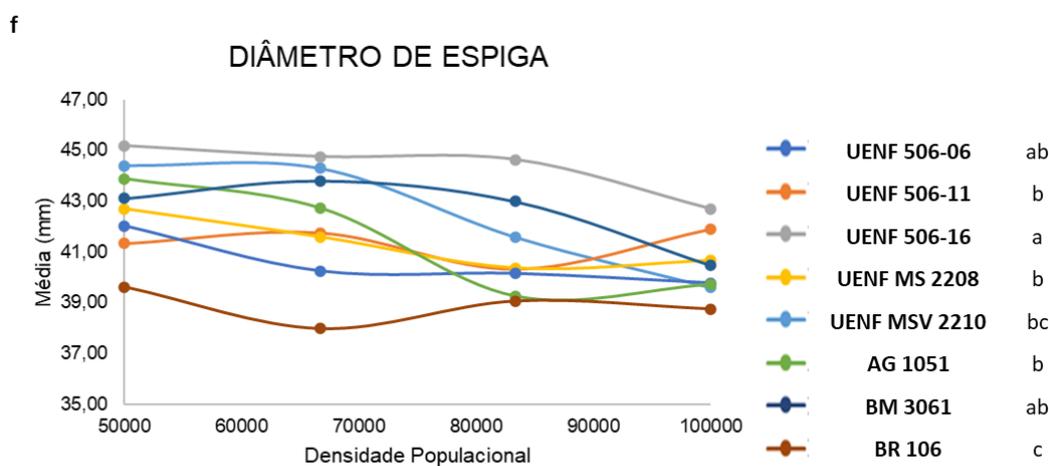
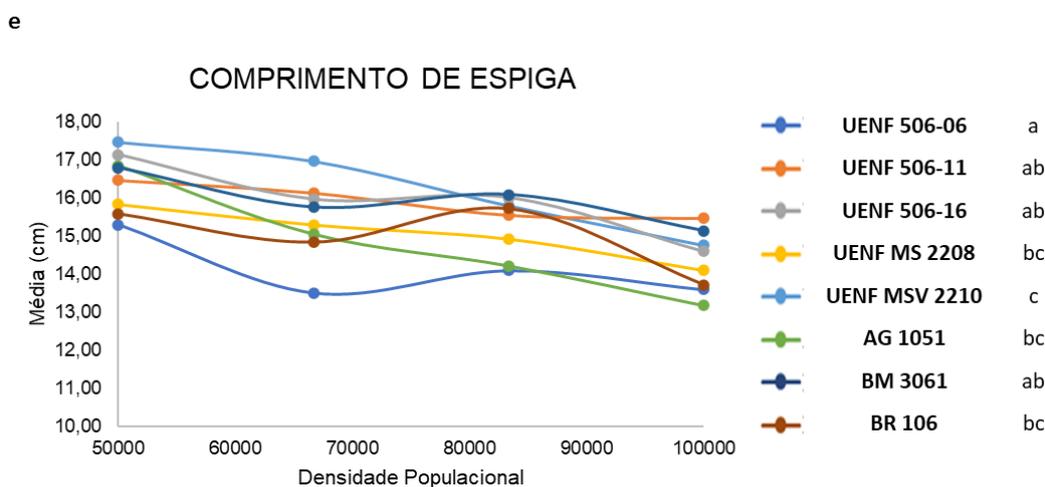
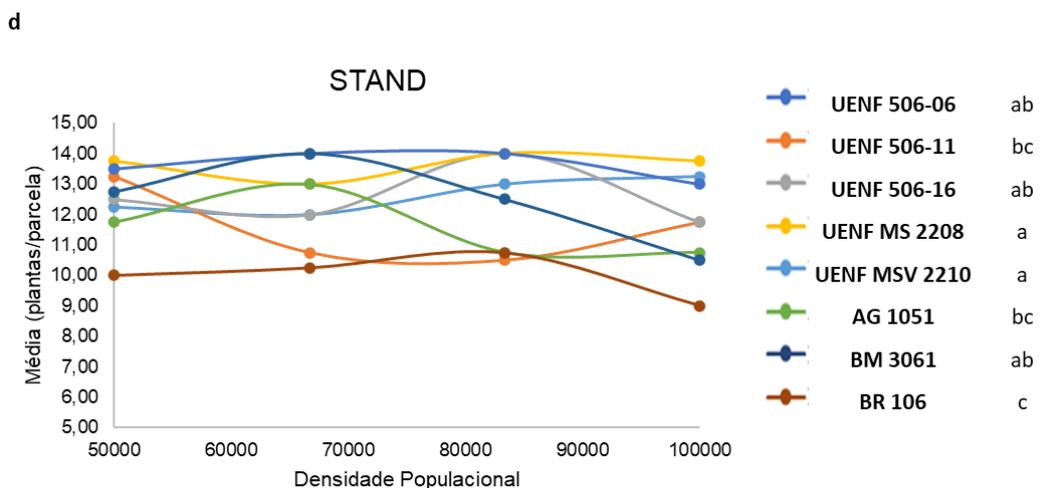


Figura 1 - Cont.

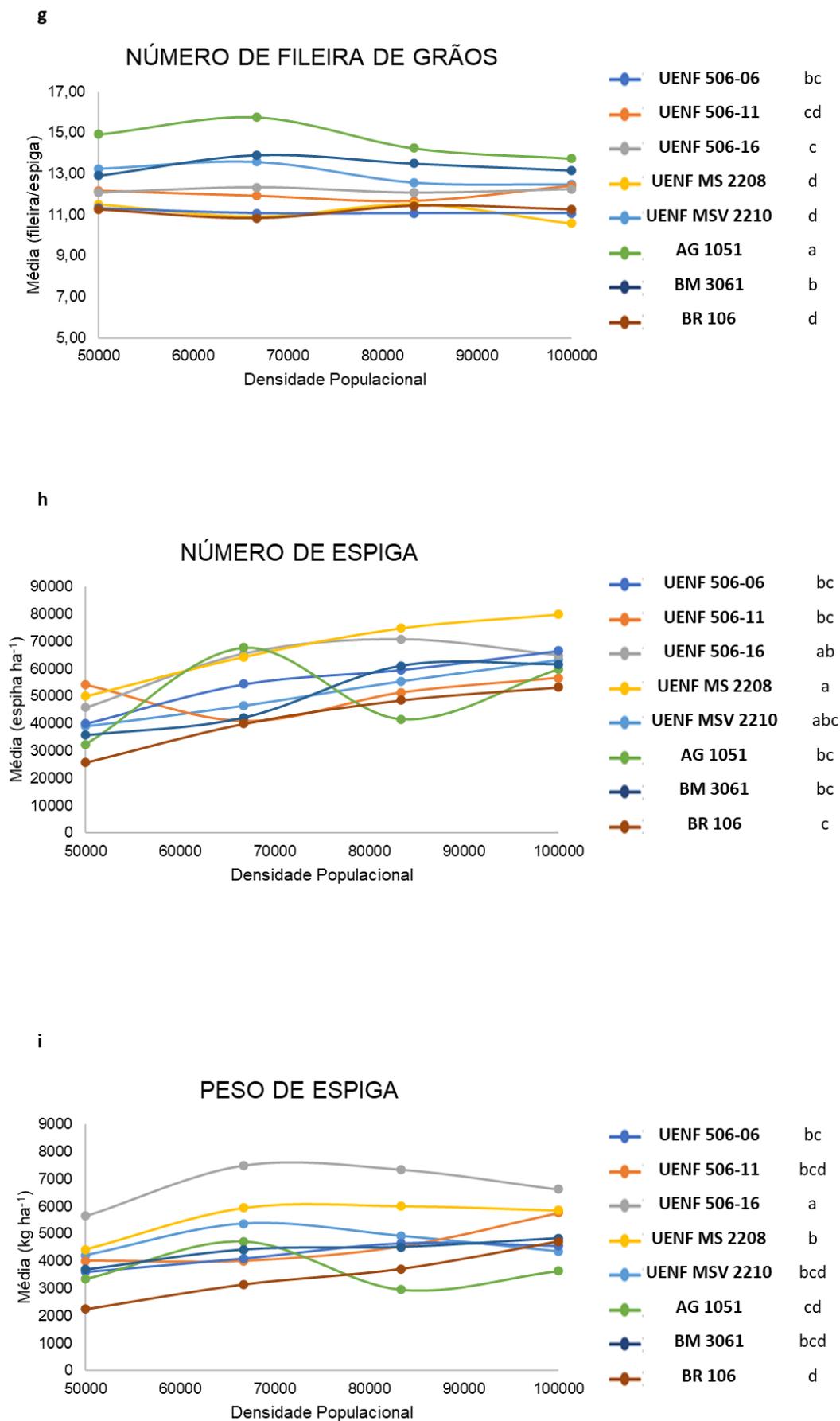
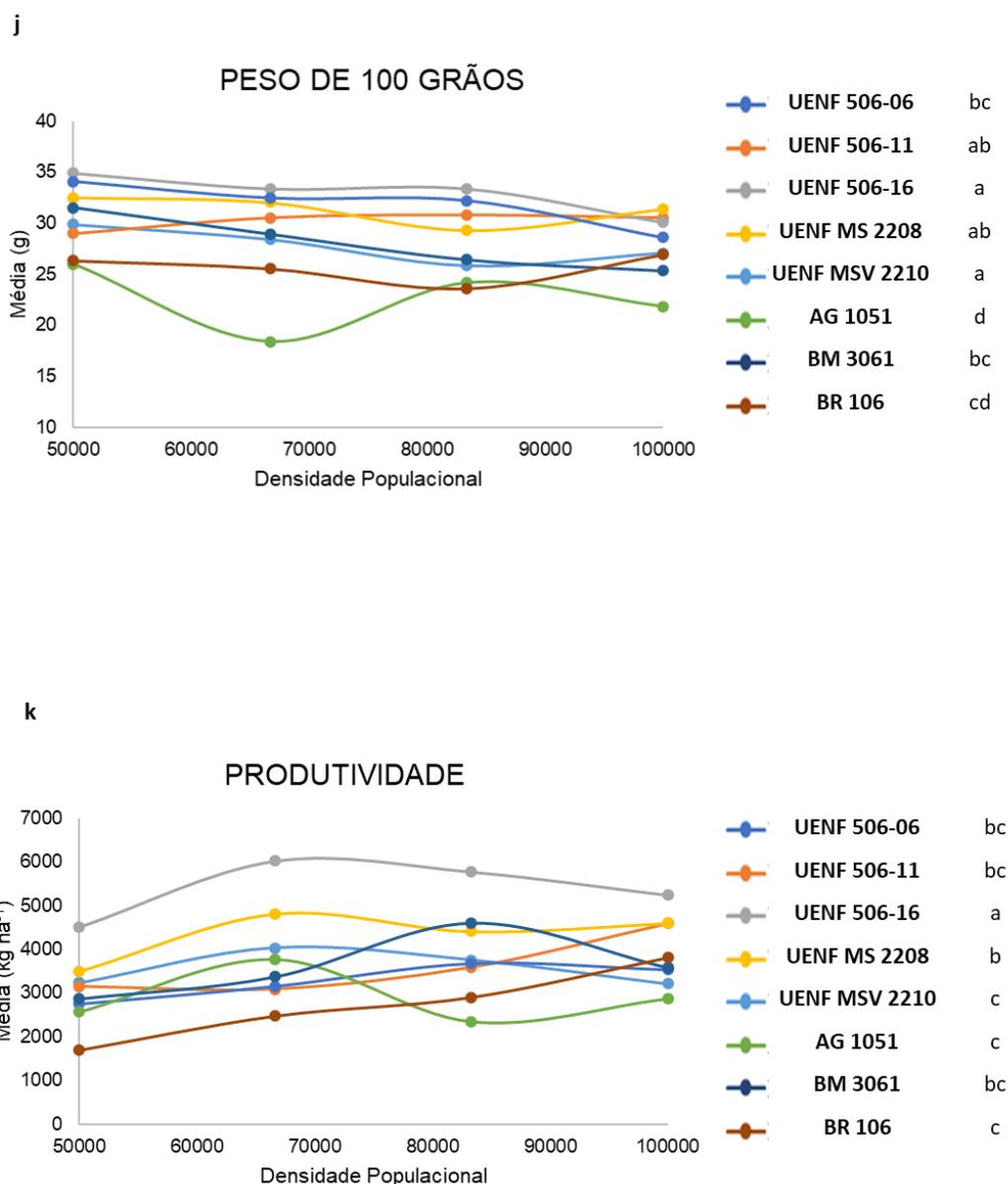


Figura 1 - Cont.



**Figura 1** - Média geral dos oito genótipos em relação às quatro densidades populacionais, para todas as características avaliadas com seus respectivos testes de média de Tukey em Campos dos Goytacazes – RJ. **a)** Florescimento (dias); **b)** Altura de plantas (m); **c)** Altura de espiga (m); **d)** Stand (plantas/parcela); **e)** Comprimento de espiga (cm); **f)** Diâmetro de espiga (mm); **g)** Número de fileira (fileira/espiga); **h)** Número de espiga (espiga ha<sup>-1</sup>); **i)** Peso de espiga (espiga ha<sup>-1</sup>); **j)** Peso de 100 grãos (g) e **k)** Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

No P100, o UENF 506-16 obteve o melhor resultado possuindo 32,94 g e o menor o AG 1051 com 22,59 g (figura 1j). Para PROD, o UENF 506-16 com uma média de 5.384 kg ha<sup>-1</sup>, que diferiu do UENF MS 2208 que obteve uma média de

4325 kg ha<sup>-1</sup>, que diferiu dos demais, ficando o AG 1051 e BR 106 2.886 kg ha<sup>-1</sup> e 2.715 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (figura 1k).

Para a avaliação do índice de verde, com já dito anteriormente, foi realizada somente no ambiente de Campos dos Goytacazes – RJ. Na Tabela 6, encontram-se as estimativas dos valores e as significâncias do quadrado médio, bem como as médias, as estimativas da variabilidade genotípica ( $\theta_g^2$ ), variância fenotípica ( $\sigma_f^2$ ), coeficiente de determinação genotípica ( $H^2$ ), coeficiente de variação experimental  $CV_e$  (%). com base na média realizada pelo SPAD.

**Tabela 6** – Resumo da análise de variância individual com os respectivos quadrados médios e graus de liberdade (GL), estimativas dos coeficientes de variação experimental (CVe%) e das médias para a característica SPAD e SPAD/PROD, avaliada em genótipos de milho para grão em Campos dos Goytacazes, RJ.

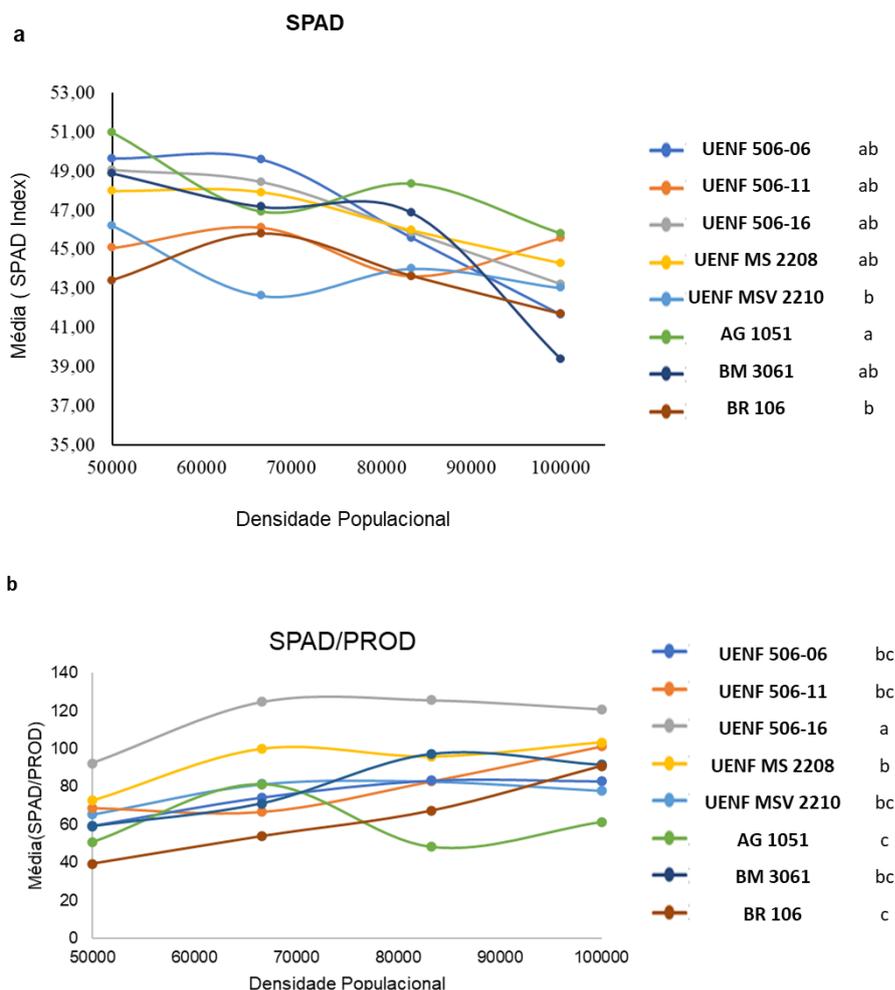
FV	GL	SPAD	SPAD/PROD
Repetição	3	29,55	591,80
Densidade (D)	3	127,82**	4.608,82 **
Erro a	9	7,4600	553,89
Genótipo (G)	7	35,25**	4.954,93**
D x G	21	12,76 <sup>ns</sup>	432,03 <sup>ns</sup>
Erro b	84	7,83	376,04
Média		45,77	80,40
$CV_e(\%)$		5,97	24,12
$\theta_g^2$		6,85	1.144,72
$\sigma_f^2$		8,81	1.238,73
$H^2$		77,79	92,41

SPAD: Índice de verde; SPAD/PROD: Índice de verde/Produtividade

O SPAD-502 é um clorofilômetro portátil que proporciona leitura instantânea, de maneira não destrutiva, sendo uma alternativa para avaliar o estado de N da planta em tempo real, pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade do verde e o teor de clorofila com a concentração de N na folha (Gil et al., 2002; Fontes e Araújo, 2007).

Verificou-se efeito significativo dos genótipos com ( $P < 0,01$ ) e ( $P < 0,05$ ) de probabilidade para a característica avaliada, onde para densidade e genótipo obteve significância e para interação densidade x genótipo não foi significativo.

A média foi de 45,77 de SPAD Index, os coeficientes de variação experimental foram de 5,97%, já a média para SPAD/PROD, foi de 80,40 e os coeficientes de variação experimental foram de 24,12% para a característica. (Tabela 6).



**Figura 2 - a)** Média geral dos oito genótipos; em relação às quatro densidades populacionais, para a característica de índice de verde (SPAD Index), com seus respectivos testes de média de Tukey para o ambiente de Campos dos Goytacazes – RJ. Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade; **b)** Média geral dos oito genótipos; em relação às quatro densidades populacionais, para a característica de índice de verde (SPAD/PROD), com seus respectivos testes de média de Tukey para o ambiente de Campos dos Goytacazes – RJ. Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade

Na figura 2a, verifica-se que o índice de verde teve uma queda, com o aumento da densidade populacional. E na figura 2b, observa-se que considerando a densidade populacional, temos o aumento dessa característica.

O UENF 506-16 obteve maior média de 48,01 Spad Index e o menor ficou com o BR 106 com média de 43,63 Spad Index (figura 2a). Este mesmo híbrido, também ficou com maior média para de Spad/Prod no valor de 115,81 e o menor ficou com AG 1051 com média de 60,29 Spad/Prod. (figura 2b).

### 5.1.2.2 Ambiente Itaocara

O ambiente de Itaocara, não houve interação entre densidade x genótipo para nenhuma das características.

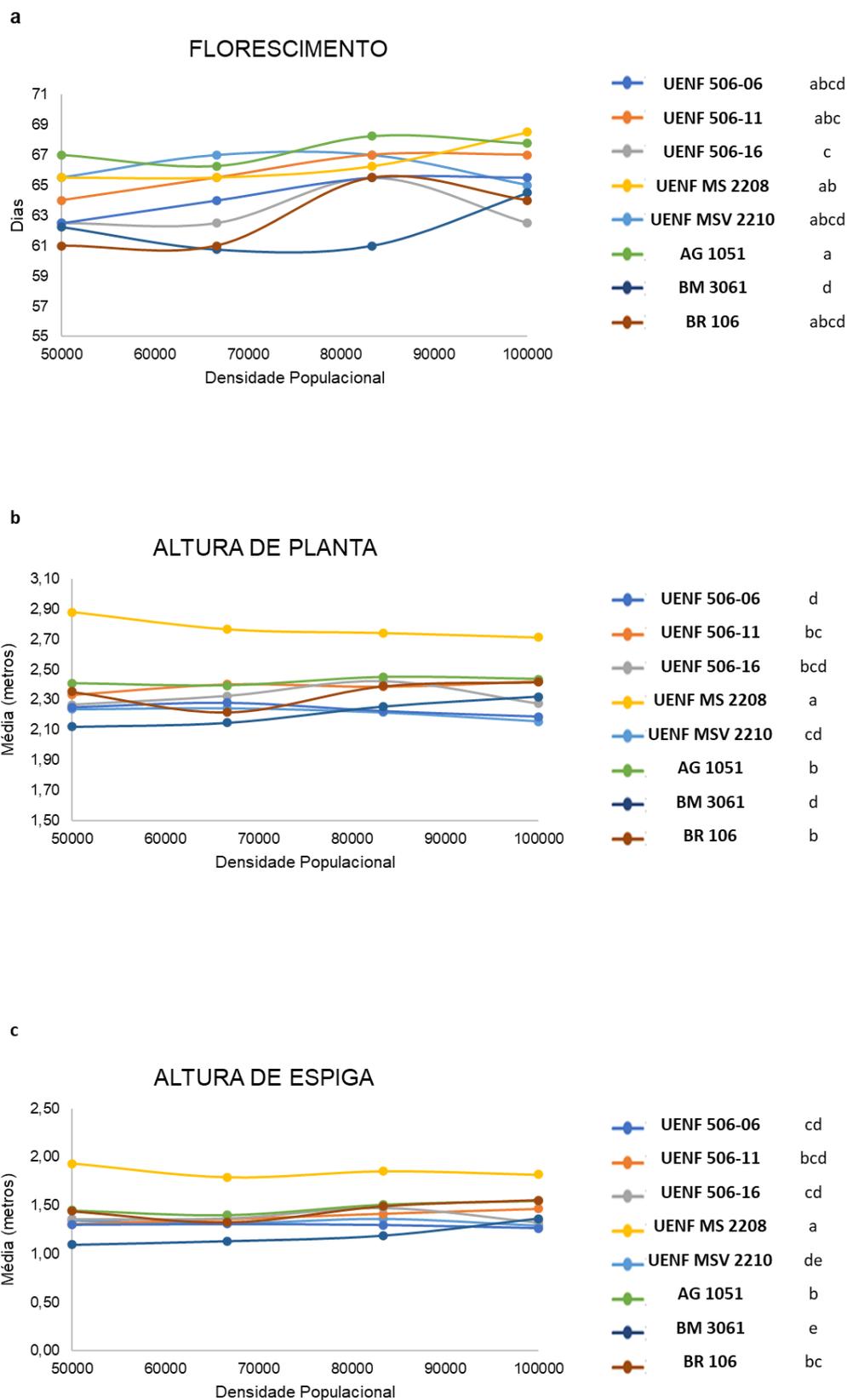
Já com relação ao florescimento, o BM 3061 se deu de forma mais precoce com 62 dias, sendo que o AG 1051 foi o mais tardio com 67 dias (figura 3a). O UENF MS 2208 obteve a maior média na característica de AP com 2,77 m, sendo que o UENF 506-6 e BM 3061 apresentaram a menor média com 2,23 m e 2,22 m, respectivamente (figura 3b).

Na AE, o UENF MS 2208 desenvolveu melhor, possuindo 1,86 m e o BM 3061 apresentou a menor média com 1,20 m (figura 3c). Já para Stand, o de maior média foi o UENF MS 2208 com 14,87 plantas/parcela e o de menor média foi o BR 106 com 12,31 plantas/parcela (figura 3d).

No CE, a maior média foi o BM 3061 possuindo 18,34 cm e o UENF MSV 2210, a menor média, com 15,05 cm (figura 3e). O AG 1051 (figura 3g) teve a maior média para NF com 15,03 fileiras/espiga, como também obteve a maior média para DE com 49,44 mm, sendo que para esta característica o BR 106 obteve a menor média com 40,90 mm (figura 3f).

O UENF 506-16, no NE, obteve a maior média com 67.985 espigas  $ha^{-1}$  e o BR 106 com a menor média de 51.805 espigas  $ha^{-1}$  (figura 3h). No PE, o BM 3061 foi a maior média com 9.005 kg  $ha^{-1}$ , sendo que a menor média foi o BR 106, possuindo 5.472 kg  $ha^{-1}$  (figura 3i).

No P100, o UENF MS 2208 obteve a maior média de 34,34 g e o BR 106 a menor média com 28,79 g (figura 3j). Já na PROD, a maior média ficou para o BM 3061, com 7.118 kg  $ha^{-1}$ , com destaque para o UENF 506-16 que obteve a segunda maior média de 6.855 kg  $ha^{-1}$ , sendo que estes não diferiram estatisticamente, e a menor média com BR 106 com 4.316 kg  $ha^{-1}$  (figura 3k).



**Figura 3**

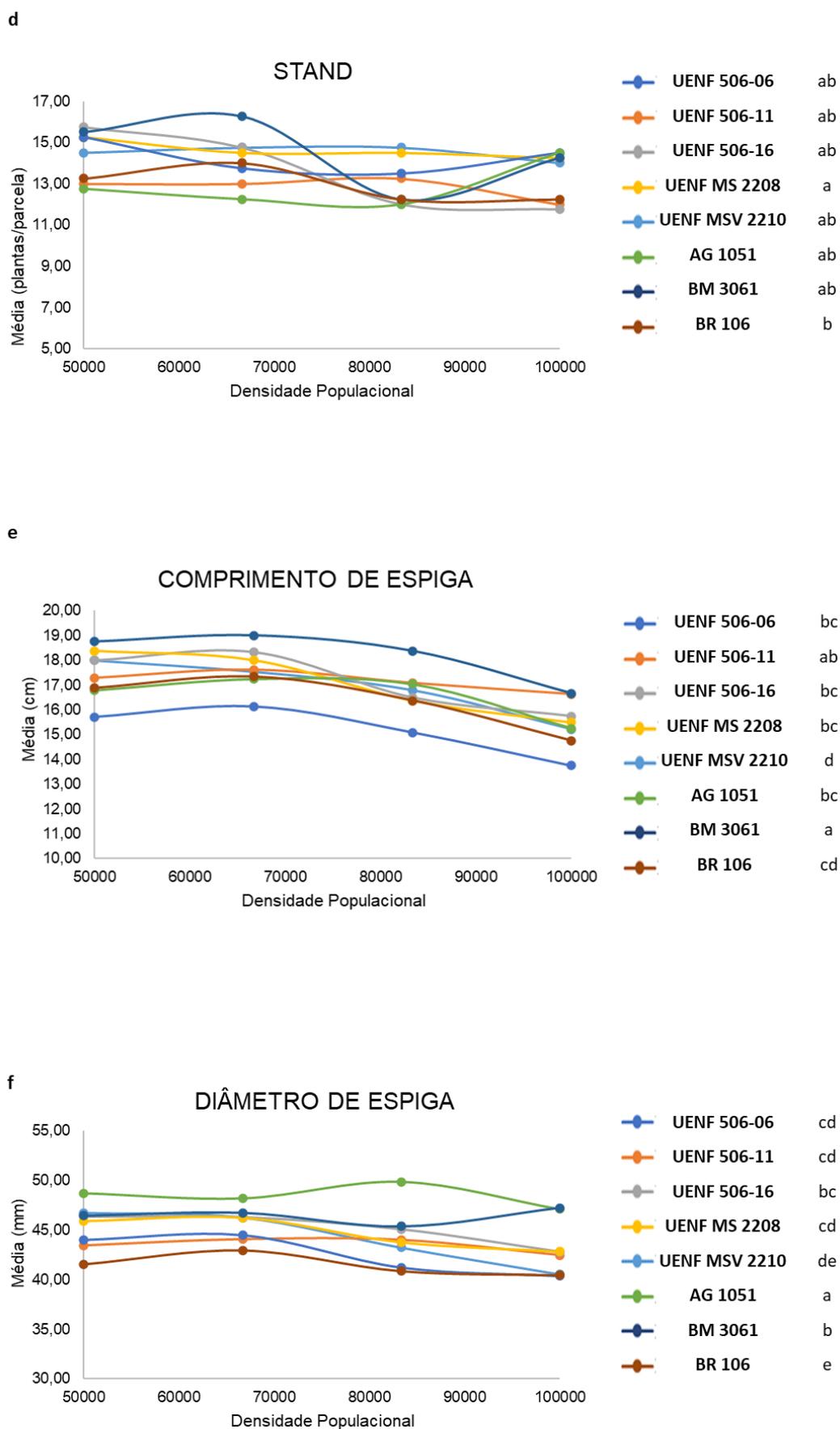


Figura 3 - Cont.

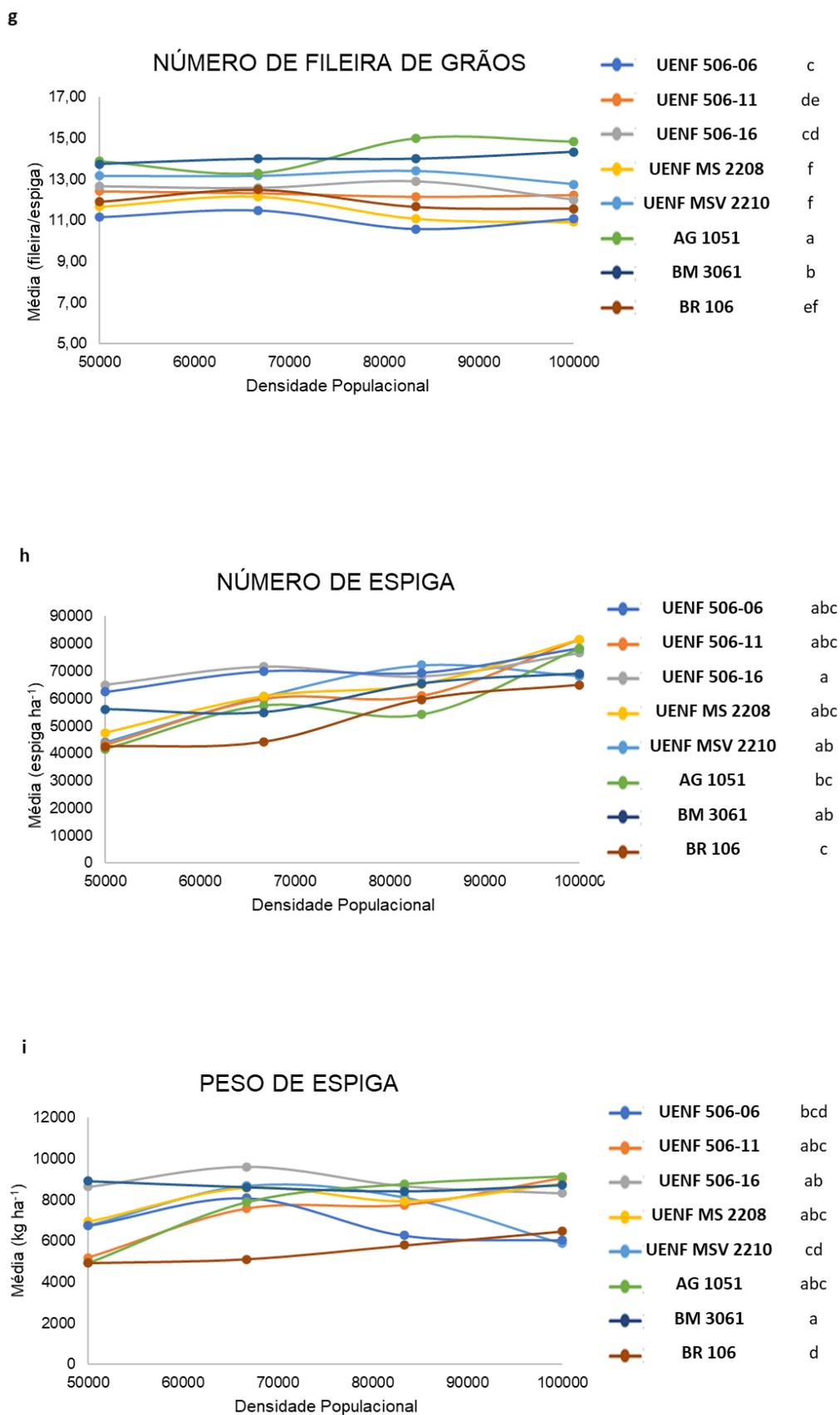
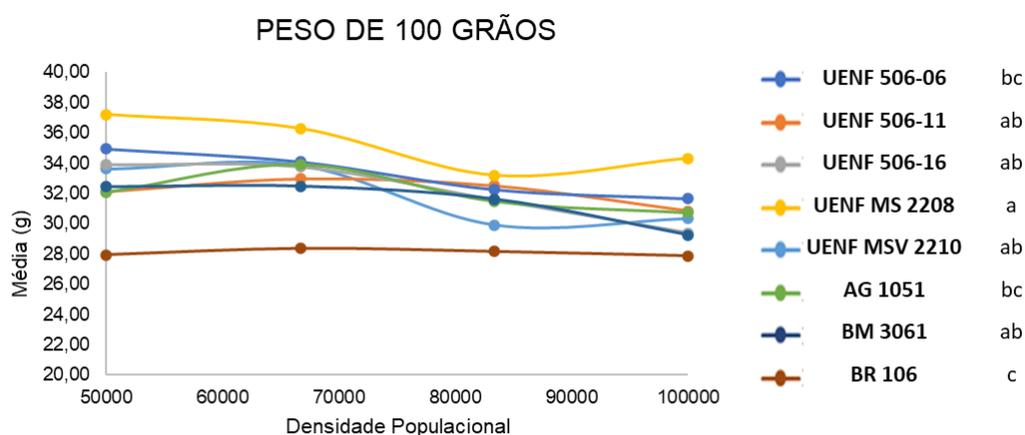
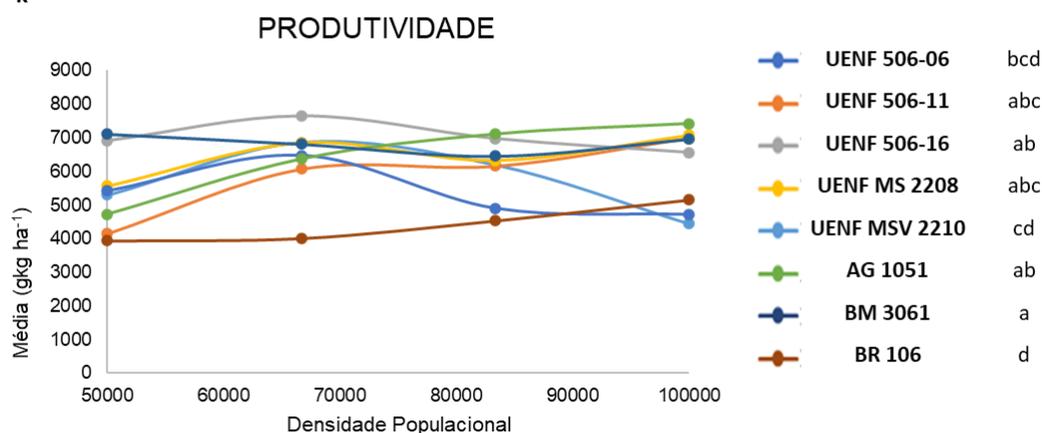


Figura 3 - Cont.

j



k



**Figura 3** - Média geral dos oito genótipos em relação às quatro densidades populacionais, para todas as características avaliadas com seus respectivos testes de média de Tukey em Campos dos Goytacazes – RJ. **a)** Florescimento (dias); **b)** Altura de plantas (m); **c)** Altura de espiga (m); **d)** Stand (plantas/parcela); **e)** Comprimento de espiga (cm); **f)** Diâmetro de espiga (mm); **g)** Número de fileira (fileira/espiga); **h)** Número de espiga (espiga ha<sup>-1</sup>); **i)** Peso de espiga (espiga ha<sup>-1</sup>); **j)** Peso de 100 grãos (g) e **k)** Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

No entanto, com base nos dados apresentados para grãos (figuras 1, 2 e 3) pode-se identificar o efeito da densidade (Tabela 7) na característica florescimento. Foi observado em ambos os ensaios uma média entre 67 dias para

grãos, onde, na literatura foi encontrada, após a emergência, uma média de 65 dias para florescimento (Ritchie et al., 2003).

**Tabela 7-** Resultado dos testes de comparação de médias para todas as características avaliadas em ambos ambientes, sem distinção dos genótipos.

GRÃO					
Plantas ha <sup>-1</sup>	FLOR	AP	AE	STAND	CE
50.000	66,09 b	2,25 a	1,34 a	13,47 a	17,01 a
66.667	66,78 ab	2,27 a	1,37 a	12,87 ab	16,33 b
83.333	67,75 a	2,26 a	1,37 a	12,78 ab	16,01b
100.000	67,50 a	2,22 a	1,32 a	12,52 b	14,88 c
Plantas ha <sup>-1</sup>	DE	NF	NE	PE	P100
50.000	44,22 a	12,59 ab	45.260 d	5.309 b	31,74 a
66.667	43,71 a	12,68 a	53.957 c	6.254 a	30,39 ab
83.333	42,65 b	12,43 ab	61.369 b	6.310, a	29,80 b
100.000	41,57 c	12,27 b	69.583 a	6.436 a	29,09 b
Plantas ha <sup>-1</sup>	PROD	SPAD*	SPAD/PR*		
50.000	4.234 b	47,66 a	63,39 b		
66.667	4.972 a	46,83 ab	81,64 a		
83.333	5.017 a	45,50 b	85,36 a		
100.000	5.037 a	43,08 c	91,20 a		

FLOR: florescimento (dias); AP: altura de plantas (m); AE: altura de espiga (m); STAND: número de plantas na parcela (plantas/parcela); CE: comprimento de espiga (cm); DE: diâmetro de espiga (mm); NF: número de fileira de grãos (fileiras/espiga); NE: número de espiga (espiga ha<sup>-1</sup>); PE: peso de espiga (kg ha<sup>-1</sup>); P100: peso de 100 grãos, PROD: produtividade (kg.ha<sup>-1</sup>); SPAD: índice de verde e SPAD/PR: Índice de verde/produtividade, \*realizado em um ambiente.

Kappes et al. (2011), que avaliando cinco híbridos de milho em cinco densidades diferentes, onde os espaçamentos adotados foram 0,45 e 0,90 m entre as linhas e as populações planejadas foram 50.000, 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Encontraram, para altura de plantas e altura de inserção de espiga não houve efeito de interação, assim como no presente trabalho. Já em contrapartida, o trabalho por Scheeren et al. (2004), que encontraram tendência significativa no aumento da altura de planta com o incremento da densidade populacional.

Para comprimento de espiga, os resultados do presente estudo são coerentes aos obtidos por Kappes et al. (2011), onde encontrou que houve efeito de população, híbrido e da interação entre híbrido e espaçamento. O aumento na população de plantas proporcionou redução linear do comprimento de espiga, demonstrando que ao promover maior competição populacional entre as plantas de

milho, há a diminuição em tamanho de determinadas estruturas das plantas de milho, como as espigas.

Dourado Neto et al. (2003) verificaram que, nas populações compreendidas entre 30.000 e 60.000 plantas  $ha^{-1}$ , para todos os genótipos avaliados, houve aumento do comprimento de espigas pela redução do espaçamento de 0,8 para 0,4 m.

O aumento da população provocou diminuição linear do diâmetro de espiga para todos os híbridos, como também observado por Brachtvogel et al. (2009) e Kappes et al. (2011).

O peso de 100 grãos decresceu linearmente com o aumento da população de plantas, demonstrando que o incremento na população altera a taxa e duração do período de enchimento dos grãos, como também para Kappes et al. (2011) e Strieder et al. (2007) que avaliaram variação de população em quatro espaçamentos (0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 m entre linhas).

Para número de fileira de grãos houve redução da média conforme o aumento da densidade populacional, assim como relatado por Pereira et al. 2018. Já para o peso de espiga foi encontrado um aumento conforme o aumento da densidade populacional, resultado que difere do encontrado por Matos (2018).

A maior densidade populacional apresentou média de produtividade superior quando comparada a menor densidade populacional, este resultado pode ser atribuído ao aumento do número de espiga por hectare e, conseqüentemente, ao número de plantas por hectare. Tal resultado é muito significativo, pois mostra que o aumento da população de plantas favorece incremento em produtividade, o que nem sempre é observado no meio literário. Resultados semelhantes foram encontrados por Calonego et al. (2011) e por Pereira et al. (2018).

Kappes et al. (2011), encontraram maiores produtividades de grãos nas populações de 70 e 80 mil plantas  $ha^{-1}$ , quando comparadas com as densidades populacionais de 50 e 60 mil plantas  $ha^{-1}$ .

Demétrio et al. (2008), avaliando diferentes híbridos de milho em diferentes densidades populacionais, encontraram o ponto de produtividade máxima de produção entre 75 e 80 mil plantas  $ha^{-1}$ . Resultados semelhantes foram encontrados por Modolo et al. (2010). E estes, semelhantes ao presente trabalho onde se obteve de forma geral, a maior produtividade na maior densidade populacional de 100 mil plantas  $ha^{-1}$  com 5.037,02 kg  $ha^{-1}$ .

No SPAD, pode-se observar que há uma queda do índice de verde conforme o aumento da densidade populacional. Onde para a menor densidade populacional de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>, têm valores médios de SPAD Index de 47,66, e para a maior densidade de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, tem-se o valor médio de 43,08 de SPAD Index.

Amaral Filho et al. (2005), avaliaram o teor de clorofila em três densidades populacionais diferentes, de 40 mil, 60 mil e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, onde observaram que para o espaçamento de 40 e 60 mil plantas ha<sup>-1</sup>, não houve diferença significativa no teor de clorofila, sendo que para a de 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, houve uma diminuição.

As altas densidades populacionais promovem sombreamento entre plantas e conseqüentemente menos pigmentos fotossintéticos são produzidos (Carvalho, 2013), isso ocorre devido à necessidade de aumentar a eficiência dos cloroplastos em realizarem a fotossíntese, necessitando que a densidade de cloroplastos seja menor para que a luz penetre no interior das folhas, atingindo os pigmentos dos cloroplastos internos (Taiz e Zeiger, 2006). Segundo Carvalho et al. (2003), plantas sombreadas recebem estímulos hormonais para crescerem, em consequência desse gasto energético as plantas têm menos clorofila.

Para Argenta et al. (2002), indicadores do nível de N na cultura do milho mostram que o índice SPAD apresenta alta relação com o rendimento de grãos de milho, sendo essa similar à verificada entre o teor de N na folha índice (primeira folha abaixo da espiga) e o rendimento de grãos. Evidenciando que este resultado, o teor relativo de clorofila na folha de milho está altamente associado com o rendimento de grãos.

Como relatado acima, a produtividade foi crescendo conforme o aumento das densidades populacionais, considerando que a adubação foi a mesma para cada densidade, pois foi realizada por área. Com o índice de verde (SPAD), decaindo conforme o aumento da densidade populacional, mostra que as parcelas receberam menos luz, porém a característica Spad/Prod, nos mostra que as parcelas na maior densidade populacional, foram mais efetivas na conversão e assimilação do nitrogênio, para o enchimento de grãos, explicando melhor o resultado encontrado neste trabalho.

## 5.2. Melhoramento genético para produção de silagem

### 5.2.1. Análise de variância e estimativas dos parâmetros genéticos

Na Tabela 8, encontram-se as estimativas dos valores e as significâncias dos quadrados médios, bem como as médias, as estimativas da variabilidade genotípica ( $\theta_g^2$ ), variância fenotípica ( $\sigma_f^2$ ), coeficiente de determinação genotípica ( $H^2$ ), coeficiente de variação experimental  $CV_e$  (%). com base na média das quinze características avaliadas nas duas épocas em Campos dos Goytacazes RJ.

Verificou-se efeito significativo dos genótipos com ( $P < 0,01$ ) e ( $P < 0,05$ ) de probabilidade para todas as características avaliadas, exceto para interação ambiente x densidade.

Para ambiente, obteve significância para as características de florescimento (FLOR), altura de espiga (AE), número de espiga (NE), comprimento de espiga (CE), SPAD, SPAD/PG, SPAD/PROD, produtividade de espiga com palha (PECP), produtividade de espiga sem palha (PESP), o peso de grãos (PG), a produtividade da massa verde (PMV); para densidade, somente as características de Stand, altura de planta (AP), e altura de espiga (AE) que não foram significativas.

Para interação ambiente x densidade, não foi significativo para nenhuma das características. Para genótipo obteve significância para todas as características avaliadas; para interação ambiente x genótipo, teve significância para altura de planta (AP), altura de espiga (AE), diâmetro de colmo (DC), comprimento de espiga (CE), SPAD, SPAD/PG, SPAD/PROD, produtividade de espiga com palha (PECP), produtividade de espiga sem palha (PESP), o peso de grãos (PG), a produtividade da massa verde (PMV).

Para a interação densidade x genótipos foram diâmetro de colmo (DC), SPAD, produtividade de espiga sem palha (PESP), que obtiveram significância e para a interação ambiente x densidade x genótipo, obteve significância apenas para a característica de peso de grãos (PG).

**Tabela 8** - Resumo da análise de variância conjunta com os respectivos quadrados médios e graus de liberdade (GL), estimativas dos coeficientes de variação experimental (CVe%) e das médias para as 15 características avaliadas em genótipos de milho para silagem Campos dos Goytacazes, RJ

FV	GL	Quadrados Médios								
		Flor	Stand	AP	AE	DC	NE	CE	DE	NF
Rep/Amb	6	20,695	1,509	0,060	0,049	21,937	268599728,0	1,380	23,796	0,263
Amb(A)	1	30,250*	13,597 <sup>ns</sup>	0,066 <sup>ns</sup>	0,353**	2,726 <sup>ns</sup>	1741857229,0*	11,226*	48,519 <sup>ns</sup>	0,045 <sup>ns</sup>
Den (D)	3	55,484**	0,795 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>	114,73**	13756461268,0**	60,921**	179,087**	1,173**
A x D	3	1,968 <sup>ns</sup>	2,097 <sup>ns</sup>	0,024 <sup>ns</sup>	0,028 <sup>ns</sup>	9,425 <sup>ns</sup>	351498611,0 <sup>ns</sup>	1,129 <sup>ns</sup>	17,489 <sup>ns</sup>	0,062 <sup>ns</sup>
Erro a	18	5,865	34,500	0,049	0,029	65,315	273562271,0	2,323	25,319	0,218
Gen (G)	7	51,587**	13,450**	1,050**	0,967**	15,032**	818201519,0**	21,606**	282,56**	68,107**
A x G	7	3,660 <sup>ns</sup>	2,088 <sup>ns</sup>	0,028*	0,022*	7,000*	92131196,0 <sup>ns</sup>	10,154**	32,382 <sup>ns</sup>	0,361 <sup>ns</sup>
D x G	21	2,502 <sup>ns</sup>	2,042 <sup>ns</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	5,640**	150452038,0 <sup>ns</sup>	1,6726 <sup>ns</sup>	16,269 <sup>ns</sup>	0,382 <sup>ns</sup>
A x D x G	21	3,081 <sup>ns</sup>	1,422 <sup>ns</sup>	0,015 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	2,641 <sup>ns</sup>	100004583,0 <sup>ns</sup>	1,469 <sup>ns</sup>	30,354 <sup>ns</sup>	0,389 <sup>ns</sup>
Erro b	168	2,492	2,592	0,014	0,010	2,963	135112040,0	1,145	21,078	0,487
Média		72,66	12,90	2,27	1,37	23,11	66496,3	17,65	47,95	12,82
CVe(%)		2,17	12,48	5,27	7,34	7,44	17,48	6,06	9,57	5,44
$\theta_g^2$		12,27	2,71	0,25	0,23	3,01	170772369,75	5,11	65,33	16,90
$\sigma_f^2$		12,90	3,36	0,26	0,24	3,75	204550379,75	5,40	70,64	17,02
H <sup>2</sup>		95,17	80,72	98,63	98,95	80,28	83,49	94,70	92,54	99,28

**Tabela 8 – Cont...**

FV	GL	Quadrados Médios							
		SPAD	SPAD/PG	SPAD/PMV	PECP	PESP	PG	PMV	GMV
Rep/Amb	6	8,07	432,8	197799,8	6402880,0	4829994,3	1306770,9	485855223,0	37,1
Amb(A)	1	662,5**	56,2 <sup>ns</sup>	247153,1**	391401290,0**	391401290,0**	30892927,2*	2509854442,0**	15,3 <sup>ns</sup>
Den (D)	3	297,8**	82679,4**	1028945,2**	106305728,0**	106305728,0**	186895701,1**	2261619938,0**	116,9**
A x D	3	15,1 <sup>ns</sup>	427,8 <sup>ns</sup>	1558,5 <sup>ns</sup>	3198438,0 <sup>ns</sup>	3198438,0 <sup>ns</sup>	955514,1 <sup>ns</sup>	5593046,0 <sup>ns</sup>	9,9 <sup>ns</sup>
Erro a	18	16,4	2012,51	62619,8	13504353,0	9911804,7	4100656,2	135598801,0	5,5
Gen (G)	7	231,0**	63944,41**	537774,8**	178972531,0**	126220085,7**	119224005,7**	1056276486,0**	196,2**
A x G	7	13,0**	6674,05**	192331,7**	22821260,0**	12015088,2**	11179147,2**	384884780,0**	3,5 <sup>ns</sup>
D x G	21	6,9*	2010,12 <sup>ns</sup>	59662,9 <sup>ns</sup>	10244715,0 <sup>ns</sup>	6328955,1*	3692955,1 <sup>ns</sup>	125960922,0 <sup>ns</sup>	16,2 <sup>ns</sup>
A x D x G	21	6,9*	1673,51 <sup>ns</sup>	94004,9 <sup>ns</sup>	5976360,0 <sup>ns</sup>	3007325,3 <sup>ns</sup>	1855054,7**	189719049,0 <sup>ns</sup>	14,2 <sup>ns</sup>
Erro b	168	4,1	1511,84	63349,3	6638326,0	3327822,0	2806466,0	140044258,0	12,8
Média		49,2	195,72	1.030,70	15237,40	10716,41	9529,08	50495,85	19,23
CV <sub>e</sub> (%)		4,10	19,87	24,42	16,91	17,02	17,58	23,48	18,57
$\theta_g^2$		56,73	15608,14	118606,38	43083551,25	30723065,92	29104384,93	245373358,5	45,852
$\sigma_f^2$		57,75	15986,10	134443,72	44743132,75	31555021,42	29806001,43	280900473,5	49,043
H <sup>2</sup>		98,22	97,64	88,22	96,29	97,36	97,65	87,35	93,34

FLOR: florescimento (dias); Stand: número de plantas por parcela (planta/parcela); AP: altura de plantas (m); AE: altura de espiga (m); DC: diâmetro de colmo, NE: número de espiga (espiga ha<sup>-1</sup>); CE: comprimento de espiga (cm); DE: diâmetro de espiga (mm); NF: número de fileira de grãos (fileira/espiga), SPAD: índice de verde; SPAD/PG: índice de verde/peso de grão; SPAD/PMV: Índice de verde/produtividade de massa verde; PECP: produtividade de espiga com palha no ponto de silagem (kg ha<sup>-1</sup>); PESP: produtividade de espiga sem palha no ponto de silagem (kg ha<sup>-1</sup>); PG: peso de grãos no ponto de silagem (kg ha<sup>-1</sup>); PMV: produtividade de massa verde (kg ha<sup>-1</sup>); GMV: proporção de grãos na massa verde (%) e <sup>ns</sup>: Não Significativo pelo teste F; \*\*: Significativo (P<0,01) pelo teste F; \*: Significativo (P<0,05) pelo teste F Variabilidade genotípica ( $\theta_g^2$ ), variância fenotípica ( $\sigma_f^2$ ), coeficiente de determinação genotípica (H<sup>2</sup>), coeficiente de variação experimental CV<sub>e</sub> (%).

Ainda, de acordo com a tabela 8, verificou-se que, em média a produtividade de grãos no ponto de silagem (PG) e a produtividade de massa verde (PMV) foram de 9.529 e 50.495 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente

Os coeficientes de variação experimental foram de 2,17% para a característica de FLOR; 12,48% para Stand; 5,27% para AP; 7,34 % para AE; 7,44% para DC; 17,48% para NE; 6,06% para CE; 9,57% para DE; 5,44% para NF; 4,11% para SPAD; 19,87% para SPAS/PG; 24,42% para SPAD/PMV; 16,91% para PECP; 17,02% para PESP; 17,58% para PG; 23,48% para PMV e 18,57% para GMV. (Tabela 8).

De acordo com as classificações propostas por Scapim et al. (1995), e Fritsche-Neto et al. (2012), as quais foram elaboradas considerando a cultura do milho e a natureza das características avaliadas, os coeficientes de variação experimental foram classificados como baixo a alto. Pode-se observar que os coeficientes de variação oscilaram de 2,17% para FLOR a 24,42% para SPAD/PG, o que demonstra uma boa precisão experimental.

Estes coeficientes de variação comprovam aceitável precisão experimental para todas as características avaliadas. Crevelari et al. (2016), obtiveram resultados semelhantes com coeficientes de variação experimental que oscilaram de 5,71% para AP a 22,47% para PG.

O coeficiente de determinação genotípico variou de 80,28% para DC a 99,28% para NF (Tabela 8). Este parâmetro é uma medida da importância relativa da hereditariedade. Estimativas altas como as encontradas neste trabalho permite inferir que a maior parte da variação dos genótipos é devido a causas genéticas.

### **5.2.2. Densidade x características x genótipos**

Para o ensaio de silagem também foi realizado o Teste de Tukey (1953) ao nível de 5% de probabilidade para as médias gerais dos genótipos, em relação às densidades e as características avaliadas, considerando ambos os ambientes.

De acordo com a análise de variância conjunta, o ambiente não foi significativo para as características de Stand, AP, DC, DE, NF e GMV. Desse modo, tais características serão apresentadas em conjunto para ambos os ambientes.

Para as demais características, o ambiente foi significativo e assim serão apresentadas para cada ambiente. O ensaio de silagem, como já mencionado, foi

realizado somente em Campos dos Goytacazes, em duas épocas, assim serão denominados de Agrícola silagem 1 (Abril/2020) e Agrícola silagem 2 (Junho/2020).

#### **5.2.2.1. Ambos ambientes**

Para as características que não houve significância no ambiente, a AP, o UENF MS 2208 ficou com melhor média de 2,62 m e o UENF 506-16 com menor média de 2,10 m (figura 4a). O Stand, o AG 1051 ficou com a maior média de 13,75 plantas/parcela não diferindo dos demais, com exceção do BR 106 que obteve a menor média de 11,50 plantas/parcela (figura 4b). Para DC, o UENF 506-16 obteve a maior média 24,23 mm e o BR 106 com menor média 22,04 mm. (figura 4c).

Na característica DE, o AG 1051, obteve média de 53,85 cm e o BR 106, de média 44,46 cm (figura 4d). Para NF, o de maior foi o AG 1051 com média de 15,38 fileira/espiga e o menor com o UENF MS 2208 para 10,86 fileira/espiga (figura 4e). E para GMV, o AG 1051, com média de 23,89% e o UENF MS 2208 com 15,67% (figura 4f). Para a característica de SPAD/PG, o AG 1051, foi o que obteve maior média de 290,38 unidade de SPAD (figura 4g).

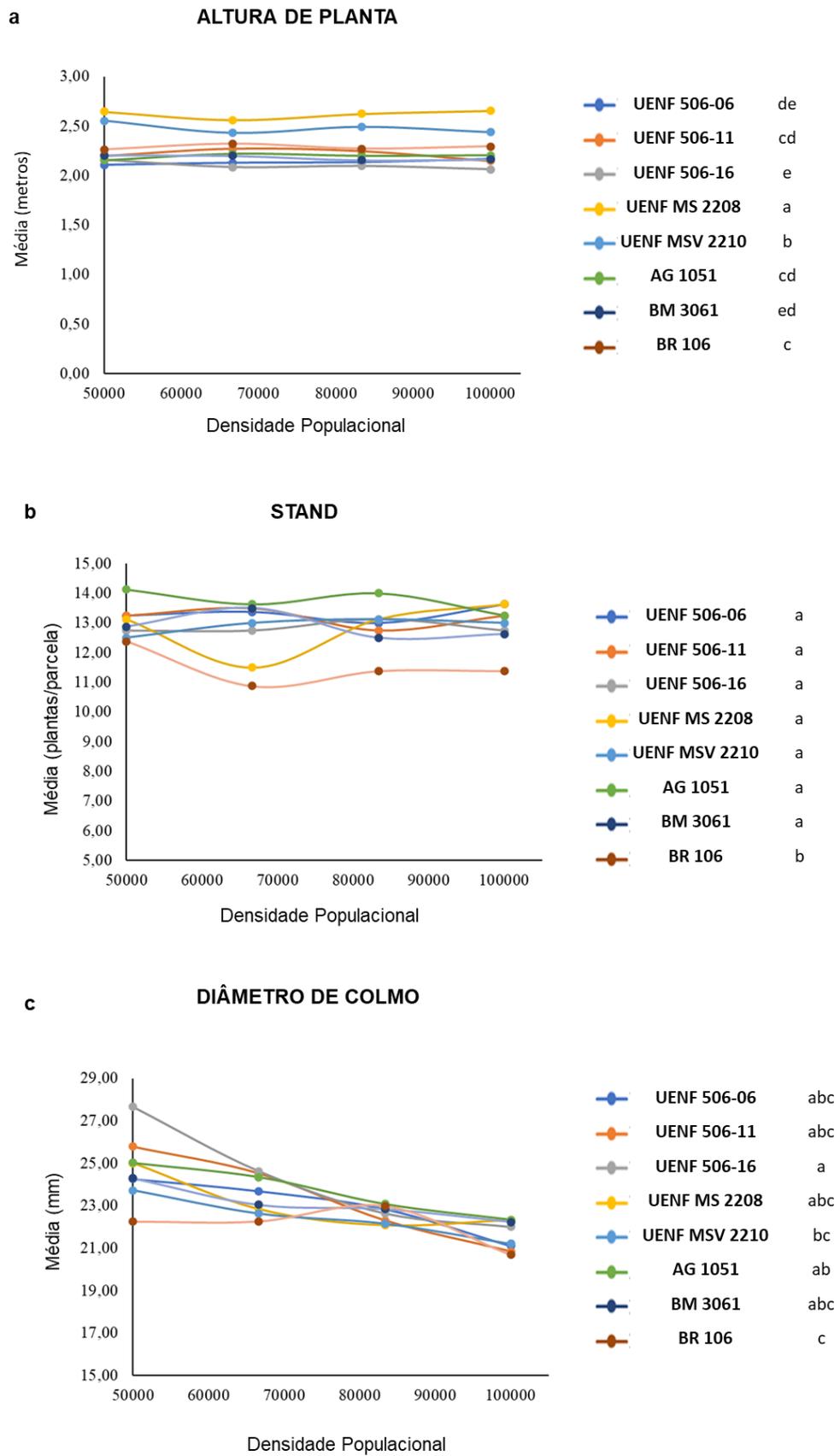


Figura 4

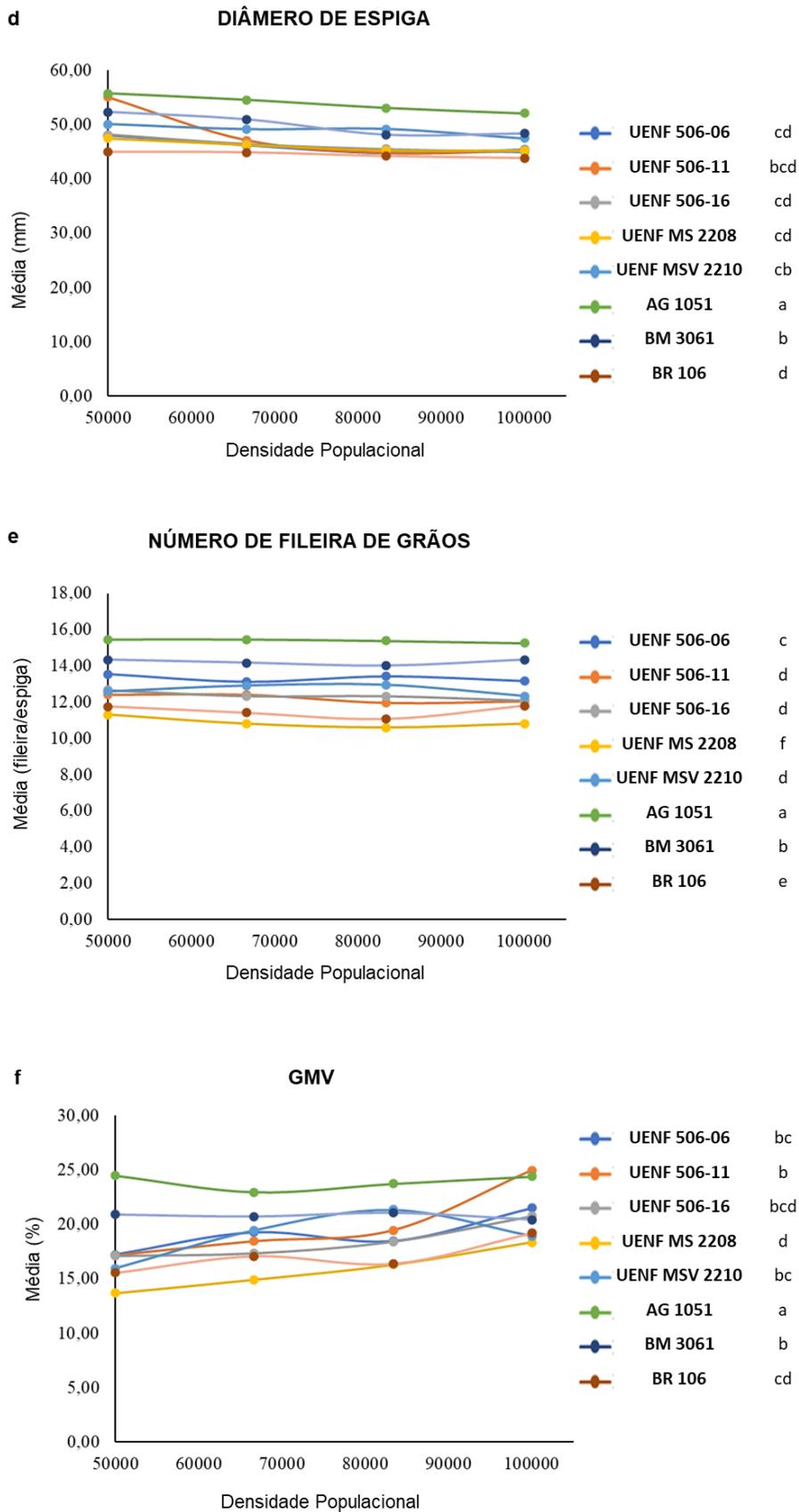
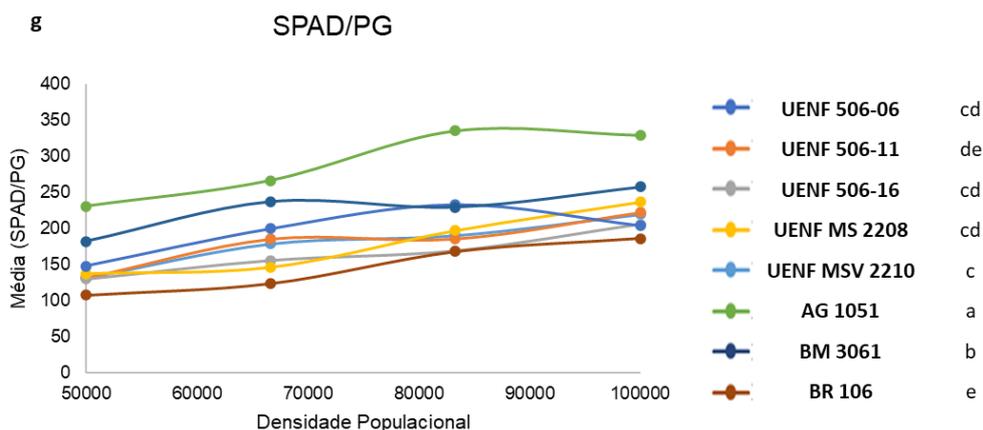


Figura 4 - Cont.



**Figura 4** - Média geral dos oito genótipos em relação às quatro densidades populacionais, para as características avaliadas com seus respectivos testes de média de Tukey para ambos ambientes– RJ. **a)** Altura de plantas (m); **b)** Stand (planta/parcela); **c)** Diâmetro de colmo (mm), **d)** Diâmetro de espiga (mm); **e)** Número de fileira de grãos (fileira/espiga), **f)** GMV: proporção de grãos na massa verde (%); **g)** SPAD/PG: Índice de verde/Peso de Grão.

#### 5.2.2.2. Ambiente Silagem 1

Assim, para o ambiente silagem 1, houve interação densidade x genótipo apenas para SPAD, onde para a densidade de 50.000 plantas  $ha^{-1}$  o BM 3061 com 58,93 de teor de clorofila e UENF MS 2208 com 49,56 de teor de clorofila. Para a densidade 66.667 plantas  $ha^{-1}$ , o BM 3061 com 55,22. Para a densidade de 83.333 plantas  $ha^{-1}$ , o BM 3061 com 54,73 e o UENF MSV 2208 com 46,39, e para a densidade de 100.000 plantas  $ha^{-1}$  o BM 3061 com 52,51 e o UENF 506-16 com 43,16 (figura 5a).

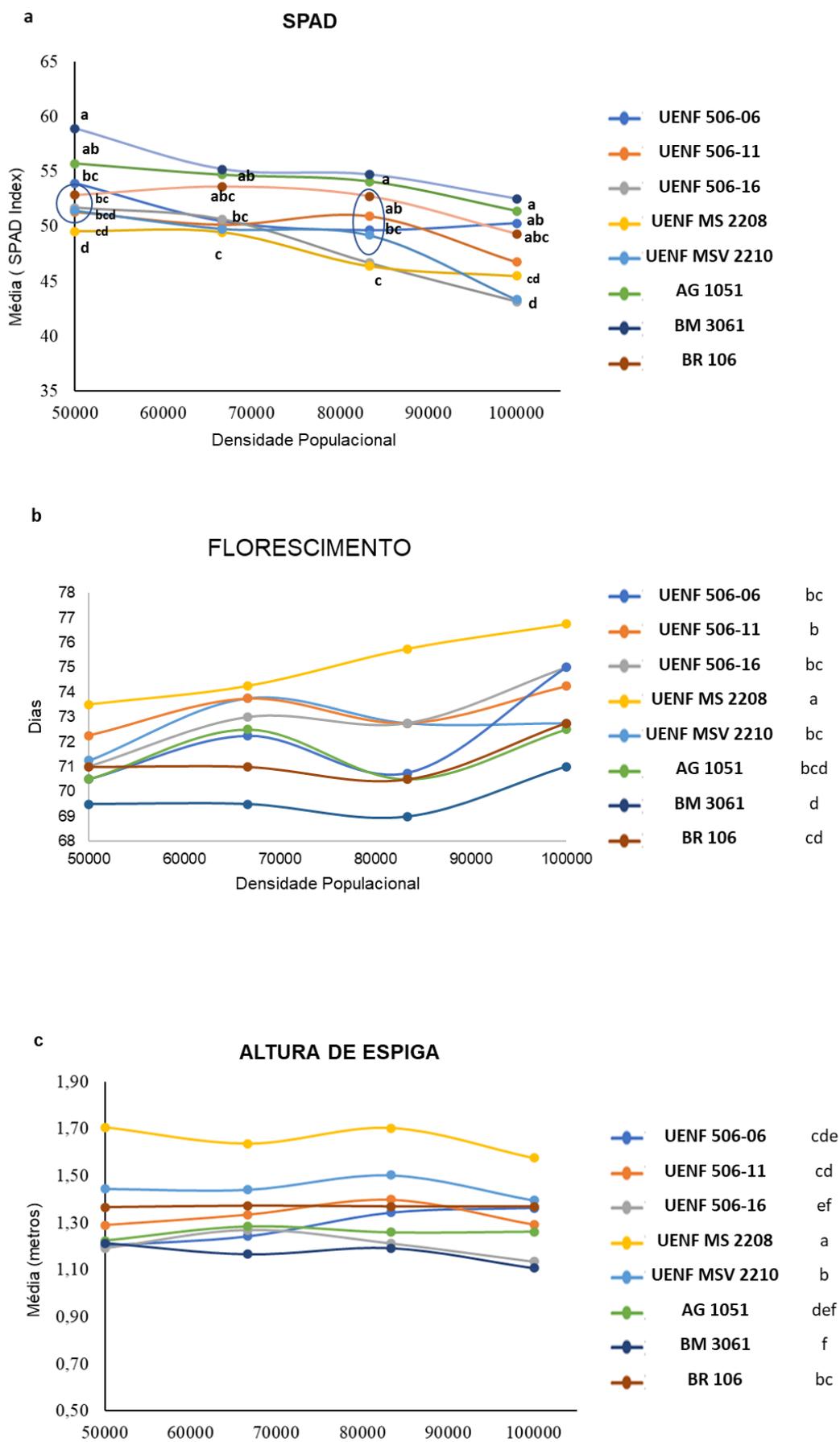
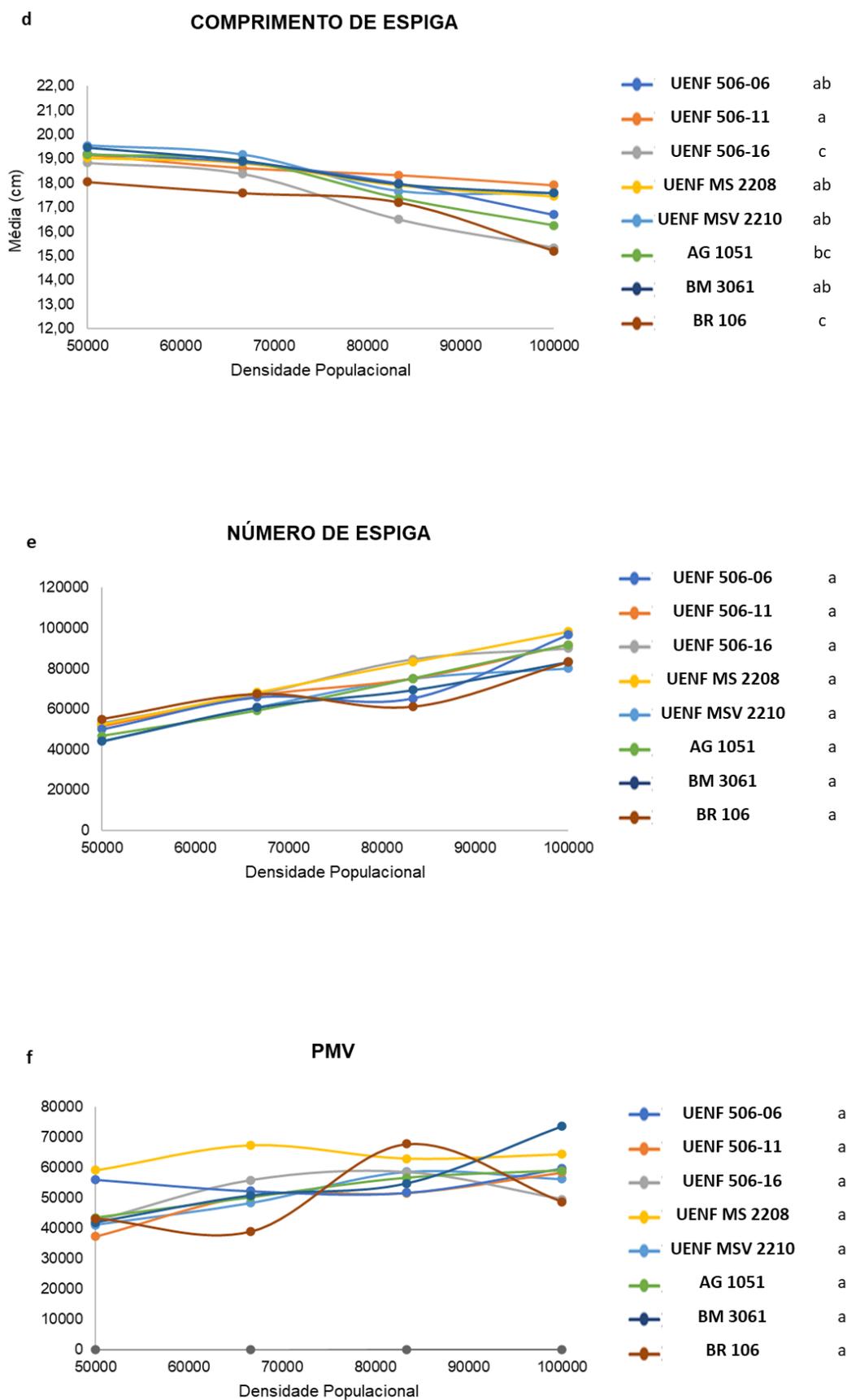


Figura 5



**Figura 5 – Cont.**

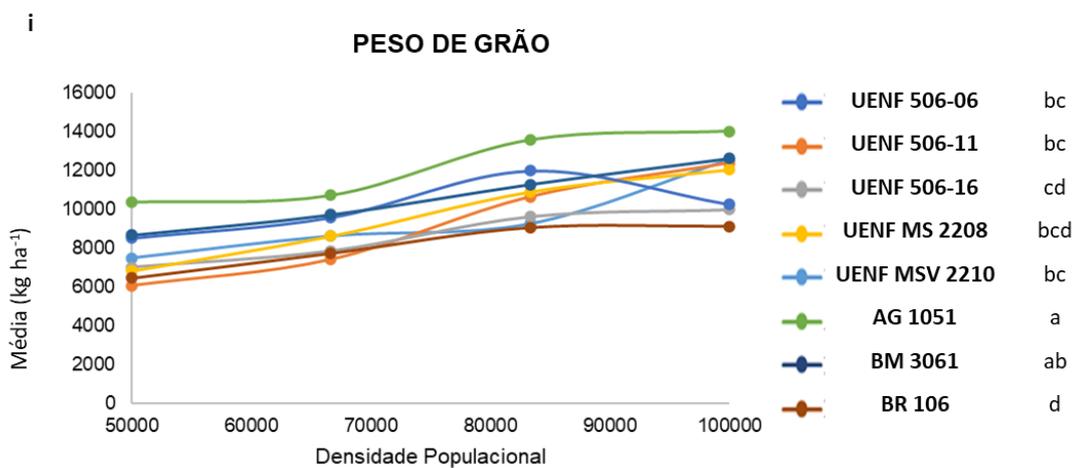
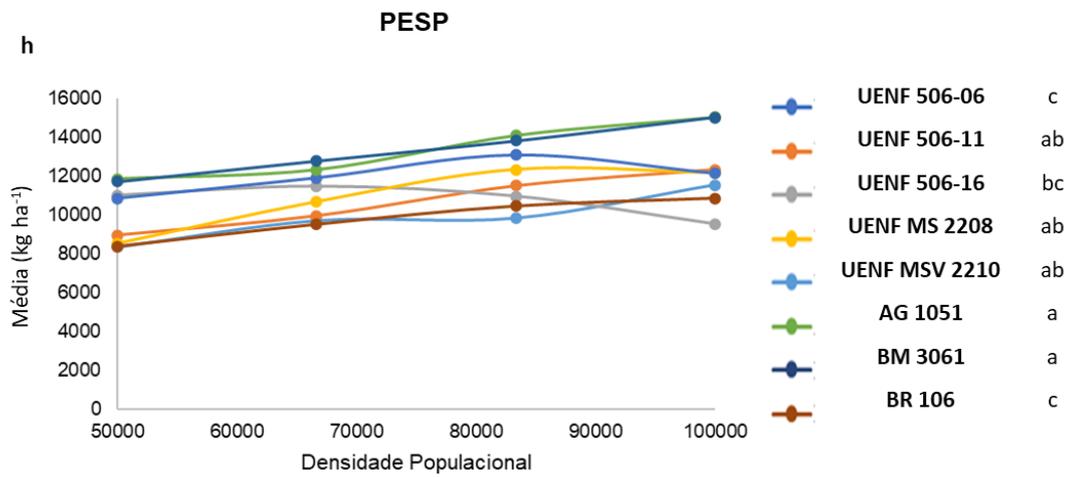
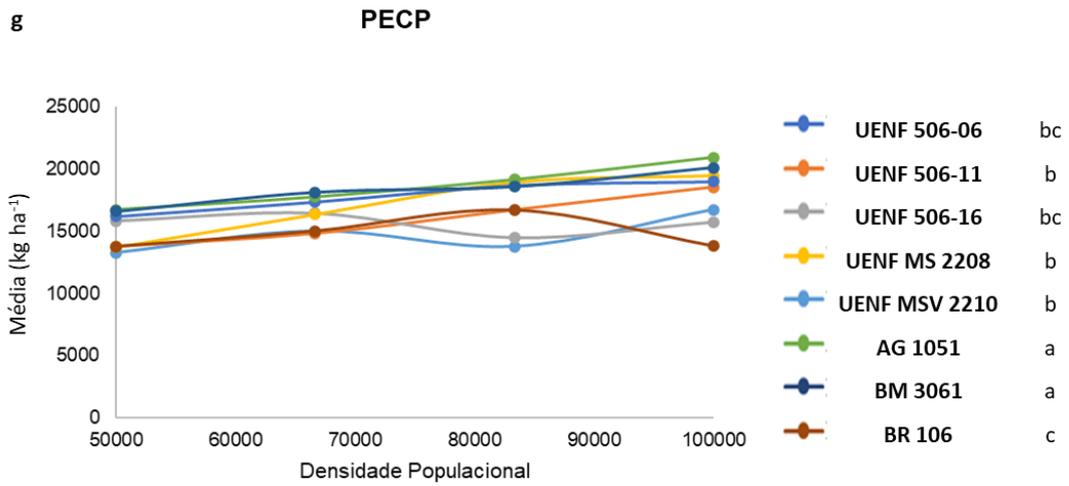
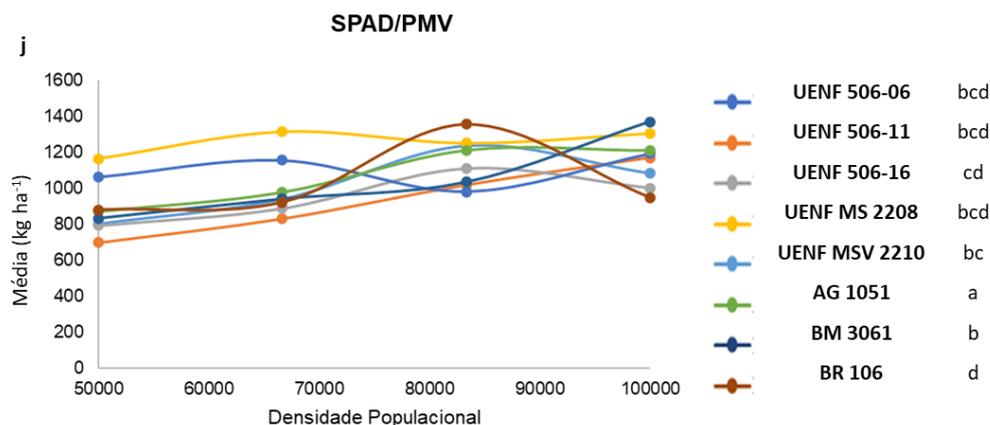


Figura 5 – Cont.



**Figura 5** - Média geral dos oito genótipos em relação às quatro densidades populacionais, para todas as características avaliadas com seus respectivos testes de média de Tukey para o ambiente de Agrícola Silagem 1– RJ **a)** SPAD: Índice de verde, **b)** Florescimento; **c)** Altura de espiga; **d)** Comprimento de espiga; **e)** Número de espiga (espiga ha<sup>-1</sup>); **f)** PMV: produtividade de massa verde (kg ha<sup>-1</sup>); **g)** PECP: produtividade de espiga com palha no ponto de silagem; **h)** PESP: produtividade de espiga sem palha no ponto de silagem; **i)** PG: peso de grãos no ponto de silagem (kg ha<sup>-1</sup>) **j)** SPAD/PMV: índice de verde/produtividade de massa verde.

Para as demais características não houve interação densidade x genótipo, assim se destacando somente os genótipos em relação as suas médias. Para a característica de FLOR, o BM 3061, o BR 106 e o AG 1051 ficaram com o florescimento mais precoce com 69 e 71 dias, respectivamente (figura 5b). Para e AE, o UENF MS 2208 ficou com 1,65 m (figura 5c).

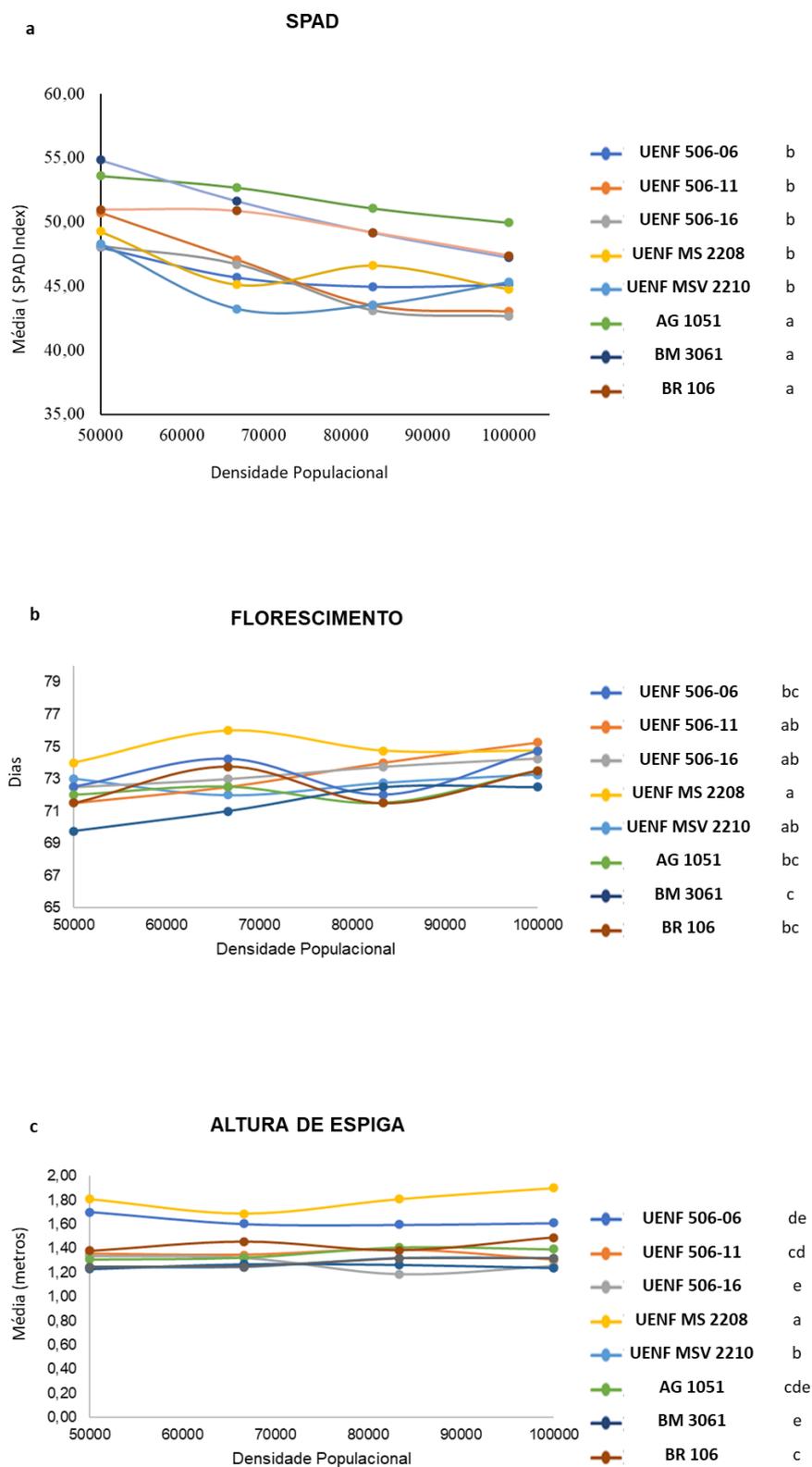
Para CE, o UENF 506-11 obteve a maior média de 18,62 cm e o BR 106 com menor média de 16,96 cm; já para NE e PMV, as médias para ambos os fatores foram estatisticamente iguais (figura 5d, figura 5e e figura 5f).

Para PECP, o AG 1051 e BM 3061 são iguais estatisticamente, possuindo 18.489 kg ha<sup>-1</sup> e 18.391 kg ha<sup>-1</sup>, e o BR 106, como também são iguais estatisticamente no PESP com 13.553 kg ha<sup>-1</sup> e 13.343 kg ha<sup>-1</sup> (figura 5g e figura 5h). No PG, o AG 1051 obteve a maior média de 12.502 kg ha<sup>-1</sup> e o de menor média foi o BR 106 com 7.819 kg ha<sup>-1</sup> (figura 5i). Para a característica SPAD/PMV, o UENF MS 2208, ficou com a maior média de 1254,7 unidade de SPAD (figura 5j).

### 5.2.2.3. Ambiente Silagem 2

Para o ambiente silagem 2, não houve interação densidade x genótipo, para nenhuma das características, havendo, somente, relação dos genótipos com suas médias. Para a característica do SPAD, o AG 1051, com média de 51,83

SPAD Index (figura 6a) e destacando-se, o BM 3061 que obteve o florescimento em menor tempo, com 71 dias (figura, 6b).



**Figura 6**

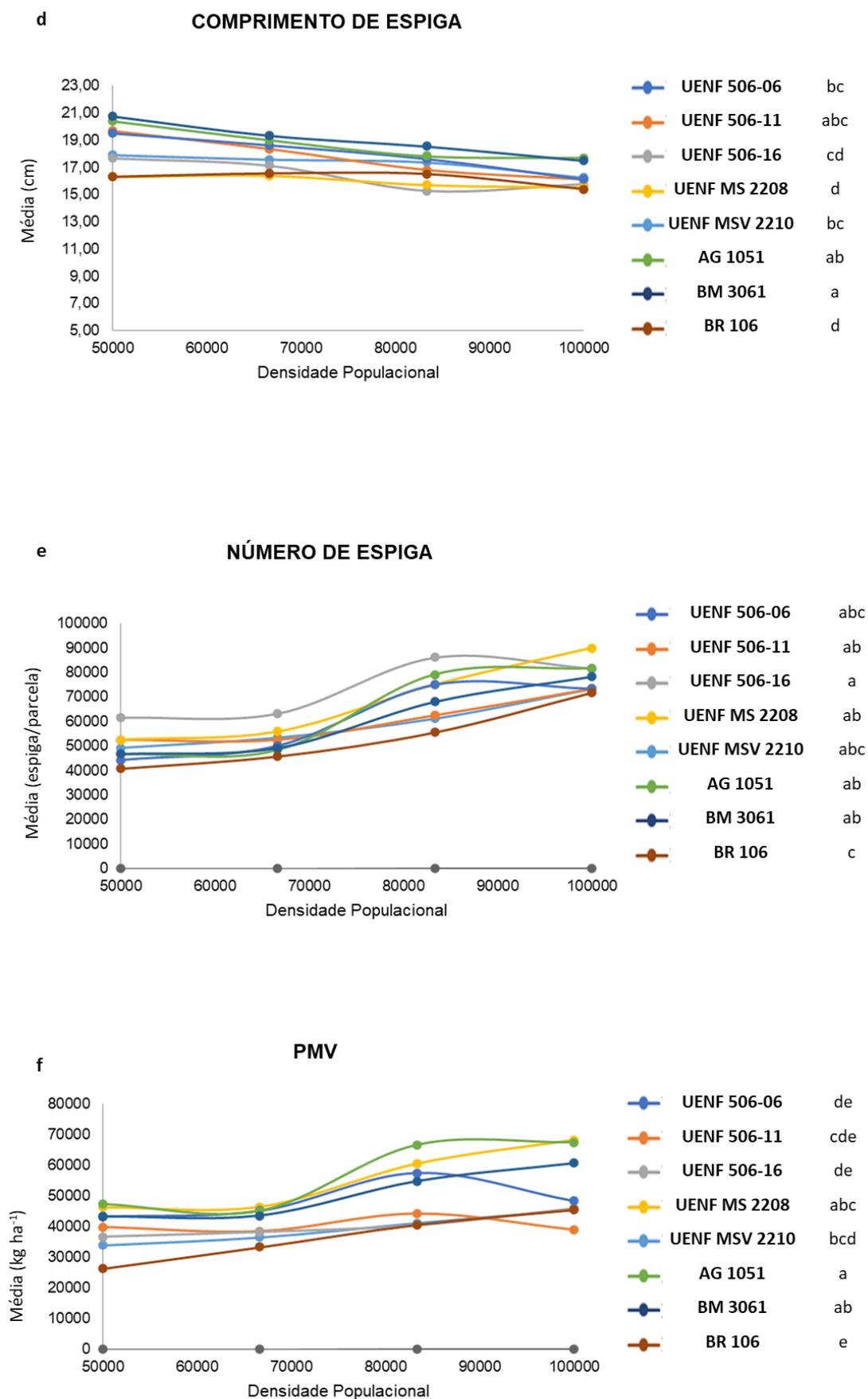


Figura 6 – Cont.

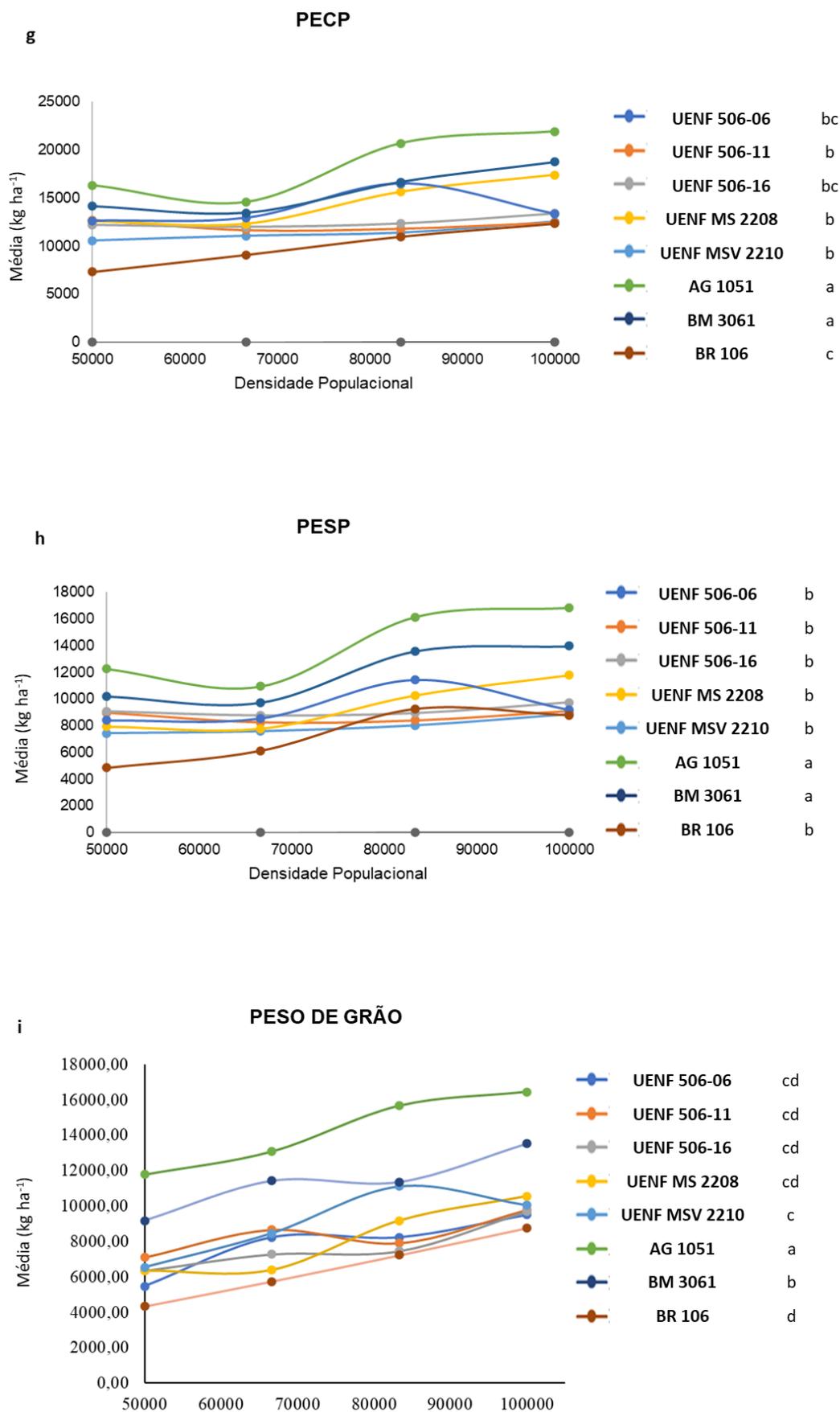
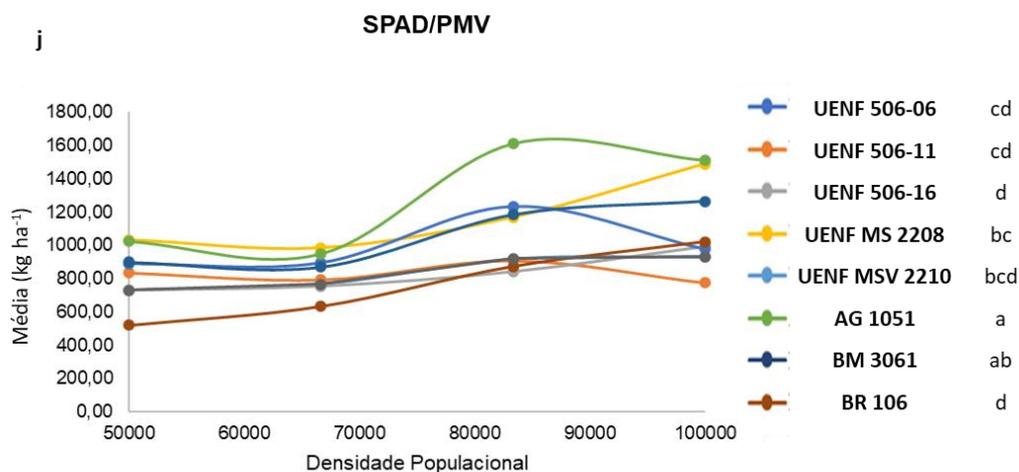


Figura 6 – Cont.



**Figura 6** - Média geral dos oito genótipos em relação às quatro densidades populacionais, para todas as características avaliadas com seus respectivos testes de média de Tukey para o ambiente de Agrícola Silagem 2 – RJ **a)** SPAD: índice de verde **b)** Florescimento (dias); **c)** Altura de espiga (m); **d)** Comprimento de espiga (cm); **e)** Número de espiga (espiga ha<sup>-1</sup>); **f)** PMV: produtividade de massa verde (kg ha<sup>-1</sup>); **g)** PECP: produtividade de espiga com palha no ponto de silagem (kg ha<sup>-1</sup>); **h)** PESP: produtividade de espiga sem palha no ponto de silagem (kg ha<sup>-1</sup>); **i)** PG: peso de grãos no ponto de silagem (kg ha<sup>-1</sup>), **j)** SPAD/PMV: índice de verde/produtividade de massa verde.

Para AE, o que se destacou foi o UENF MS 2208 obtendo uma média de 1,79 m (figura 6c). No CE, o BM 3061 obteve a maior média com 19,28 cm (figura 6d).

Para NE, o UENF 506-16 obteve maior média com 73.193 espigas ha<sup>-1</sup> e o BR 106 a menor média com 53.402 espigas ha<sup>-1</sup> (figura 6e) e para PMV, o AG 1051 com a maior média de 60.400 kg ha<sup>-1</sup> (figura 6f).

Para PECP e PESP, o AG 1051 com 19.612 e 14.932 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (figura 6g e 6h). Para PG, o AG 1051 com a maior média de 14.255 kg ha<sup>-1</sup> (figura 6i). Para a característica SPAD/PMV, o UENF MS 2208, ficou com a maior média de 1254,7 unidade de SPAD (figura 6j).

Com base nos dados apresentados no ensaio para silagem (figura 4, 5 e 6), pode-se observar o efeito das características em relação à densidade (Tabela 9), que o florescimento, foi observado para ambos ambientes uma média entre 71 dias para grão, onde para o milho é encontrado uma média cerca de 65 dias após a emergência ocorre o florescimento (Ritchie et al., 2003). Isso pode ser observado, devido aos ensaios agrícola silagem 1 e 2 ter sido implementado mais próximo ao

inverno, onde as temperaturas já se encontram mais amenas, visto que a produção de silagem é mais destinada a época do inverno.

**Tabela 9** - Resultado dos testes de comparação de médias para as características avaliadas em ambos ambientes e o teste de Tukey (5%).

SILAGEM					
plantas ha <sup>-1</sup>	FLOR	AP	AE	DC	
50.000	71,64 a	2,29 a	1,38 a	24,75 a	
66.667	72,81 b	2,28 a	1,36 a	23,50 b	
83.333	72,34 bc	2,28 a	1,36 a	22,62 c	
100.000	73,86 c	2,27 a	1,38 a	21,60 d	
plantas ha <sup>-1</sup>	STAND	CE	DE	NF	
50.000	13,03 a	18,81 a	50,22 a	13,00 a	
66.667	12,77 a	17,99 b	48,19 ab	12,83 a	
83.333	12,88 a	17,29 c	46,85 b	12,71 a	
100.000	12,94 a	16,52 d	46,55 b	12,72 a	
plantas ha <sup>-1</sup>	NE	PECP	PESP	PG	
50.000	49.479 d	13.640 c	9.305 c	7.409 d	
66.667	60.901 c	14.865 b	10.489 b	9.036 c	
83.333	71.959 b	15.801 ab	11.386 a	10.283 b	
100.000	83.646 a	16.643 a	11.684 a	11.388 a	
plantas ha <sup>-1</sup>	PMV	GMV	SPAD	SPAD/PG/PMV	
50.000	42.613 c	17,76 b	51,84 a	149 d	861 c
66.667	48.939 b	18,78 b	49,82 b	186 c	1.006 b
83.333	54.308 ab	19,40 b	48,47 c	213 b	1.121 ab
100.000	55.689 a	21,00 a	46,73 d	232 a	1.133 a

FLOR: florescimento (dias); AP: altura de plantas (m); AE: altura de espiga (m); DC: diâmetro de colmo, Stand: número de plantas por parcela (planta/parcela); CE: comprimento de espiga (cm); DE: diâmetro de espiga (mm); NF: número de fileira de grãos (fileira/espiga); NE: número de espiga (espiga ha<sup>-1</sup>); PECP: produtividade de espiga com palha no ponto de silagem (kg ha<sup>-1</sup>); PESP: produtividade de espiga sem palha no ponto de silagem (kg ha<sup>-1</sup>); PG: peso de grãos no ponto de silagem (kg ha<sup>-1</sup>); PMV: produtividade de massa verde (kg ha<sup>-1</sup>); GMV: proporção de grãos na massa verde (%); SPAD: índice de verde, SPAD/PG: Índice de verde/peso de grãos e SPAD/PMV: índice de verde/produtividade de massa verde.

Neumann et al. (2018), confirmam que a densidade populacional não alterou os valores para altura de plantas e altura de inserção de espiga e que não houve efeito de interação, tais resultados corroboram com os encontrados nesta pesquisa. Machado et al. (2017), também observaram e salientam que a altura das plantas é uma mensuração importante quando se cultiva milho para produção de silagem, pois plantas muito altas podem ser mais susceptíveis ao quebramento e acamamento, afetando negativamente o processo de colheita e a produtividade da

lavoura. Calonego et al. (2011) e Stacciarini et al. (2010) também observaram que o aumento na densidade de plantas reduziu significativamente o diâmetro de colmo.

Foi observado uma redução do diâmetro de colmo conforme o aumento da densidade populacional, efeitos também observados por Argenta et al. (2001), em que a densidade populacional de plantas tem ligação direta com o diâmetro do colmo, visto que quanto maior a densidade menor será o diâmetro do colmo. Os percentuais de colmo aumentam quando ocorre acréscimo na população de plantas  $ha^{-1}$ . Levando em consideração que a maior concentração de fibra se encontra no colmo, logo, o excesso de população de plantas, que possibilita maior percentagem de colmo, trará como resultado uma menor digestão e gasto do material produzido (Cruz et al., 2011).

O comprimento e o diâmetro de espiga são diretamente influenciados pela densidade populacional, as médias observadas diminuem à medida que se eleva a população. Os resultados obtidos por Dourado Neto et al. (2003) e Brachtvogel et al. (2009) corroboram com os observados neste trabalho. A redução no comprimento de espigas com a elevação da população de plantas pode ser atribuída ao aumento da competição por nutrientes e luz, e a consequente redução de fotoassimilados. Assim, sob baixas densidades populacionais, a produção individual por planta é máxima (Fornasieri Filho, 2007 e Stacciarini et al., 2010).

Para o número de fileiras de grãos, foi observado que sob as maiores populações, as espigas apresentaram menores médias, independente do espaçamento adotado, assim como encontrado por Matos (2018). Para Rocha et al. (2011), o número de espigas também houve um aumento, conforme o aumento da densidade populacional.

Segundo Borghi et al. (2016), com relação a população de plantas, a densidade de 50.000 plantas por hectare apresentou teor de clorofila estatisticamente superior comparado à densidade de 70.000 plantas por hectare (50,98 e 49,06, respectivamente). Esta diferença significativa no teor de clorofila entre os fatores permaneceu até o florescimento, com exceção da densidade de plantas.

Para as características de produtividade de espiga com palha e sem palha, houve um aumento em relação ao aumento das densidades populacionais, assim como Borghi et al. (2004) relataram, e assim consequentemente há um aumento no peso de grãos e GMV.

Crevelari et al. (2016), verificaram média da produtividade de grãos no ponto de silagem e a produtividade de massa verde foram de 7.391 e 40.381 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Paziani et al. (2009) avaliaram características agronômicas em híbridos de milho para produção de silagem e obtiveram, em média, 6.916 e 50.470 kg ha<sup>-1</sup> de produção de grãos no ponto de silagem e produção de matéria verde, respectivamente. No presente trabalho foram encontrados valores semelhantes, sendo possível observar que há uma relação das duas características com o aumento da densidade. Além disso, teve também o aumento do rendimento, onde na densidade de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup> obteve PG com 11.388 kg ha<sup>-1</sup> e para PMV 55.689 kg ha<sup>-1</sup>.

Segundo Carvalho et al. (2015), os genótipos responderam de maneira semelhantes aos espaçamentos, obtendo de maneira geral um decaimento dos valores de teor de clorofila, nos espaçamentos 0,8 e 0,6 m e para o espaçamento 1,0 m demonstraram maiores índices clorofílicos, que é devido a adaptação, por ter sido melhorada para esse espaçamento, porém mesmo tendo maior teor de clorofila, a produtividade não foi influenciada diretamente.

Assim como para a produtividade de grãos, o índice de verde atua da mesma forma para silagem. Nesse caso, conforme relatado em comparação com a literatura, os valores mais altos para peso de grão e para produtividade da massa verde, foram aumentando conforme o aumento das densidades populacionais, este fato ocorre também pela quantidade maior de planta que está disponível em uma mesma área, mas que caracteriza uma melhor absorção do nutriente nitrogênio, sendo convertido em produtividade para grão e para a massa verde. Assim as características SPAD/PG e SPAD/PMV comprovam o resultado encontrado neste trabalho, que com o aumento da densidade, também se tem o aumento dessas características.

### **5.3. Efeito da densidade na produtividade para grãos e silagem**

Analisando a tabela 10, onde indica o efeito da densidade populacional, para as características de produtividade de grãos, peso de grãos em silagem e produtividade da massa verde para silagem, em relação às densidades populacionais de modo geral, com as médias pelo Tukey (5%).

De acordo com a análise de variância conjunta, apresentado na tabela 5, não houve efeito significativo para densidade x genótipo na produtividade de grão.

Desse modo, analisando a tabela 10, que não há distinção de genótipo, podemos observar com base nos dados, que para a produção de grão, a melhor média de 5.037 kg ha<sup>-1</sup> foi na densidade de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, diferindo estatisticamente apenas da densidade populacional de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> que obteve a menor média com 4.234 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 10** - Média geral para grão e silagem, da produtividade, peso de grãos e PMV, em relação a densidade populacional e o teste de Tukey (5%).

Densidade (plantas ha <sup>-1</sup> )	Grão (kg ha <sup>-1</sup> )		Silagem (kg ha <sup>-1</sup> )	
	PROD	PG	PMV	
50.000	4.234 b	7.409 d	42.613 c	
66.667	4.972 a	9.036 c	48.939 b	
83.333	5.017 a	10.283 b	54.308 ab	
100.000	5.037 a	11.388 a	55.689 a	

PROD: produtividade (kg ha<sup>-1</sup>); PG: peso de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e PMV: produtividade de massa verde (kg ha<sup>-1</sup>).

Com a figura 7a, têm-se os gráficos de regressão, para essas características, onde conseguimos uma melhor visualização desses dados. Para a produtividade de grãos, o melhor modelo de regressão que se ajustou foi de resposta quadrática em função da elevação das densidades populacionais, com R<sup>2</sup> de 95%.

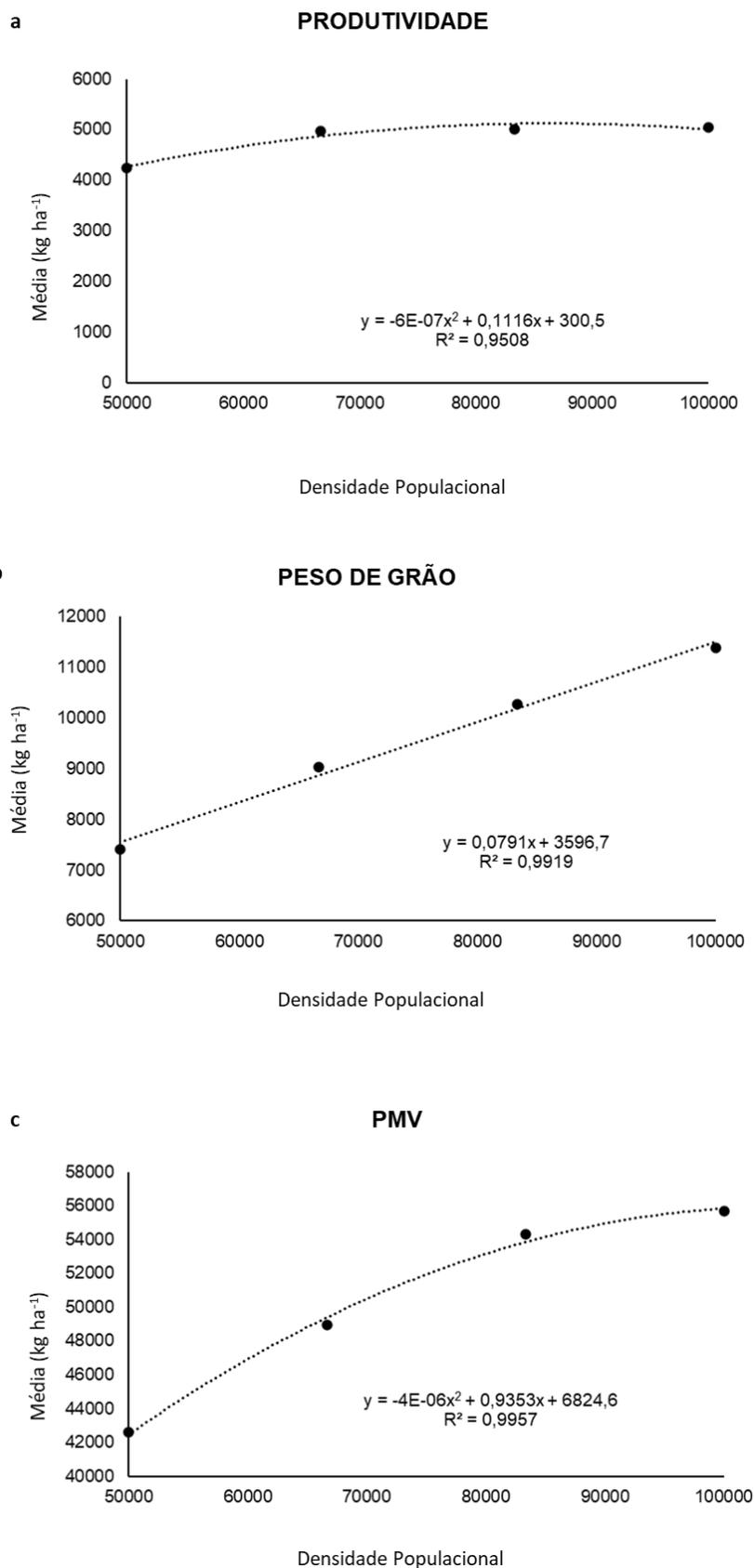
Os resultados de produtividade em função dos espaçamentos corroboram com Kappes (2010), que avaliou o rendimento de cinco híbridos em diferentes espaçamentos e densidades populacionais. As densidades populacionais foram 50.000, 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Em relação à população de plantas a densidade de 80 mil plantas por hectare apresentou o maior valor de produtividade (7.225 kg ha<sup>-1</sup>), enquanto que a densidade de 50 mil plantas a menor (6.584 kg ha<sup>-1</sup>).

De acordo com a análise de variância conjunta, apresentado na tabela 8, não houve efeito significativo para densidade x genótipo para PG e PMV, assim, para silagem de modo geral, a densidade de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, também foi a melhor, para PG e PMV, com valores de 11.388 kg ha<sup>-1</sup> e 55.689 kg ha<sup>-1</sup>. Para PG,

todas as densidades diferiram estatisticamente umas das outras, e para PMV as densidades de 100.000 e 83.333 plantas ha<sup>-1</sup> não diferiram estatisticamente. A densidade de 83.333 plantas ha<sup>-1</sup> não diferiu da de 66.667 plantas ha<sup>-1</sup>, que diferiu da de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Tabela 10).

Na análise de regressão linear para PG e PMV (figura 7 b e c), da média em função da densidade populacional, a silagem, o PG apresentou um comportamento linear e PMV apresenta um comportamento quadrático, com R<sup>2</sup> de 99,19% e 99,57%, respectivamente. Observou que houve um aumento dessas características conforme o aumento da densidade populacional, semelhante ao que Pereira et al. (2017) encontraram na produção de matéria verde 40.254 kg ha<sup>-1</sup>, com 82,5 mil plantas ha<sup>-1</sup> sendo 27,81% e 15,91% superior, respectivamente às densidades de 49,5 e 66 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Demétrio et al. (2008), avaliando diferentes híbridos de milho em diferentes densidades populacionais, encontraram o ponto de produtividade máxima de produção entre 75 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram encontrados por Modolo et al. (2010) e Kappes et al. (2011), que avaliando cinco híbridos de milho em cinco densidades diferentes encontraram maiores produtividades de grãos nas populações de 70 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, quando comparadas com as densidades populacionais de 50 e 60 mil plantas ha<sup>-1</sup>.



**Figura 7** - Gráficos de regressão geral, para grão e silagem em relação a densidade populacional. **a)** Produtividade de grãos; **b)** Peso de grãos e **c)** PMV: produtividade da massa verde.

#### 5.4. Efeito da densidade nos genótipos na produtividade para grãos e silagem

Na tabela 11, pode-se observar de uma melhor forma a média geral dos genótipos para grão e para silagem, em cada ambiente e para ambos, confirmando o que foi discutindo nos itens acima.

**Tabela 11** - Média geral dos genótipos para grão e silagem, da produtividade, peso de grãos e PMV, em relação aos ambientes.

AMBIENTES	GENÓTIPOS	GRÃO	SILAGEM	
		PROD	PG	PMV
Agrícola e Ambiente Silagem 1	UENF 506-06	3.557 bc	9.631 bc	51.076 a
	UENF 506-11	3.605 bc	9.761 bc	49.559 a
	UENF 506-16	5.384 a	8.657 cd	51.622 a
	UENF MS 2208	4.324b	9.470 bcd	63.489 a
	UENF MSV 2210	3.275 c	10.233 bc	55.003 a
	AG 1051	2.886 c	12.502 a	52.381 a
	BM 3061	3.604 bc	10.934 ab	55.321 a
	BR 106	2.715 c	7.819 d	49.697 a
Itaocara e Ambiente Silagem 2	UENF 506-06	5.501 bcd	7.866 cd	41.061 cde
	UENF 506-11	5.857 abc	8.359 cd	43.297 cde
	UENF 506-16	6.855 ab	7.699 cd	40.345 de
	UENF MS 2208	6.339 abc	8.334 cd	53.456 abc
	UENF MSV 2210	4.990 cd	9.048 c	48.370 bcd
	AG 1051	6.707 ab	14.255 a	60.400 a
	BM 3061	7.118 a	11.369 b	54.627 ab
	BR 106	4.316 d	6.520 d	36.491 e
2 Ambientes	UENF 506-06	4.529 bc	8.749 cd	46.068 bc
	UENF 506-11	4.731 bc	9.060 cd	46.428 bc
	UENF 506-16	6.120 a	8.178 ed	45.983 bc
	UENF MS 2208	5.332 ab	8.902 cd	58.743 a
	UENF MSV 2210	4.133 cd	9.641 c	51.686 abc
	AG 1051	4.797 bc	13.379 a	56.391 a
	BM 3061	5.361 ab	11.152 b	54.974 ab
	BR 106	3.516 d	7.169 e	43.094 c

PROD: produtividade (kg ha<sup>-1</sup>); PG: peso de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e PMV: produtividade de massa verde (kg ha<sup>-1</sup>).

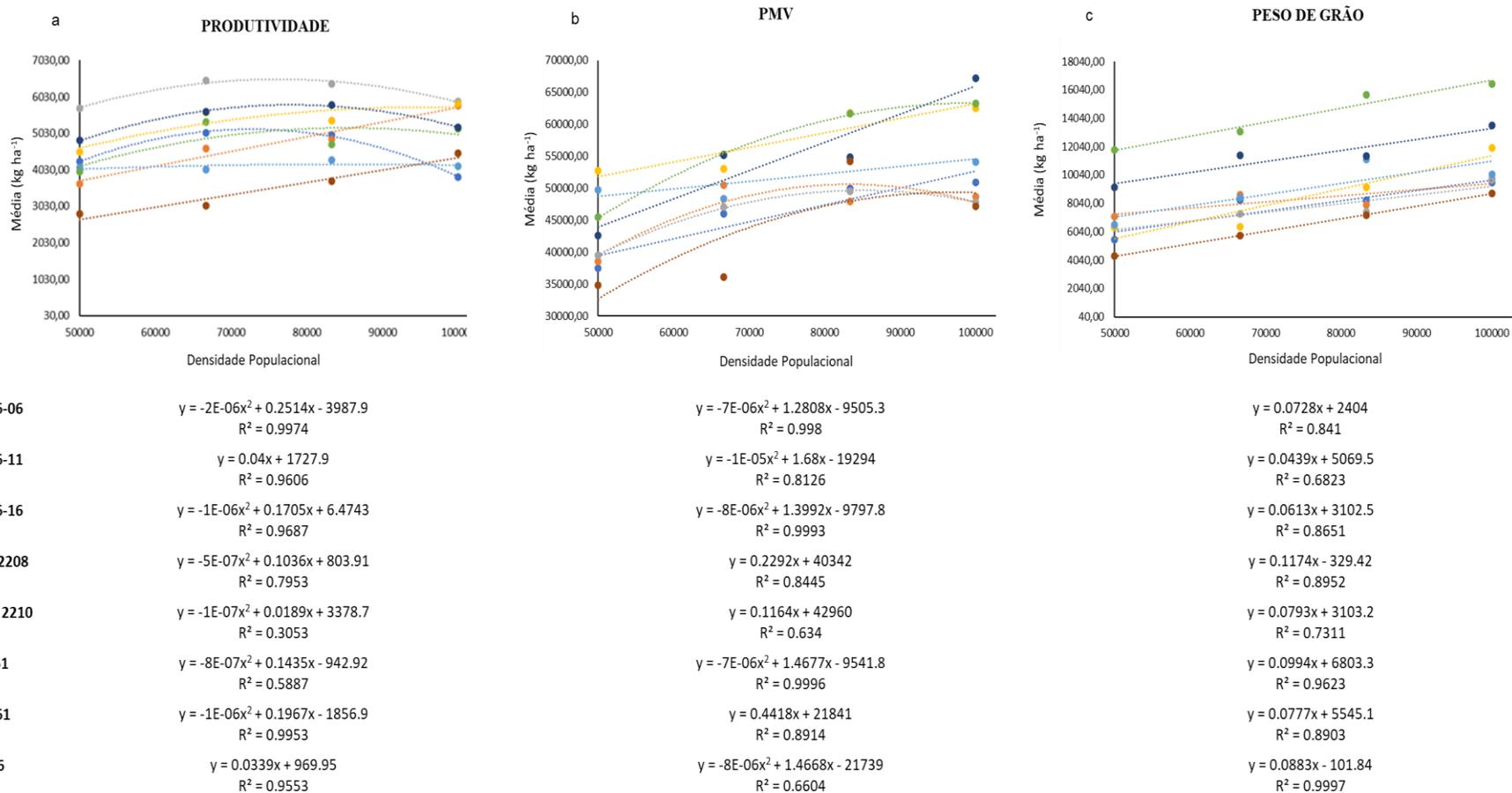
Assim, na Tabela 11, pode-se observar que existe diferença significativa entre genótipos, para grão no ambiente em Campos dos Goytacazes-RJ, o que apresentou maior média foi o UENF 506-16 com 5.384 kg ha<sup>-1</sup>, seguido do UENF MS 2208 com 4.324 kg ha<sup>-1</sup>. Para o ambiente de Itaocara, o BM 3061 com maior média de 7.118 kg ha<sup>-1</sup>, em segundo lugar destacando-se o UENF 506-16 que obteve uma média de 6.855 kg ha<sup>-1</sup>.

Para ambos ambientes, o híbrido que teve maior destaque foi o UENF 506-16 com média de 6.120 kg ha<sup>-1</sup>, seguido do BM 3061 com média de 5.361 kg ha<sup>-1</sup>, e o UENF MS 2208, em terceiro lugar com média de 5.332 kg ha<sup>-1</sup>.

Na figura 8, tem-se o efeito da densidade populacional em cada genótipo para o ensaio de grão e silagem, nas características de produtividade de grão, peso de grãos e produtividade da massa verde em ambos ambientes. O efeito da densidade populacional de modo geral, como já apresentado não foi significativo para as densidades populacionais de 66.667, 83.333 e 100.000 plantas ha<sup>-1</sup> diferindo apenas da densidade de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Tabela 10), e também não houve efeito de interação entre densidade x genótipo em ambos ambientes, para as características de produtividade de grãos, peso de grãos silagem e produtividade da massa verde silagem (Tabela 8).

Desse modo, no presente trabalho, pode-se observar na figura 8a, que apresentou resposta quadrática em função da densidade na produtividade de grãos para o híbrido UENF 506-06, foi mais expressivo na densidade populacional de 66.667 plantas ha<sup>-1</sup>, com uma média de 5.044 kg ha<sup>-1</sup>. O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 99,74%, indicando que a produtividade em função da densidade populacional é explicada por esse modelo de regressão.

O UENF 506-06, quando conduzido seu ciclo de seleção recorrente recíproca por Tardin (2006), obteve-se uma média de 4.733 kg ha<sup>-1</sup>, com o espaçamento entre linhas convencional de 1,00 m, no qual se tem uma densidade populacional de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Analisando a figura 9a, onde se observa especificamente para essa densidade, que o UENF 506-06 obteve uma média de 4.265 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 8** - Gráficos de regressão para os oito genótipos nas características de: **a)** Produtividade para grãos (kg ha<sup>-1</sup>), **b)** PMV: produtividade da massa verde e **c)** Peso de grãos para silagem.

Para o UENF 506-11, sua maior expressividade se deu na densidade de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com média de 5.789 kg ha<sup>-1</sup>. O melhor modelo de regressão que se ajustou foi o linear em função da densidade populacional na produtividade de grãos. O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 96,06%, indicando que a produtividade em função da densidade populacional, é explicada por esse modelo de regressão (figura 8a). Berilli (2009) conduziu o décimo primeiro ciclo de seleção recorrente recíproca com o espaçamento entre linhas convencional de 1,00 m, no qual se tem uma densidade populacional de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> onde obteve uma média de 6.440,00 kg ha<sup>-1</sup>. Se comparar a mesma densidade populacional, o presente trabalho reportou média de 3.652 kg ha<sup>-1</sup>.

Para o UENF 506-16, sua máxima expressividade se deu na densidade populacional de 66.667 plantas ha<sup>-1</sup>, com média de 6.483 kg ha<sup>-1</sup> que se pode observar na figura 8a, que apresentou resposta quadrática em função da densidade na produtividade de grãos. O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 96,87%, indicando que a produtividade em função da densidade populacional, é explicada por esse modelo de regressão. Gonçalves (2018), na condução do décimo sexto ciclo de seleção recorrente recíproca, obteve uma média de produtividade em 7.745 kg ha<sup>-1</sup> na densidade de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Nesta mesma densidade para o presente trabalho o híbrido obteve uma média de 5.713 kg ha<sup>-1</sup>.

Para o híbrido UENF MS 2208, sua maior expressividade foi na densidade populacional de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com 5.835 kg ha<sup>-1</sup> que se pode observar na figura 8a, que apresentou resposta quadrática em função da densidade na produtividade de grãos. O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 79,53%. O híbrido UENF MSV 2210, sua expressividade foi na densidade de 83.333 plantas ha<sup>-1</sup>, com 4.287 kg ha<sup>-1</sup> também apresentou uma análise de regressão quadrática com (R<sup>2</sup>) de 30,53%.

Para os genótipos comerciais, os híbridos AG 1051 e BM 3061, o melhor modelo de regressão que se ajustou foi a quadrática com coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 58,87% e 99,53%, respectivamente. Suas melhores expressões ocorreram para o AG 1051, na densidade de 66.667 plantas ha<sup>-1</sup>, com média de 5.333 kg ha<sup>-1</sup> e o BM 3061 na densidade de 83.333 plantas ha<sup>-1</sup>, com 5.809 kg ha<sup>-1</sup>.

Para a variedade BR 106, o melhor modelo foi o linear, com R<sup>2</sup> de 95,53%, na densidade de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, e média de 4.479 kg ha<sup>-1</sup>.

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, percebeu-se menor desempenho dos materiais estudados em relação aos citados na literatura, isto pode estar associado a fatores ambientais que ocorreram no decorrer do ensaio para grãos, nos dois ambientes devido a ocorrência de fortes chuvas e ventos.

Para o ensaio de silagem no ambiente 1, o melhor foi o AG 1051 com 12.502 kg ha<sup>-1</sup>, para PG, em segundo o BM 3061 com 10.934 kg ha<sup>-1</sup>, e em terceiro lugar o UENF MS 2210 com 10.233 kg ha<sup>-1</sup>. Já para PMV, o de melhor média foi o UENF MS 2208 com média de 63.489 kg ha<sup>-1</sup>, em segundo lugar o BM 3061, com média de 55.321 kg ha<sup>-1</sup>, seguido do UENF MSV 2210 com 55.003 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 11).

Para o ambiente 2, para a característica PG, o de melhor média foi para o AG 1051, com média de 14.255 kg ha<sup>-1</sup>, em segundo lugar com o BM 3061 de média 11.369 kg ha<sup>-1</sup>, e o terceiro melhor o UENF MSV 2210 com 9.048 kg ha<sup>-1</sup>. Para o PMV, foi o AG 1051 com 60.400 kg ha<sup>-1</sup>, seguido do BM 3061 com 54.627 kg ha<sup>-1</sup> e em terceiro lugar o UENF MS 2208 com 53.456 kg ha<sup>-1</sup>.

Para ambos ambientes, no PG foi o AG 1051 com 13.379 kg ha<sup>-1</sup>, em segundo lugar o BM 3061 com 11.152 kg ha<sup>-1</sup>, e em terceiro lugar UENF MSV 2210 com 9.641 kg ha<sup>-1</sup>. Para a característica PMV, o destaque foi para o UENF MS 2208 com 58.743 kg ha<sup>-1</sup>.

Para a característica de PMV, onde para UENF MS 2208, UENF MSV 2210 e o BM 3061 o melhor modelo de regressão que se ajustou foi o linear, os demais genótipos apresentaram função quadrática (figura 8b). Os híbridos UENF 506-06, UENF MSV 2210, AG 1051 e o BM 3061, tiveram sua melhor expressão em média na densidade de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com médias de 50.866, 66.333, 63.245 e 67.245 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Na densidade de 83.333 plantas ha<sup>-1</sup>, o UENF 506-16, UENF MSV 2210 e o BR 106 obtiveram suas melhores médias com 49.504, 54.619 e 54.251 kg ha<sup>-1</sup>. O UENF 506-11 foi mais expressivo na densidade de 66.667 plantas ha<sup>-1</sup>, com 50.537 kg ha<sup>-1</sup>.

Crevelari, 2016, testou os híbridos UENF 506-11, AG 1051, e a variedade BR 106 e obteve os híbridos UENF MS 2208 e UENF 2210, para silagem. Este trabalho foi realizado com densidade populacional de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>, e como média para PMV o UENF MS 2208, UENF 2210 e UENF 506-11, obtiveram média de 49.603, 45.304 e 36.429 kg ha<sup>-1</sup>. Já para o AG 1051 e BR 106 foram médias de 39.244 e 20.153 kg ha<sup>-1</sup>. Esses resultados foram semelhantes quando comparados

com este presente trabalho na mesma densidade em que foram avaliados, têm-se UENF MS 2208, UENF 2210 e UENF 506-11, obtiveram médias de 52.745, 49.733 e 38.577 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O AG 105 com 45.429 kg ha<sup>-1</sup>. E o BR 106 com 34.785 kg ha<sup>-1</sup>.

Na figura 8c, para a característica de PG, para todos os genótipos a melhor expressão ocorreu na densidade populacional de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com exceção o UENF MSV 2210, que ocorreu na densidade de 83.333 plantas ha<sup>-1</sup>.

Para todos os genótipos, a análise de regressão se deu no modelo linear, com médias para o UENF 506-6, UENF 506-11 e o UENF 506-16, obtiveram média de 11.025, 11.090 e 9.848 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O UENF MS 2208 e UENF MSV 2210, as médias foram 11.721 e 11.557 kg ha<sup>-1</sup>. O AG1051, com média de 15.239 kg ha<sup>-1</sup>, BM 3061 com média de 13.068 kg ha<sup>-1</sup>, e o BR com 8.941 kg ha<sup>-1</sup>.

Segundo Crevelari, 2016, testou os híbridos UENF 506-11, AG 1051, e a variedade BR 106 obteve os híbridos UENF MS 2208 e UENF 2210, para silagem na densidade populacional de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>, apresentando médias para PG o UENF MS 2208, com 8.209 kg ha<sup>-1</sup>, UENF MSV 2210, com 8.810 kg ha<sup>-1</sup>, o UENF 506-11 teve média de 6.986 kg ha<sup>-1</sup>, o AG 1051, média de 8.064 kg ha<sup>-1</sup>, e a variedade BR 106 com 6.664 kg ha<sup>-1</sup>. Se o presente trabalho for comparado nesta mesma densidade populacional, encontram-se valores de média semelhantes para o UENF 506-11 de 6.477 kg ha<sup>-1</sup>, UENF MS 2208 e UENF MSV 2210, com 6.592 e 7.533 kg ha<sup>-1</sup>, para AG 1051 média de 11.081 kg ha<sup>-1</sup>, e a variedade BR 106, 5.399 kg ha<sup>-1</sup>.

#### **5.4.1. Valor econômico**

##### **5.4.1.1. Para grão**

De acordo com a tabela 12, analisando sobre a produtividade encontrada em cada densidade, em relação ao gasto de sementes e vantagem econômica para se plantar as densidades populacionais, com o que ela produz, foi considerada numa pesquisa de preço de mercado para um saco de 10 kg de sementes, baseados em três genótipos de milho, o BR 106, AG 1051 e UENF 506-11, com seus respectivos valores de R\$ 140,00, R\$ 270,00 e R\$ 150,00 e foi considerado uma saca de milho de 60 kg com o valor de R\$ 40,00 (vide cálculo abaixo). Para a

realização desses cálculos todas as outras variáveis de custo de plantio foram consideradas como fixo.

$$\frac{\textit{Produtividade}}{\textit{Kg da saca}} \times \textit{Preço da saca} = \textit{R\$}$$

$$\textit{R\$} - \textit{Gasto} = \textit{Vantagem econômica (R\$)}$$

Analisando a tabela 12, pode-se observar que dos genótipos que já se encontram no mercado, a melhor vantagem econômica com R\$ 3.409,33 ficou para o híbrido UENF 506-11 na densidade de 100.000 planta ha<sup>-1</sup>, onde obteve a sua maior produtividade de 5.789 kg ha<sup>-1</sup>, estando assim com valores superiores ao híbrido AG 1051 e a variedade BR 106, que se sobressaem no mercado nacional.

Para o híbrido UENF 506-16, que ainda não foi registrado ao MAPA, observa-se que dentre todos, possui uma produtividade de maior média com 6.483 kg ha<sup>-1</sup> na densidade de 66.667 planta ha<sup>-1</sup>, e se lhe for atribuído aos valores de custo igual ao UENF 506-11, consegue obter a melhor vantagem econômica no valor de R\$ 4.022,00.

Analisando esses dados com a tabela 10, que a densidade de 100.000 planta ha<sup>-1</sup>, onde se obteve a maior média geral de produtividade com 5.037 kg ha<sup>-1</sup>, como não se difere estatisticamente das densidades que apresentaram médias parecidas e diferindo somente da densidade de 50.000 planta ha<sup>-1</sup>, pode-se determinar pela produtividade que o potencial máximo do UENF 506-16 se dá com o espaçamento de 0,75 m, com densidade de 66.667 planta ha<sup>-1</sup>, obtendo assim também o melhor valor econômico.

Realizando uma comparação entre AG 1051, que é muito bem colocado no mercado e o UENF 506-16, observa-se que o UENF 506-1 obteve ganho tanto em produtividade quanto em valor econômico, sendo a melhor opção para os produtores da região do Norte e Noroeste Fluminense.

**Tabela 12** - Valor econômico da produtividade em sacas de milho, gasto e vantagem econômica de sementes em relação com a densidade.

Espaçamento entre linhas (m)	Densidade/ Sementes (planta ha <sup>-1</sup> )	Kg	Gasto (R\$)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Saca de Milho 60 Kg (R\$)	Vantagem Econômica (R\$)
BR106						
1,00	50.000	15	210,00	2.815	1.876,67	1.666,67
0,75	66.667	20	280,00	3.051	2.034,00	1.754,00
0,60	83.333	25	350,00	3.717	2.319,33	2.128,00
0,50	100.000	30	420,00	4.479	2.986,00	2.566,00
AG 1051						
1,00	50.000	15	405,00	3.980	2.779,33	2.248,33
0,75	66.667	20	540,00	5.333	3.490,67	3.015,33
0,60	83.333	25	675,00	4.727	3.151,33	2.476,33
0,50	100.000	30	810,00	5.146	3.430,67	2.620,67
UENF 506-11						
1,00	50.000	15	225,00	3.652	2.434,67	2.209,67
0,75	66.667	20	300,00	4.610	3.073,33	2.773,33
0,60	83.333	25	375,00	4.873	3.248,67	2.873,67
0,50	100.000	30	450,00	5.789	3.859,33	3.409,33
UENF 506-16						
1,00	50.000	15	225,00	5.713	3.808,67	3.583,67
0,75	66.667	20	300,00	6.483	4.193,33	4.022,00
0,60	83.333	25	375,00	6.378	4.252,00	3.877,00
0,50	100.000	30	450,00	5.906	3.937,33	3.487,33

Kg: o quanto se precisa para plantar determinada densidade

#### 5.4.1.2. Para Silagem

De acordo com a tabela 13, analisando sobre a produtividade de matéria verde encontrada em cada densidade, em relação ao gasto de sementes e vantagem econômica, para se plantar as densidades populacionais, com o que ela produz, foi considerado os mesmos valores atribuídos ao item acima, de acordo com a pesquisa de preço de mercado para um saco de 10 kg de sementes, baseados no AG 1051, UENF MS 2208, UENF MSV 2210 e UENF 506-16, com valores de R\$ R\$ 270,00 para AG 1051 e para os UENF R\$ 150,00.

Para o cálculo de silagem foi baseado de que no modo geral, o preço de silagem pode ser calculado em cima do preço de mercado de milho em grãos. Seguindo esse raciocínio, como o processo de ensilagem é feito com aproximadamente 35% de matéria seca, a cada tonelada tem-se 350 kg de matéria seca. Como, em média, 50% da matéria seca é constituída por grãos, tem-se 175 kg de grãos na silagem. Sendo assim, multiplicar o preço do milho em grãos pelo preço da saca de milho, pode-se chegar a um valor base.

Considerando que a saca de milho de 60 kg custa R\$ 40,00, temos:

$$R\$ 40 \div 60 \text{ kg} = R\$ 0,66$$

$$R\$ 0,66 \times 175 \text{ kg} = R\$ 115,50 \text{ por tonelada de silagem}$$

Considerando silagem com boa qualidade nutritiva, podem ser acrescentados aos valores de 10% a 15% acima desse valor.

Acrescentados 15% sobre esse valor, temos que a silagem ensacada de 25 kg, custaria R\$ 3,32. Após saber esse valor, foi calculado o preço da silagem ensacada e sua vantagem econômica (realizado com base no cálculo acima do item 5.4.1.1), onde também para a realização desses cálculos todas as outras variáveis de custo de plantio foram considerados como fixo.

Analisando a tabela 13, temos uma boa comparação entre produtividade e ganho de valor econômico entre o AG 1051 e o UENF MS 2208. Onde o UENF MS 2208, com média de produtividade de 66.333 kg ha<sup>-1</sup> e vantagem econômica de R\$ 7.827,79 saindo com vantagem em relação ao AG 1051, que obteve uma produtividade parecida de 63.246 kg ha<sup>-1</sup> e de vantagem econômica R\$ 7.589,07.

**Tabela 13** - Valor econômico da produtividade para silagem, gasto e vantagem econômica em relação com a densidade.

Espaçamento entre linhas (m)	Densidade/ Sementes (planta ha <sup>-1</sup> )	Kg	Gasto (R\$)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Saca de Silagem 25 Kg (R\$)	Vantagem Econômica (R\$)
AG 1051						
1,00	50.000	15 kg	405,00	45.429	6.032,97	5.627,97
0,75	66.667	20 kg	540,00	55.254	7.337,73	6.797,73
0,60	83.333	25 kg	675,00	61.633	8.184,86	7.509,86
0,50	100.000	30 kg	810,00	63.246	8.399,07	7.589,07
UENF MS 2208						
1,00	50.000	15 kg	225,00	52.745	7.004,54	6.779,54
0,75	66.667	20 kg	300,00	53.043	7.044,11	6.744,11
0,60	83.333	25 kg	375,00	61.768	8.202,79	7.827,79
0,50	100.000	30 kg	450,00	66.333	8.442,10	8.359,02
UENF MSV 2210						
1,00	50.000	15 kg	225,00	49.733	6.604,54	6.379,54
0,75	66.667	20 kg	300,00	48.301	6.414,37	6.114,37
0,60	83.333	25 kg	375,00	54.619	7.253,40	6.878,40
0,50	100.000	30 kg	450,00	54.091	7.183,28	6.733,28
UENF 506-16						
1,00	50.000	15 kg	225,00	39.540	5.250,91	5.025,91
0,75	66.667	20 kg	300,00	47.035	6.246,25	5.946,25
0,60	83.333	25 kg	375,00	49.505	6.574,26	6.199,26
0,50	100.000	30 kg	450,00	47.854	6.355,01	5.905,01

Kg: o quanto se precisa para plantar determinada densidade

Pode-se observar que teve uma diferença de 3.087 kg ha<sup>-1</sup> e R\$ 769,95, salientando que ambos tiveram suas melhores respostas na mesma densidade populacional com média geral, para maior produtividade em PMV, que foi a de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O UENF MS 2208 teve ganho tanto em produtividade, quanto em ganho de valor econômico, sendo a melhor opção para os produtores da região do Norte e Noroeste Fluminense.

O UENF MSV 2210 e o UENF 506-16, apresentaram médias bem favoráveis em relação à produtividade de PMV, se comparados com os demais, e as obtiveram na densidade populacional de 83.333 plantas ha<sup>-1</sup>. Se comparados com o AG 1051 e o UENF MSV 2210, a diferença encontrada pode ser que seja compensada, se a lavoura possuir um bom manejo e for muito bem conduzida, oferecendo, assim, todos os insumos que a cultura necessita para se desenvolver com plenitude.

## 6. CONCLUSÃO

Com base na literatura consultada, foi possível concluir que o aumento da densidade populacional de plantas de milho, associado à redução do espaçamento entre linhas, pode proporcionar maior rendimento de grãos. Assim, no presente trabalho, verifica-se que há resposta dos oito genótipos nas características avaliadas e também para as densidades populacionais.

A população de 100.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  proporciona incremento na produtividade de grãos de modo geral, tanto para obtenção de grão, quanto para produção de silagem. Todavia, levando em consideração o valor econômico, para determinar o melhor espaçamento entre linhas, vai depender do genótipo a ser utilizado.

A melhor vantagem econômica com R\$ 3.409,33 ficou para UENF 506-11 na densidade de 100.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , onde obteve a sua maior produtividade de 5.789  $\text{kg ha}^{-1}$ . Para o UENF 506-16, que ainda não foi registrado ao MAPA, possui uma produtividade de maior média com 6.483  $\text{kg ha}^{-1}$  na densidade populacional de 66.667 plantas  $\text{ha}^{-1}$  e se lhe for atribuído valores de custo igual ao UENF 506-11, consegue obter a melhor vantagem econômica no valor de R\$ 4.022,00. Para silagem UENF MS 2208 obteve a melhor produtividade para PMV na densidade populacional de 100.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  com 66.333  $\text{kg ha}^{-1}$  e vantagem econômica de R\$ 8.359,02.

Com esses resultados, pode-se observar que o híbrido UENF 506-16 tem potencial para avaliações futuras como o Valor de Cultivo e Uso (VCU), objetivando

registro ao MAPA e recomendação para as regiões do Norte e Noroeste Fluminense, mostrando que para silagem, também pode ser promissor. Observa-se também que os híbridos desenvolvidos pela UENF têm todos os requisitos e qualidades para competir no mercado nacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, C. J. B., Pinho, R. G. V., Iran Dias Borges, I. D. B., Souza Filho, A. X., Fiorini, I. V. A. (2008) Desempenho de híbridos experimentais e comerciais de milho para produção de milho verde. *Ciência Agrotecnologia*, 32(3):768-775.
- Ali, M., Duinkerken, G. van, Cone, J. W., Klop, A., Blok, M. C., Spek, J. W., Bruinenberg, M. H., Hendriks, W. H. (2014) Relationship between chemical composition and in situ rumen degradation characteristics of maize silages in dairy cows. *Animal, Cambridge*, v. 8, n. 11, p. 1832-1838.
- Almeida, M. L., Sangoi, L., Ender, M. (2000) Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em região de curta estação estival de crescimento. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.1, p.23-29.
- Alvarez, C. G. D., Pinho, R. G. V., Borges, I. D. (2006) Avaliação de características agronômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura espaçamentos entre linhas. *Ciência e agrotecnologia*, 30(3):402-408.
- Andrade, J. B., Henrique, W., Braun, G., Possenti, R. A. (1998) Produção de silagem e reciclagem de nutrientes em sete cultivares de milho. 1 – Produção de

matéria seca e composição bromatológica. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 35., Botucatu. Anais... Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p 218-220.

Anuário Brasileiro do Milho (2020) Santa Cruz do Sul, RS: *Editora Gazeta*, 82p.

Amaral Filho, J. P. R., Fornasier Filho, D., Frinelli, R., Barbosa, J. C. (2005) Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho, *R. Bras. Ci. Solo*.

Argenta, G.; Silva, P. R. F.; Bortolini, C. G.; Forsthofer, E. L.; Manjabosco, E. A.; Beheregaray Neto, V. (2001) Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p.71-78.

Argenta, G.; Silva P. R. F.; Mielniczuk, J.; Bortolini, C. G. (2002) Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 37, p. 519-527.

Associação Brasileira de Sementes e Mudas (2020) *Anuário abrasem*. Abrasem, anuário brasileiro de sementes do milho. Santa Cruz do Sul, RS: Editora Gazeta.

Associação Brasileira Dos Produtores De Milho (2019) O cereal que enriquece alimentação humana. Disponível em: <[www.abimilho.com.br/ocereal.htm](http://www.abimilho.com.br/ocereal.htm)>. Acesso em: 03 jan. 2021.

Balbinot, A. A., Fleck, N. G. (2005) Benefício e limitações da redução do espaçamento entre linhas. *Revista Plantio Direto*, v.5, p.37- 41.

Bahia Filho, A., Paterniani, E., Cordeiro, C. M. T., Garcia, J. C., Magalhaes, J. R., Nass, L. L., Santos, M. X., Andrade, R. V., Parentoni, S., Abadie, T. (2000) O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma. In: Udry, C. V, Duarte, W. Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos. *Paralelo*, 15:11-41.

- Beadle, G. W. (1978) Teosinte and the origin of maize. In: Walden, D.B. (ed.) Maize breeding and genetics. 8. *New York, Jhon Wiley & Sons*, p. 113-141.
- Berilli, A. P. C. G., Pereira, M. G., Tindade, R. S., da Costa F. R. (2013) Response to the selection in the 11th cycle of reciprocal recurrent selection among full-sib families of maize. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(4):435-441.
- Bernardes, T. F.; Rêgo, A. C. (2014) Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 97, n. 3, p. 1852-1861, Mar.
- Borghì, E., Mello, L. M. M., Crusciol, C. A. C. (2004) Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo. *Acta Scientiarum, Agronomy Maringá*, v. 26, n. 3, p. 337-345.
- Borghì, E., Wilda, L. R. M., Resende, A. V., Filho, I. A. P., Rodrigues, R. A. L. (2016) Índice de vegetação, teor de clorofila e eficiência de uso de nitrogênio por híbridos de milho. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo “Milho e Sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar” Bento Gonçalves – RS.
- Bueno, J. O., Scremin, A. L. T., (2019) Avaliação Da Distribuição De Plantas De Milho (*Zea Mays*) Em Função De Diferentes Velocidades Na Semeadura *Scientia Rural: Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – Cescage* 19<sup>a</sup> ed.
- Bull, L. T. (1993) Nutrição mineral do milho. In: Büll, L. T. & Cantarella, H., eds, *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, p. 63-145.
- Brachtvogel, E. L.; Pereira, F. R. S.; Cruz, S. C. S.; Bicudo, S. J. (2009) Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. *Ciência Rural*, v.39, n.8, nov.
- Calonego, J. C.; Poletto, L. C.; Domingues, F. N.; Tiritan, C. S. (2011) Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. *Agrarian*, Dourados, v. 4, n.12, p. 84-90.

- Canechio Filho, V. (1985) *Cultura do milho*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 38p.
- Carvalho, R. F. e Peres L. E. P. (2003) Fotomorfogênese. Escola Superior De Agricultura Luiz De Queiroz (Esalq), Disponível em: <<http://www.miniweb.com.br/ciencias/artigos/fotomorfogenese.pdf> > Acessado em: 28 jan. 2021.
- Carvalho, I. D. E. de. (2013) Comportamento produtivo de genótipos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes espaçamentos entre linhas sob adubação orgânica. Universidade Federal de Alagoas. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrônômica.
- Carvalho, I. D. E., Ferreira, P. V., Silva, J. P., Costa, K. D. S. (2015) Avaliação do teor e clorofila e rendimento de grãos em genótipos de milho submetidos a dois tipos de adubação em diferentes espaçamentos entre linhas, *Terra - Saúde Ambiental E Soberania Alimentar*.
- Carvalho, I. R., Nardino, M.; Pelegrin, A. J., Ferrari, M., Demari, G. H., Szarecki, V. J., Barbosa, M. H., Souza, V. Q (2016a) Path analysis and Annicchiarico method applied in relation to protein in corn grains. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, v.10, n.1, p.300-306.
- Carvalho, I. R. (2018) *Melhoramento genético e biometria aplicada a produtividade e biofortificação de grãos do milho*.160f. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Fitomelhoramento. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS.
- Coors, J. G., Carter, P. R., Hunter, R. B. (1994) Silage corn. In: Hallauer, A. R. (Ed.). *Specialty corns*. CRC Press, p.305-340.
- Conab (2020) - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento safra brasileira de grãos, v.8 – Safra 2020/21, n. 3- Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-86, dezembro.

- Costa, C., Creste, C. R., Arrigoni, M. B., Silveira, A. C., Rosa, G. J. M., Bicudo, S. J. (2000) Potencial para ensilagem, composição química e qualidade da silagem de milho com diferentes proporções de espigas. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 22, n. 3, p. 835-841.
- Crevelari, J. A. (2016) Desenvolvimento de Híbridos de Milho para Silagem, para o Norte/Noroeste Fluminense. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 95p.
- Cruz, J. C., Filho, I. A. P. (2002) Manejo e Tratos Culturais para o Cultivo do Milho Verde. In: Cultivo do milho verde / editor técnico Israel Alexandre Pereira Filho. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 217p.
- Cruz, J. C., Filho, I. A. P. (2005) Hora da escolha. Cultivar, Grandes Culturas, Pelotas, v. 7, n. 77. Milho. Caderno Técnico Cultivar, Pelotas, n. 7, 4-11p.
- Cruz, J. C., Pereira Filho, I. A., Pimentel, M. A. G., Coelho, A. M., Karam, D., Cruz, I., Garcia, J. C., Moreira, J. A. A., Oliveira, M. F. de, Gontijo Neto, M. M., Albuquerque, P. E. P. de, Viana, P. A., Mendes, S. M., Costa, R. V., Alvarenga, R. C., Matrangolo, W. J. R. (2011) Produção de milho na agricultura familiar. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.
- Cruz, J. C., Pereira Filho, I. A., Neto, M. M. G. (2012) Milho para silagem. Agência de Informação Embrapa Milho para Silagem, 7p.
- Demétrio, C. S., Fornasieri Filho, D., Cazetta, J. O., Cazetta, D. A. (2008) Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1691-169.
- Deminicis, B. B., Vieira, H. D., Jardim, J. G., Araújo, S. A. C., Neto, A. C., Oliveira, V. C., Lima, E. S. (2009) Silagem de milho - características agronômicas e

considerações (Silage, corn – Agronomic characteristics and considerations) REDVET. *Revista Electrónica de Veterinária*, Málaga, v. 10, n. 2, p. 1-18.

Dias, D. C. F. dos. S. (2011) Desenvolvimento fisiológico do grão de milho. *In*: Borém, A. *Milho biofortificado*. Viçosa-MG: Sara de Almeida rios, p. 87-105.

Duarte, J. O. (2009) Mercado do milho. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Ageitec, Agência Embrapa de Informação Tecnológica.

Dourado Neto, D. D.; Palhares, M.; Vieira, P. A.; Manfron, P. A.; Medeiros, S. L. P.; Romano, M. R. (2003) Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, p.63- 77.

Duarte, J. O; Cruz, J. C; Garcia, J. C; Matoso, M. J. (2009) Economia de produção e utilização do milho. *In*: Cultivo do milho. EMBRAPA. *Centro nacional de pesquisa de milho e sorgo*, Sistema de produção.

Fancelli, A. L., Dourado Neto, D. (2000) *Produção de milho*. Ed. Guaíba: Agropecuária, 360p.

Fancelli, A. L.; Dourado Neto, D. (2004) *Produção de milho*. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 360p.

Fancelli, A. L. (2015) Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. BORÉM, et al. *Milho: do plantio à colheita*. Viçosa: Ed. UFV, p. 50-76.

Fancelli, A. L. (2017) Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. *In*: Galvão, J. C. C.; Borém, A.; Pimentel, M. A.; *Milho: do plantio à colheita*. 2. ed. atual. e ampl. – Viçosa (MG): Ed. UFV.

Federação das indústrias do Estado de São Paulo - FIESP (2020) Safrá Mundial de Milho 2020/21 - 7º Levantamento do USDA, novembro.

- Ferreira Junior, J. A., Vinte Anos De Seleção Recorrente Recíproca Em Milho: Progressos Genéticos (2019) Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 72p.
- Filho, I. A. P., Cruz, J. C., Silva, A. R., Costa, R. V., Cruz, I. (2019) Agência Embrapa de Informação Tecnológica - Milho Verde.
- Fritsche-Neto, R., Vieira, R. A., Scapim, C. A., Miranda, G. V., Rezende, L. M. (2012) Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments. *Acta Scientiarum*, 34: 99-101.
- Fontes P. C. R.; Araújo C. (2007). *Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro*. Viçosa: UFV. 148p.
- Foloni, J. S. S.; Calonego, J. C.; Catuchi, T. A.; Belleggia, N. A.; Tiritan, C. S.; Barbosa, A. M. (2014) Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.13, n.3, p.312-325.
- Fornasier Filho, D. (2007) *Manual da cultura do milho*. Jaboticabal: Funep, 576p.
- Gabriel, A. P. C. (2009) Seleção recorrente recíproca em famílias de irmãos completos em milho comum (*Zea mays* L.) monitorada por marcadores moleculares: avanço de gerações e avaliação do progresso genético. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 103p.
- Galvão, J. C. C., Miranda, G. V., Trogello, E., Fritsche-Neto, R. (2014) Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. *Revista Ceres*, 61:819828.
- Galinat, W. C. (1974) Intergenomic mapping of maize, teosinte and *Tripsacum*. *Evolution*, 27:644-55, 32.

- Galinat, W. C. (1977) *The origin of corn*. In: Sprague, G. F. (ed.) *Corn and corn improvement*. New York: Academic Press, 48p.
- Galinat, W. C. (1995) *The origin of maize: grain of humanity*. New York: New York *Botanical Garden Journal*, 44:3-12.
- Gil, P. T.; Fontes, P. C. R.; Cecon, P. R.; Ferreira, F. A. (2002). Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. *Horticultura Brasileira* 20: 611-615.
- Goodman, M. M., Smith, J. S. C. (1987) *Botânica*. In: Parteniani, E., Viegas, G. P. (eds.) *Melhoramento e produtividade de milho*. Campinas: Fundação Cargil, p.41-78.
- Gomes, M. S.; Von Pinho, R. G.; Oliveira, J. S.; Viana, A. C. (2001) Avaliação de cultivares de milho para a produção de silagem: parâmetros genéticos e interação genótipos por ambientes. In: *Congresso Brasileiro De Melhoramento De Plantas*, Goiânia. Anais. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão. CD-Room (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 113).
- Gomes, M. S., Pinho, R. G. V., Ramalho, M. A. P., Ferreira, D. V., Brito, A. H. (2004) Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 39(9):879-885.
- Gonçalves, V. M. L. (2018) *Seleção Recorrente Recíproca de Famílias de Irmãos Completos em milho (Zea mays L.): Avanço de geração e avaliação de ganhos genéticos*. Monografia, Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 46p.
- Hallauer, A. R., Miranda Filho, J. B. (1988) *Quantitative genetics in maize breeding*. 2 ed. Ames. Iowa State University Press.468 p.

- Hallauer, A. R., Miranda Filho, J. B., Carena, M. J. (2010) *Quantitative genetics in maize breeding*. Springer, New York, 663p.
- Kappes, C.; Andrade, J. A. C.; Arf, O.; Oliveira, A. C.; Arf, M. V.; Ferreira, J. P. (2011) Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 348-359.
- Kistler, L., Maezumi, S. Y., Souza, J. G., Przelomska, N. A. S., Costa, F. M., Smith, O., Loiselle, H., Ramos-Madrigal, J., Wales, N., RIBEIRO, E. R., Morrison, R. R., Grimaldo, C., Prous, A. P., Arriaza, B., Gilbert, M. T. P., Freitas, F. O., Allaby, R. G. (2018) Multiproxy evidence highlights a complex evolutionary legacy of maize in South America. *Science*, 362:1309 - 1313.
- Khan, N. A., Yu, P. Ali, M, Cone, J. W., Hendriks, W. H. (2015) Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Malden, v. 95, n. 2, p. 238-252.
- Klein, J. L., Viana, A. F. P., Martini, P. M., Adams, S. M., Guzatto, C., Bona, R. A., Rodrigues, L. S., Filho, D. C. A., Brondani, I. L. (2018) Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17(1):101-110.
- Lauer, J. (1994) Devo plantar meu milho com espaçamento de 30 polegadas? *Wisconsin Crop Manager*, 1(6):311-314.
- Mangesdorf, P. C. (1974) *Corn its origin, evolution and improvement*. Cambridge: Harvard University Press, 262p.
- Matos, E. H. S. F. (2007) Dossiê Técnico, *Cultivo Do Milho Verde*, Universidade de Brasília, Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico, 25p.
- Matos, D. J. C. (2018) Produtividade e caracteres agronômicos de milho submetido a diferentes espaçamentos e densidades populacionais; Orientação: Victor Alves

Ribeiro; Goianésia. Monografia de Graduação – Faculdade Evangélica de Goianésia, 24p.

Mattoso, M. J.; Garcia, L. C.; Duarte, J. O.; Cruz, J. C. (2006) Aspectos de produção e mercado do milho. *Informe Agropecuário*, v.27, p.95- 104.

Meira, F. A.; Buzetti, S.; Andreotti, M.; Arf, O.; Sá, M. E.; Andrade, J. A. C. (2009) Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284.

Mendes, M. C., Matchula P. H., Rossi, E. S., Oliveira, B. R., Silva, C. A., Sékula, C. R. (2013) Adubação nitrogenada em cobertura associada com densidades populacionais de híbridos de milho em espaçamento reduzido. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12 (2), 92-101.

Modolo, A. J.; Carnieletto, R.; Kolling, E. M.; Trogelo, E.; Sgarbosa, M. (2010) Desempenho de híbridos de milho na região sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 435-441.

Molin, R. (2000) *Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho*. Castro, Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, p.1-2.

Moraes, A. R. A. de (2009). *A cultura do milho verde*. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_2/MilhoVerde/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/MilhoVerde/index.htm)>. Acesso em: 05/01//2021.

Moraes, S. D., Jobim, C. C., Silva, M. S., Marquardt, F. I. (2013) Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14(4):624-634.

- Môro, G. V., Fritsche-Neto, R. (2015) *Importância e usos do milho no Brasil*. In: Borém, A., Galvão, J. C. C., Pimentel, M. A. Milho do plantio à colheita. Editora UFV, p.9-24.
- Môro, G. V.; Fritsche-Neto, R. (2017) *Importância e usos do milho no Brasil*. In: 406 Galvão, J.C. C.; Borém, A.; Pimentel, M. A.; Milho: do plantio à colheita. 2. ed. 407 atual. e ampl. – Viçosa (MG): Ed. UFV.
- Neumann, M., Mühlbach, P. R. F., Nörnberg, J. L., Ost, P. R., Restle, J., Sandini, I. E., Romano, M. A. (2007) Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. *Ciência Rural*, 37(3):847-854.
- Neumann, M., Restle, J., Muhlbach, P. R. F., Nornberg, J. L., Romano, M. A., Lustosa, S. B. C. (2009) Comportamento ingestivo e de atividade de novilhos confinados com silagens de milho de diferentes tamanhos de partículas e altura de colheita. *Cienc Anim Bras*, 10: 462–473.
- Neumann, M.; Figueira, D. N.; Bumbieris Júnior, V. H.; Ueno, R. K.; Leao, G. F. M. (2014) Ensilagem: estratégias visando maior produção de leite. In: Simpósio Brasileiro de Ruminantes Leiteiros, 1., 2014, Uberlândia, MG. Anais... Uberlândia: UFU, p. 130-166.
- Neumann, M., Poczynek, M., Leão, G. F. M., Figueira, D. N., Souza, A. M. (2018) Desempenho de Híbridos de Milho Para Silagem Cultivados em Diferentes Locais com Três Densidades Populacionais *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.17, n.1, p. 49-62.
- Noce, M. A., (2004) Milho Variedade BR 106 Técnicas de plantio Agência de Informação Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. 5p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/484272/1/Com109.pdf>> Acesso em 07/01/2021.

- Oliveira, J. S. (2009) Cultivares de Milho para Silagem Resultados das safras 2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006 nos municípios de Ijuí e Lages da Região Sul do Brasil. Circular técnica 100, 8p.
- Oliveira, C. A.; Millen, D. D. (2014) Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Animal Feed Science and Technology*, v. 197, p. 64-75.
- Pahlow, G. Muck R. E., Driehuis, F., Elferink, S. J. O., Spoelstra, S. F. (2003) Microbiology of ensiling. In: Buxton, D. R.; Muck, R. E.; Harrison, J. H. (Ed.). *Silage science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, p. 31-94.
- Paterniani, E., Miranda Filho, J. B. (1980) *Melhoramento de populações*. In: Paterniani, E. (Ed.) *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. ESALQ Piracicaba: Fundação Cargil. P. 201-256.
- Paterniani, E. (1993) *Métodos tradicionais de melhoramento de milho*. In: Bull, L.T., Cantarella, H. *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafós, p.23-42.
- Paterniani, E., Campos, M. S. (2005) *Melhoramento do milho*. In: Borém, A. (Ed.). *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: Editora UFV, p.491-552.
- Paziani, S. F., Duarte, A. P., Nussio, L. G., Gallo, P. B., Bittar, C. M. M., Zopollatto, M., Reco, P. C. (2009) Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(3):411-417.
- Pereira, R. S. B. (1991) Caracteres correlacionados com a produção e suas alterações no melhoramento genético do milho (*Zea mays* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 26:745-751.
- Pereira, M. N. (2013) Milho e a silagem. *Revista Balde Branco*, 585:36-38.

- Pereira Filho, I. A., Cruz, J. C., Gama, E. E. G. (2003) *Cultivares para o consumo verde*. In: Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. O cultivo do milho verde. Brasília, DF p.17-30.
- Pereira, J. R. A. (2015) O mercado de silagem de milho no Brasil. Disponível em: <[http://www.milkpoint.com.br/mypoint/253066/p\\_o\\_mercado\\_de\\_silagem\\_de\\_milho\\_no\\_brasil\\_cadeia\\_produtiva\\_graos\\_milho\\_silagem\\_mercado\\_5217.as\\_px](http://www.milkpoint.com.br/mypoint/253066/p_o_mercado_de_silagem_de_milho_no_brasil_cadeia_produtiva_graos_milho_silagem_mercado_5217.as_px)> Acesso em 20 dez. 2020.
- Pereira, V. R. F., Chioderoli, A. C. , Albiero, D., Oliveira da Silva, A. O., Nascimento, E. M. S., Santos, P. R. A. (2018) Desempenho Agrônômico Da Cultura Do Milho Sob Diferentes Arranjos Espaciais No Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.12, nº.5, p. 2976 – 2983.
- Pereira, L. B., Machado, D. S., Filho, D. C. A., Brondani, I. L., Silva, V. S., Argenta, F. M., Moura, A. F., Borchate, D. (2017) Características agrônômicas da planta e produtividade da silagem e grãos de milho submetido a diferentes arranjos populacionais *Magistra, Cruz das Almas – BA*, V. 29, N.1 p.18-27.
- Pereira Filho, I. A., Borghi, E. (2018) Cultivares de Milho Disponíveis no Mercado Brasileiro na Safra 2017/2018 ISSN 1518-4277 outubro/ 2018 Embrapa Milho e Sorgo Sete Lagoas - Sementes de Milho no Brasil – A Dominância dos Transgênicos.
- Pinho, L., Paes M. C. D., Almeida, A. C., Costa, C. A. (2008) Características físicas e físico-químicas de cultivares de milho-verde produzidos em sistemas de cultivo orgânico e convencional. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Simpósio Brasileiro Sobre a Lagarta-do-Cartucho (*Spodoptera Frugiperda*), Workshop Sobre Manejo E Etiologia da Mancha Branca do Milho. *Agroenergia*, produção de alimentos e mudanças climáticas: desafios para milho e sorgo: trabalhos e palestras. *Embrapa Milho e Sorgo*, 5p.

- Portela, M. G. T., Araújo, R. L., Barbosa, R. P., Rocha, D. R. (2016), Características Agronômicas Do Milho Submetido A Fontes E Parcelamento De Nitrogênio Em Cobertura - *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. 10(3): 248-258.
- Porter, P. M.; Hicks, D. R.; Luischen, W. E.; Fond, J. H.; Warnes, D. D.; Hoverstad, T.R. (1997) Corn response to row width and plant population in the northern corn belt. *Journal of Production Agriculture*, v.10, p.293- 300.
- Reichardt, K. (1993) *Processor de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. 2 ed. Campinas: *Fundação Cargill*.
- Resende, S. G. de, Pinho, R. G. V., Vasconcelos, R. D. (2003) Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, p.34- 42.
- Resende, A. V., Gutiérrez, A. M., Silva, C. G. M., Almeida, G. O., Guimarães, P. E. O., Moreira, S. G., Neto, M. M. G. (2016) *Requerimentos Nutricionais do Milho para Produção de Silagem*, Circular Técnica 221.
- Ribeiro Junior, J. I., Cruz, C. D., Scapim, C. A., Pacheco, C. A. P. (2000) Metodologia para avaliar os ganhos por seleção recorrente recíproca em populações de milho. *Ceres*, Viçosa, 47(274):591-602.
- Ritchie, S. W. ; Hanway, J. J. ; Benson, G. O. (2003) *Como a planta de milho se desenvolve*. Piracicaba: Potafós, 20 p.
- Rocha Dr.; Fornasier Filho D.; Barbosa Jc. (2011) Efeitos da densidade de plantas no rendimento comercial de espigas verdes de cultivares de milho. *Horticultura Brasileira* 29: 392-397.
- Russo, (2016) BM-3061 Mostra seu potencial na produção de silagem. Gessulli Agribusiness. Disponível em: < <https://www.aviculturaindustrial.com.br/>> Acesso em: 10 jan 2021.

- Russel, W.A. (1991) Melhoramento genético da produção de milho. *Avanços em Agronomia*, Cambridge, 46(1):245-298.
- Sangoi, L., Ender, M., Merotto Jr., A. (1998a) *Redução do espaçamento entre linhas para cultivar milho de ciclos contrastantes em duas épocas de semeadura*. In: reunião anual do milho e sorgo, 1997. Erechim, RS. Anais ... Erechim: Cotrel / Emater / Fepagro, 382:26-30.
- Sangoi, L. (2001) Entendendo os efeitos da densidade de plantas no crescimento e no desenvolvimento do milho: uma questão importante para maximizar o rendimento de grãos. *Ciência Rural*, 31:159-168.
- Sangoi, L.; Gracietti, M. A.; Rampazzo, C.; Bianchet, P. (2002) Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.79, p.39-51.
- Sangoi, L., Schmitt, A., Durli, M. M., Leolato, L. S., Coelho, A. E., Kuneski, H. F., Oliveira, V. L. (2019) Estratégias de Manejo do Arranjo De Plantas Visando Otimizar a Produtividade de Grãos do Milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.18, n.1, p. 47-60.
- Santos, R. D. (2010) Características agrônômicas de variedades de milho para produção de silagem. *Animal Sciences*, v. 32, n. 4, p. 367-373.
- Santos, J. F., Grangeiro, J. I. T., Brito, L. M. P., Oliveira, M. E. C. (2012) Avaliação de cultivares e híbridos de milho para microrregião de Campina Grande, PB *Tecnologia e Ciência agropecuária*, 6(2):29-33.
- Santos, A. O. (2016) Caracterização De Silagens De Milho Produzidas Em Minas Gerais E Caracterização Metabólica E Genotípica De Bactérias Do Ácido Láctico Isoladas Dessas Silagens; Lavras – MG.
- SAS INSTITUTE INC, SAS, 9.4. Cary-NC, USA: SAS Institute, 2013.

- Senger C. C.; Mühlbach, P. R.; Sánchez, L. M.; Netto, D. P.; De Lima, L. D. (2005) Composição química e digestibilidade *'in vitro'* de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. *Ciência Rural*. v.19, n.6, p.1393-1399.
- Sementes Agroceres, (2020) Produto Milho AG 1051. Disponível em:<<http://www.sementesagroceres.com.br/>> Acesso em: 05 jan. 2021.
- Sidra (2020) Sistema IBGE de Recuperação Automática - Banco de Tabelas Estatísticas. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>> Acesso em 18 dez. 2020.
- Silva, A. W. L.; Almeida, M. L.; Mafra, A. L. (1994) Avaliação de híbridos e variedades de milho para ensilagem. II – Características químico - bromatológicas do material na colheita. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 31, Maringá. Anais. Paraná: Sociedade Brasileira de Zootecnia. p.345.
- Silva, P. R. F.; Sangoi, L.; Argenta, G.; Strieder, M. L. (2006) *Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho*. Porto Alegre: Evangraf, 63p.
- Silva, A. A.; Silva, P. R. F.; Sangoi, L.; Piana, A. T.; Strider, M. L.; Jandrey, D. B.; Endrigo, P. C. (2008) Produtividade do milho irrigado em sucessão a espécies invernais para produção de palha e grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 8, p. 987-993.
- Sologuren, L. (2015) Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. *Visão agrícola*, 9:8- 11.
- Scapim, C. A., Carvalho, C. G. P. de. Cruz, C. D. (1995) Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30(5):683-686.

- Scheeren, B. R.; Bazoni, R.; Bono, J. A.; Arias, S. S.; Oliveira, R.; Salomão, L. (2004) Arranjo populacional para a cultura do milho na região central do Estado de Mato Grosso do Sul. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.26, p.55-60.
- Stacciarini, T. C. V., Castro, P. H. C., Borges, M. A., Guerin, H. F., Moraes, P. A. C., Gotardo, M. (2010) Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. *Revista Ceres*, 57 (4), 516-519.
- Strieder, M. L.; Silva, P. R. F.; Argenta, G.; Rambo, L.; Sangoi, L.; Silva, A. A.; Endrigo, P. C. (2007) A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. *Ciência Rural*, v.37, p.634-642.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2006) *Fisiologia Vegetal*. 3.ed. Editora Artmed®, 201 p.
- Takasu, A. T. et al. (2014). Desempenho agronômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entrelinhas. *Revista Agrarian*, 7 (23), 34-41.
- Teixeira, F. E., Guimarães, L. J. M., Guimarães, P. E. O., Pacheco, C. A. P., Parentoni, S. N., Silva, A. R. (2011) Pré- melhoramento do milho. In: Lopes, M. A., Favero, A. P., Ferreira, M. A. J. F., Faleiro, F. G., Folle, S. M., Guimarães, E. P. Pré- melhoramento de plantas, estado da arte e experiências de sucesso. 1a. ed. , editora Embrapa, Brasília, DF, p. 571-609.
- Tollenaar, M., Mc Cullough, D. E., Dwyer, L. M. (1994) *Base fisiológica do melhoramento genético do milho*. In: Slafer, GA Melhoramento genético de culturas de campo. Nova York: Marcel Dekker, Ch.4:183-236.
- Turco, G. M. S. (2011) *Produção física de plantas de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação, dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, Brasil.

- Vettorazzi, J. C. F. (2016) *Seleção recorrente recíproca em milho (Zea Mays L.) monitorada por marcadores SSR-EST's associados a produtividade*. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 90p.
- Von Pinho R. G.; Vasconcelos, R. D.; Borges, I. D.; Resende, A. D. (2007) Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. *Bragantia*, v.66, n.2, p.235-245.
- Weatherwax, P. (1954) *Indian corn in old America*. New York, USA: The MacMillan Co, 253p.
- Wilkinson, J. M., Rinne, M. (2017) Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass and Forage Science*. v.73, p.40-52.
- Zárate, N. A. H., Vieira, M. C., Sousa, T. M., Ramos, D. D. (2009) Produção e renda líquida de milho verde em função da época de amontoa. *Semina*, v.30, p.95-100.
- Zeoula, L. M., Beleze, J. R. F., Cecato, U., Jobim, C. C., Geron, L. J. V., Maeda, E. M., Falcão, A. J. S. (2003) Avaliação de Cinco Híbridos de Milho (Zea mays, L.) em Diferentes Estádios de Maturação; Composição Químico-Bromatológica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.3, p.556-566.
- Zopollatto, M.; Nussio, L. G.; Mari, L. J.; Schmidt, P.; Duarte, A. P. e Mourão, G. B. (2009) Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:452-461.