



**GUSTAVO DE CARVALHO PERON**

**FORMAS DE ADUBAÇÃO DE SEMEADURA DE MILHO  
PARA AS SAFRAS DE VERÃO E SEGUNDA SAFRA**

**LAVRAS - MG  
2018**

**GUSTAVO DE CARVALHO PERON**

**FORMAS DE ADUBAÇÃO DE SEMEADURA DE MILHO PARA AS SAFRAS DE  
VERÃO E SEGUNDA SAFRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador  
Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho  
Coorientador  
Prof. Dr. Márcio Balestre

**LAVRAS - MG  
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha  
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados  
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Peron, Gustavo de Carvalho.

Formas de adubação de semeadura de milho para as safras de  
verão e segunda safra / Gustavo de Carvalho Peron. - 2018.

55 p.

Orientador(a): Renzo Garcia Von Pinho.

.  
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Adubação em pré-semeadura. 2. Fósforo à lanço. 3.  
Desempenho de híbridos de milho ou produtividade de milho. I.  
Pinho, Renzo Garcia Von. . II. Título.

**GUSTAVO DE CARVALHO PERON**

**FORMAS DE ADUBAÇÃO DE SEMEADURA DE MILHO PARA AS SAFRAS DE  
VERÃO E SEGUNDA SAFRA**

**FERTILIZATION FORM OF SOWING OF MAIZE FOR SUMMER AND SECOND  
HARVEST**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 de janeiro de 2018.

Dr. José Luiz de Andrade Rezende Pereira

IFSULDEMINAS

Dr. Silvino Guimarães Moreira

UFLA

Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho  
Orientador

Prof. Dr. Márcio Balestre  
Coorientador

**LAVRAS - MG  
2018**

*À minha família, pelo carinho e apoio;  
À minha namorada, pelo amor incondicional;  
Aos meus afilhados, pela pureza e alegria.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Deus pai todo poderoso, pai de bondade, agradeço a vós pela conclusão deste trabalho e que o senhor ilumine, enobreça e dignifique a todos que, de alguma maneira, participaram deste trabalho. “O Senhor é meu Pastor e nada me faltará” (Salmo 23).

Aos meus pais, o eterno agradecimento pelo dom da vida, por todo carinho, compreensão e ensinamentos e, em gratidão a toda a vossa dedicação, eu concluo mais uma etapa. Obrigado, Pai. Obrigado, Mãe.

A minha namorada, Dra. Maria Júlia B. Dessimoni, que eu posso definir com um sentimento mais puro e lindo. Amor, você foi força, equilíbrio, inspiração e incentivo. Agradeço por poder fazer parte das nossas vidas. Minha eterna gratidão a você, Dra.

À minha irmã, ao seu esposo e a minha afilhada, Helena, por serem essa fonte inesgotável de carinho e apoio. Que possamos fazer deste mundo um lugar cada vez melhor para o seu futuro. Agradeço por existirem.

Ao meu orientador, professor Dr. Renzo Garcia Von Pinho, meu coorientador, professor Dr. Márcio Balestre e todo o corpo docente da UFLA, em especial aos do Departamento de Agricultura, por tornarem possível minha vivência acadêmica e por todos os ensinamentos que passaram ao longo destes anos. Obrigado pelo dom da sabedoria.

Ao corpo de funcionários dos Irmãos Peron Agronegócios, por toda a dedicação e empenho no dia a dia do campo, para a realização deste trabalho.

Às empresas que doaram as sementes de milho híbrido e, principalmente, aos colaboradores e aos canais de revenda dessas empresas, que prestaram a assistência técnica com grande auxílio para a execução do experimento e coleta de dados.

Aos colegas Me. Indalécio Cunha Viera Jr. e Eng. Agr. Dimas Cardoso, por todo o apoio e atenção prestados para a realização deste trabalho.

A todos os colegas do Departamento de Agricultura, funcionários e colaboradores, pela receptividade e hospitalidade.

À Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de mestrado. À CAPES, ao CNPq, à Universidade Federal de Lavras (UFLA) e, especialmente, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade.

*O amor é paciente e benigno, não arde em ciúmes; o amor não se ufana, não se ensoberbece. O amor não é rude nem egoísta, não se exaspera e não se ressentido do mal. O amor não se alegra com a injustiça, mas regozija-se com a verdade. Está sempre pronto para perdoar, crer, esperar e suportar o que vier (Nicholas Sparks).*

## RESUMO

A produtividade do milho (*Zea mays* L.) sofre forte influência do manejo de adubação ao qual é submetido. Estudos demonstram que existem respostas crescentes em produtividade diante de melhorias no manejo da adubação. A disponibilidade e a disposição de nutrientes no solo e em níveis adequados determinam o resultado final da produtividade. O manejo de adubação localizado (enterrado) ou a lanço (sobre a superfície do solo) tem interferência direta no aproveitamento dos nutrientes pelas raízes e também provoca diferenças significativas no rendimento operacional da semeadura do milho. Sendo assim, é necessário buscar um equilíbrio entre o rendimento operacional e o melhor aproveitamento da adubação pelo milho. Neste trabalho objetivou-se avaliar diferentes formas de adubação de semeadura na produtividade de grãos do milho. O trabalho foi conduzido em uma fazenda produtora de grãos na região do Triângulo Mineiro, no município de Serra do Salitre, MG. Foram avaliados 33 híbridos simples, em dois tipos de manejo de adubação de semeadura, localizada junto à semeadura e adubação a lanço em pré-semeadura. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, em esquema fatorial 2 x 33, e realizado em quatro safras subsequentes, nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017. As áreas úteis experimentais mediram 1.000 m<sup>2</sup>. Foi avaliada a produtividade de grãos em kg.ha<sup>-1</sup> e, após a coleta dos dados, foi efetuada a análise estatística, com auxílio do software SAS. A adubação de semeadura feita de forma localizada no sulco proporciona maior produtividade de grãos que a adubação de semeadura feita a lanço, independentemente da época de semeadura ou de safra. Não houve interação entre híbridos e as formas de adubação de semeadura. Considerando todos os experimentos conduzidos, os híbridos que tiveram as maiores médias de produtividade de grãos foram o 2B810 PW, o AS1633 PRO3, o DKB 310 PRO3 e o P3898 Convencional.

Palavras-chave: Adubação em pré-semeadura. Fósforo à lanço. Desempenho de híbridos de milho ou produtividade de milho.

## ABSTRACT

The Maize (*Zea mays* L.) yield is strongly influenced by the management of fertilization to which it is submitted. Studies have shown that there are increasing responses in productivity to improvements in fertilizer management. Soil Nutrients availability and its disposition at appropriate levels determine the productivity final result. Fertilization management such as band placement (localized fertilizer) or broadcasting fertilizers (on the soil surface) have direct interference in the nutrients use by the roots and also causes significant differences in the operational yield of maize sowing. Therefore, it is necessary to seek a balance between the operational yield and the better utilization of fertilization by maize. This study aimed to evaluate alternative sowing fertilization in maize grain yield. The study was carried out at a grain - producing farm in the Triângulo Mineiro region, in Serra do Salitre city, Minas Gerais state. A total of 33 maize hybrids were evaluated in two types of fertilization management of sowing: band fertilizer next to sowing and fertilization to the sowing in pre-sowing. The experimental design used was randomized complete block design with three replications, in a 2 x 33 factorial experiment, it was carried out in 4 subsequent crops in the agricultural years of 2015/2016 and 2016/2017. The experimental plots measured 1000 m<sup>2</sup>. It was evaluated a productivity in kg.ha<sup>-1</sup> and after a data collection for the statistical analysis by SAS software. The sowing fertilization done in a band placement in the furrow provides a higher grain yield than the broadcasting fertilizer, regardless of the sowing or harvest season. There was no interaction between hybrids and the forms of fertilization of sowing. Considering all the experiments conducted, the hybrids that had the highest grain yield averages were 2B810 PW, AS1633 PRO3, DKB 310 PRO3 and Conventional P3898.

Keywords: Pre-sowing fertilization. Phosphorus Broadcasting fertilizer. Maze yield.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Resultados das análises de fertilidade (00-20 cm) de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico coletado na área de condução do experimento anteriormente à semeadura dos experimentos, no período de 30/08/2015 a 30/01/2017..... 24
- Tabela 2 - Características dos híbridos utilizados nos quatro experimentos e as safras agrícolas em que foram avaliados, em Serra do Salitre, MG, de 2015 a 2017..... 25
- Tabela 3 - Quadro da análise conjunta dos experimentos de verão (safra verão 2015/16 e safra verão 2016/17), envolvendo duas formas de adubação de semeadura (tratamentos LOC e LAN) para produtividade de grãos de milho, em Serra do Salitre, MG, nos anos de 2015 a 2017..... 34
- Tabela 4 - Comparação do desdobramento da interação entre a produtividade média de grãos de milho de duas formas de adubação de semeadura, localizada (LOC) e a lanço (LAN), em relação aos experimentos realizados nas safras de verão, em Serra do Salitre, MG, de 2015 a 2017..... 35
- Tabela 5 - Quadro da análise conjunta dos experimentos de 2ª safra (2ª safra 2017/1 e 2ª safra 2017/2) envolvendo duas formas de adubação de semeadura (LOC e LAN) para produtividade de grãos de milho, em Serra do Salitre, MG, 2017..... 36
- Tabela 6 - Quadro da análise conjunta de todos os experimentos (safra verão 2015/16, safra verão 2016/17, 2ª safra 2017/1 e 2ª 2017/2) envolvendo duas formas de adubação de semeadura (tratamentos LOC e LAN) para produtividade de grãos de milho, em Serra do Salitre, MG, 2017..... 39
- Tabela 7 - Tabela dos BLUPs preditos de produtividade de grãos de milho para híbridos simples, em Serra do Salitre, MG, cultivados em quatro experimentos nos anos de 2015 a 2017..... 40
- Tabela 8 - Comparação das médias de produtividade de grãos de milho do desdobramento da interação entre duas formas de adubação de semeadura, localizada (LOC) e a lanço (LAN), em relação a quatro experimentos realizados nas safras de verão e 2ª safra, em Serra do Salitre, MG, de 2015 a 2017..... 42

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Cenário de produção e manejo da adubação do milho .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Exigências nutricionais da cultura do milho.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Nitrogênio .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Fósforo .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Potássio.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Fertilidade dos solos e desempenho de híbridos de milho .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Formas de aplicação de nutrientes.....</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da área experimental .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Híbridos .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3</b>	<b>Detalhes de condução do experimento .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Dados meteorológicos .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Experimentos de verão .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>Experimentos de segunda safra.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise conjunta envolvendo todos os experimentos.....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>46</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com a produção mundial estimada em 1,071 bilhões de toneladas, na safra 2016/2017 (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2017), o milho (*Zea mays* L.) é uma das mais importantes *commodities* agrícolas, destacando-se a sua importância tanto no setor alimentício, como no de nutrição animal e na produção de biocombustíveis. No Brasil são cultivados 5,7 milhões de hectares de milho na primeira safra (“safra verão”) e 12 milhões de hectares na segunda safra (“safrinha”).

A produtividade média nacional é de, aproximadamente, 5,4 mil kg. ha<sup>-1</sup>, porém, foram relatadas produtividades de até 14 mil kg. ha<sup>-1</sup>, estando o aumento de produtividade de grãos relacionado, principalmente, aos investimentos realizados, especialmente quanto à nutrição mineral e ao seu correto emprego, e que trazem resultados significativos no avanço das melhorias do sistema produtivo do milho.

Além do aumento de produtividade de grãos, diante de extensas áreas de cultivo e do curto espaço de tempo para a realização da semeadura do milho, os produtores têm buscado incorporar novas tecnologias que visem à redução de custos, com otimização de mão de obra e maior rendimento operacional. Nesse aspecto, a adubação antecipada a lanço tem sido praticada e se apresenta como uma alternativa viável, com o objetivo de melhorar o rendimento operacional e trazer economia ao produtor.

Embora haja aumento no rendimento operacional, a adubação de semeadura feita a lanço pode estar influenciando a produtividade de grãos de milho, pois proporciona menor aproveitamento efetivo da adubação em relação à forma tradicionalmente utilizada pelos produtores, que a realizam de forma localizada. Levando-se em consideração também as características dos solos brasileiros e da própria cultura, fatores como a disponibilização a lanço de nutrientes, principalmente fósforo, podem também limitar o crescimento vegetativo e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas de milho.

Portanto, o estudo das formas de adubação de semeadura e sua relação com o desempenho de híbridos faz-se necessário, objetivando atingir o equilíbrio entre rendimento operacional e manutenção dos índices de produtividade de grãos de milho.

O objetivo, neste trabalho, foi verificar a influência da forma de adubação de semeadura, feita a lanço ou localizada, na produtividade de grãos de híbridos comerciais de milho, em diferentes safras agrícolas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cenário de produção e manejo da adubação do milho

A área agrícola do Brasil é de 60 milhões de hectares (7% do total de terras em cultivo no mundo) e a produção gira ao redor de 234 milhões de toneladas de grãos, segundo dados da safra 2016/2017. Neste cenário, o cultivo do milho brasileiro ocupa área total de 17,7 milhões de hectares, com produção estimada em 98,5 milhões de toneladas, o que torna o Brasil país estratégico na produção mundial desta cultura (ANUÁRIO..., 2017). O país é o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador de milho no mundo, com 36 milhões de toneladas exportadas na safra 2016/2017. O *ranking* mundial dos países produtores de milho é composto por Estados Unidos, China, Brasil, União Europeia (composta por 28 nações) e Argentina, responsáveis por 70% da produção mundial (USDA, 2017). Diferentemente da exportação, as importações de milho são irrelevantes para o Brasil e giram em torno de 1% do consumo nacional.

Grande parte da produção de milho destina-se à alimentação animal. Setores como a avicultura e a suinocultura têm grande dependência do grão, que é utilizado como principal fonte energética para a produção de carne e derivados. As porcentagens de milho na composição da alimentação de aves e suínos chegam a 65% e na pecuária de leite, em torno de 23% das rações são compostas por milho, demonstrando a importância do grão para a nutrição e a produção de proteína de origem animal (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2017).

O milho também se destaca na culinária de vários países e de várias regiões do Brasil. São alimentos de destaque o creme de milho, a farinha de milho, os flocos de milho, o fubá mimoso, a canjica (branca e amarela), a polenta, a pipoca de milho, o cuscuz, o angu, o óleo de milho, a dextrose (açúcar do milho) e a maltose para cervejarias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE MILHO - ABRAMILHO, 2010).

Na forma de amido, o milho está na composição de diversos alimentos infantis, além de doces, balas, sucos, molhos, sopas, vegetais enlatados, bebidas achocolatadas e produtos de panificação. O amido de milho também entra na formulação de produtos de limpeza, filmes fotográficos, plásticos, pneus de borracha, tintas e fogos de artifício, entre outros. Na forma de xarope, o milho é matéria-prima para sorvetes, geleias, gomas de mascar, licores e sobremesas

diversas; até mesmo a água utilizada para amolecer o milho na industrialização serve como meio de fermentação para a produção de penicilina e estreptomicina. Nas fábricas de aviões e veículos, os derivados de milho são utilizados nos moldes de areia, para a fabricação de peças fundidas. Na extração de minério e petróleo, o milho também está presente, assim como em outras áreas pouco conhecidas, como a de explosivos, a de baterias elétricas e até a de cabeça de palitos de fósforo (ABRAMILHO, 2010).

Mesmo com a relatada importância do milho para a indústria alimentícia e outros setores da indústria, não há relação integrada entre os produtores de milho e a indústria processadora, o que, muitas vezes, desestimula os produtores a comercializarem de forma direta os grãos para essas indústrias (ABRAMILHO, 2010).

Quanto ao calendário agrícola, o milho é cultivado praticamente durante todo o ano, no Brasil e em todas as regiões do país. Mesmo assim, o cultivo é dividido em duas épocas distintas dentro do ano agrícola, sendo o milho de 1ª safra (safra de verão), com semeadura concentrada nos meses de setembro a dezembro e colheita de janeiro a março, representando 32% da produção nacional e o milho de 2ª safra (safra de inverno ou safrinha), com semeadura nos meses de janeiro a março e colheita de junho a setembro, representando os restantes 68% da produção nacional (INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS - IEA, 2017).

Em relação aos custos da atividade, os gastos com operação de máquinas chegam a 6% do custo total; com mão de obra, fixa e temporária, giram em torno de 3,5% e com insumos, dentre eles sementes, fertilizantes e produtos fitossanitários, representam 58,6% do custo total de produção, o que evidencia a importância de serem empregados da melhor maneira possível, dentro do ciclo da cultura. Dentre esses custos, o que mais se destacam são os referentes a fertilizantes e sementes, que representam 24,5% e 17,5% do custo total de produção do milho, respectivamente (ANUÁRIO..., 2017).

Mesmo que represente considerável parte dos custos, os investimentos em sementes de milho híbrido simples, atualmente, são recomendados, não só pelo setor privado, mas também por instituições públicas de pesquisa e extensão rural, devido ao fato de seu potencial genético estar relacionado a altos índices de produtividade. Porém, essas sementes exigem um manejo nutricional apropriado, ao nível de exportação e de absorção de nutrientes realizados pela cultura durante todo o ciclo (RESENDE et al., 2016).

Portanto, o correto manejo nutricional, que proporciona que as cultivares expressem os seus níveis máximos de produtividade, não depende somente de características físico-químicas dos solos ou da quantidade de nutrientes disponíveis no sistema, mas também do uso adequado de fertilizantes e adubos corretivos. Estes, por sua vez, devem ser utilizados nas quantidades necessárias para suprir não somente a necessidade da cultura, mas também as próprias deficiências do solo. Além deste fator, a forma como o adubo é disponibilizado fisicamente para a planta, principalmente na adubação de semeadura, está diretamente relacionado com o sucesso do manejo nutricional do milho e também com a manutenção dos níveis dos próprios nutrientes no perfil do solo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Diante da forte influência da adubação nos níveis de produtividade do milho e do fato de seus custos serem cada vez mais significantes para o cultivo comercial da cultura, entender o efeito dos principais macronutrientes de que a cultura necessita, suas fontes e como o manejo de aplicação interfere no aproveitamento dos mesmos é primordial para a manutenção do máximo aproveitamento da produtividade dos híbridos.

## **2.2 Exigências nutricionais da cultura do milho**

Os nutrientes são elementos essenciais no ciclo de vida de uma planta, e uma deficiência nutricional pode impossibilitar que ela complete o seu estágio vegetativo ou reprodutivo. Uma deficiência nutricional em questão pode ser prevenida ou corrigida somente pelo suprimento deste nutriente e das condições químicas, físicas e microbiológicas para a sua absorção e utilização pelas plantas (AMOUN; STOUT, 1939; FAQUIN, 2001).

Dos chamados macronutrientes, que são aqueles exigidos em maiores quantidades pelas plantas, o milho tem relação direta de incremento em produtividade de grãos quando recebe quantidades adequadas e exigidas de nutrientes, sendo mais responsivo à utilização de nitrogênio em relação ao aumento de produtividade (COSTA et al., 2012).

A determinação da exigência nutricional da cultura do milho é realizada por meio da quantidade de nutrientes extraídos durante o seu ciclo. Mesmo em solos de boa fertilidade, as adubações devem suprir essas exigências e também repor o que for exportado com a colheita dos grãos (RESENDE et al., 2012).

Desse modo, o conhecimento dos padrões de extração e exportação de nutrientes e a associação destes padrões com os dados de análise de solo e de expectativa de produtividade

permitem dimensionar, com mais critério, as quantidades de fertilizantes a serem aplicadas para a manutenção da fertilidade do solo. As quantidades de nutrientes absorvidas pela cultura do milho, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, não são constantes, podendo variar de acordo com a cultivar, com as condições climáticas, com o tipo de manejo e tecnologia empregados, e com o nível de fertilidade do solo (BÜLL, 1993; RESENDE et al., 2012).

Portanto, juntamente com a quantidade de nutrientes fornecidos em função das exigências de exportação de nutrientes, a forma como são disponibilizados e o dinamismo desses nutrientes no solo são também fatores de grande importância na adubação da cultura do milho.

### **2.2.1 Nitrogênio**

Na literatura há registros de que de 70% a 90% dos experimentos de adubação de milho realizados no Brasil, em condições de campo, apresentaram respostas crescentes, em produtividade de grãos, quanto à aplicação de N via adubação (COELHO, 2008). Além disso, este nutriente é fator limitante da produtividade para o milho, principalmente nos estágios iniciais da cultura, além de ser exigido em grandes quantidades, diante da marcha de absorção, que se dá de forma crescente durante o período vegetativo (COSTA et al., 2012).

De acordo com trabalhos recentes, para os atuais híbridos de milho são necessários de 22,3 a 27,7 kg de N para a produção de uma tonelada de grãos, sendo relatado um acúmulo de 364 kg.ha<sup>-1</sup> deste macronutriente na parte aérea da planta. Em relação à marcha de absorção, o acúmulo de nitrogênio pela planta ocorre de forma linear, sendo relatado um aumento médio de 2,87 kg. ha<sup>-1</sup> para cada dia após a germinação (PINHO et al., 2009; SILVA, 2016).

Quanto à disponibilidade para a planta, o nitrogênio (N) é muito dependente das características físicas, químicas e, principalmente, da fração orgânica do solo. Em relação à parte física da composição do solo, principalmente em solos de cerrado, o N sofre maior lixiviação em solos arenosos e o manejo da adubação nitrogenada deve receber um tratamento diferenciado, principalmente em relação ao parcelamento das quantidades de nitrogênio aplicado via fertilização, especialmente de fontes de fertilizantes sintéticos, como ureia e nitrato de amônia, entre outras (COSTA et al., 2012).

Com relação às características químicas do solo, o nitrogênio apresenta grande dinamismo e baixíssimo efeito residual, sendo a sua disponibilização relacionada quase que exclusivamente à matéria orgânica dos solos. Portanto, a disponibilização de nitrogênio do

solo para o sistema radicular das culturas depende do processo de mineralização deste N orgânico (FURTINI NETO et al., 2001).

Considerando a alta demanda de nitrogênio pelo milho e os índices considerados baixos de matéria orgânica na maioria dos solos, a importância da adubação nitrogenada via N mineral, nas formas de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), dependendo da fonte aplicada, é responsável por suprir as necessidades da cultura e garantir o seu sucesso produtivo. Como parte desta adubação pode ser perdida por volatilização, a aplicação de N mineral convencionalmente é feita de maneira parcelada, ou seja, de acordo com a marcha de absorção do nutriente pela cultura. Esse parcelamento leva em consideração o rendimento operacional da adubação e também características importantes relacionadas ao seu melhor aproveitamento pela cultura do milho (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

Geralmente, a aplicação de nitrogênio na semeadura é feita de maneira localizada, no próprio sulco junto às sementes, utilizando como fontes adubos formulados que variam em relação à quantidade de N na sua composição. Esses formulados são adquiridos pelos produtores de acordo com a necessidade e a quantidade de N requeridas pela cultura e também do teor de matéria orgânica presente no solo (FURTINI NETO et al., 2001).

O complemento dessa adubação nitrogenada é recomendado considerando, novamente, a necessidade da cultura, as características do solo e a quantidade aplicada na operação de adubação de semeadura. Essa operação pode ser feita de forma localizada por implementos, como os cultivadores, porém, é feita, geralmente, a lanço, ou seja, aplicando-se as fontes de adubo nitrogenado sobre a superfície do solo (LACERDA et al., 2015).

As fontes de adubo nitrogenado, quando aplicadas a lanço sob os solos do cerrado, especialmente a ureia, sofrem várias perdas por volatilização, sobretudo nas condições edafoclimáticas das maiores regiões produtoras de milho do país. Portanto, uma estratégia para minimizar essas perdas seria o parcelamento da aplicação e a incorporação ao solo da adubação nitrogenada, com sincronização entre as aplicações e os períodos de alta demanda de nutrientes (CANTARELLA; MARCELINO, 2008).

Neste caso, minimizam-se as perdas de insumos, porém, aumenta-se o custo com operações mecanizadas, não havendo, portanto, uma solução clara para o problema. Apesar disso, existe uma tendência, entre os produtores, de reduzir os custos com aplicação e aperfeiçoar o uso de máquinas. Entretanto, a eficiência dos fertilizantes nitrogenados tem sido menor quando eles são aplicados na superfície, sem a imediata incorporação ao solo, devido a

perdas, sobretudo pelo processo de volatilização (FONTOURA; BAYER, 2015; SILVA et al., 2006).

### 2.2.2 Fósforo

Assim como o nitrogênio, o fósforo (P) é considerado um dos fatores mais limitantes da produtividade das culturas nos solos do cerrado brasileiro, principalmente devido à sua baixa concentração e ao fenômeno da fixação promovido por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, tornando-o, em certo nível, indisponível para as plantas, e fazendo com que sua aplicação seja realizada em doses maiores do que as exigidas pela cultura (LACERDA et al., 2015; NOVAIS; SMYTH, 1999; SOUSA; VOLKWEIS, 1987).

O fósforo é um nutriente de baixa mobilidade no solo, tendo a difusão como principal mecanismo de transporte da solução do solo até as raízes das plantas. Além das perdas relacionadas à fixação, ocorrem também possíveis perdas por precipitação com os íons  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Al}^{+3}$  e  $\text{Mn}^{+2}$ , por meio da formação de fosfatos insolúveis. O contato direto do P com o calcário aplicado em superfície pode também formar fosfato de cálcio, uma forma de nutriente indisponível às plantas (CASTRO et al., 2016; COSTA et al., 2006).

Para que ocorra adequada absorção de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^-$ , ou seja, elevada eficiência dos fertilizantes fosfatados, é necessário que a aplicação da fonte de adubo fosfatada seja feita de forma correta, permitindo sua melhor localização em relação às raízes das plantas, o que facilita o processo de difusão. Além da localização da fonte de P, a difusão sofre forte influência de outros fatores, como a interação entre fósforo-coloide, o conteúdo volumétrico de água no solo, o teor do elemento e a temperatura do solo (HOWARD; ESSINGTON; LOGAN, 2002).

Resende et al. (2006) citam que, principalmente em áreas de cerrado, a alta exigência de fósforo para correção da fertilidade e a ausência de reservas abundantes de rochas fosfatadas de boa qualidade no Brasil fazem com que os custos, tanto dos fertilizantes fosfatados quanto da própria adubação, sejam elevados.

A necessidade de grande utilização de fósforo, devido, entre outros fatores, às características químicas dos solos de cerrado, fez com que os produtores buscassem maneiras de “corrigir” esse déficit do nutriente por meio da aplicação de fertilizante fosfatado na totalidade da área, técnica que recebe o nome de fosfatagem (ROSSETO; DIAS; VITTI, 2008).

A fosfatagem, técnica complementar à correção da fertilidade dos solos, consiste em aumentar os níveis do nutriente P no solo, aplicando-o em área total por meio de uma fonte de adubo fosfatado, a lanço sob a superfície do solo, com ou sem posterior incorporação (ANGHINONI; BARBER, 1980; RESENDE et al., 2016; ROSSETO; DIAS; VITTI, 2008).

Além da própria fosfatagem, os produtores vêm utilizando a aplicação de P a lanço, de forma a substituir a adubação de semeadura convencional, que é realizada de maneira localizada, no sulco de semeadura. Este método de adubação a lanço não limita o crescimento e a expansão do sistema radicular e ainda aumenta os níveis de P no perfil do solo nas camadas mais superficiais (CASTRO et al., 2016; NUNES et al., 2011).

Essa aplicação de fósforo (P) a lanço em diversas culturas anuais tem aumentado, principalmente em propriedades rurais onde há o emprego de alta tecnologia. Porém, há também uma preocupação com esse tipo de manejo, devido à baixa mobilidade desse nutriente no solo e às suas possíveis perdas por precipitação e fixação, deixando o nutriente indisponível às plantas, limitando a produtividade máxima da cultura e a maior concentração radicular superficial (MALAVOLTA, 1981; NUNES et al., 2011).

Já na adubação tida como convencional, os adubos fosfatos e/ou adubos formulados contendo fontes de fósforo são colocados no sulco de semeadura e sofrem menor adsorção pelos solos, o que não limita a difusão entre nutriente e plantas, mas pode limitar o desenvolvimento do sistema radicular, que se concentra na própria linha de semeadura (NUNES, R., 2014).

O manejo do solo interfere nos níveis de P disponíveis ou fixados no seu perfil, assim como na concentração e na dispersão das raízes nos solos. Em um trabalho realizado por Nunes et al. (2011), após 14 anos de cultivo com dois métodos de adubação fosfatada, a lanço e no sulco de semeadura, e em dois diferentes sistemas de cultivo, sistema convencional com revolvimento e sistema de semeadura direta, observou-se maior concentração de P nas camadas superficiais na aplicação a lanço do adubo fosfatado, principalmente no sistema de semeadura direta.

No sistema de semeadura direta, onde o sistema está implantado há mais de cinco anos, além do aumento dos resíduos (palha na superfície), outros fatores contribuem para o aumento da disponibilidade de P no solo, como as possíveis perdas por precipitação e fixação. Portanto, é de se esperar maior eficiência agrônômica do elemento quando ele é aplicado na linha de semeadura em solos com baixo teor de P, tornando a combinação entre a

prática de ações que aumentem o rendimento operacional, mas que não comprometam a eficiência agrônômica do nutriente, levando, assim, a uma maior possibilidade de sustentabilidade econômica (CASTRO et al., 2016).

No tocante à absorção de fósforo, a marcha de absorção pela cultura do milho gera um acúmulo de fósforo pela planta, que ocorre de forma linear, tendo sido relatado um aumento médio de 0,67 kg. ha<sup>-1</sup> para cada dia após a germinação, destacando-se, ainda, a importância do P nos estádios iniciais da cultura. O acúmulo total de P pelos híbridos de milho é, em média, de 72 a 92 kg.ha<sup>-1</sup>. Os atuais milhos híbridos necessitam, em média, de 2,97 kg de P para a produção de uma tonelada de grãos (6,8 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (PINHO et al., 2009; RESENDE et al., 2016).

### **2.2.3 Potássio**

Nutriente absorvido em grandes quantidades pelo milho, o potássio (K) vem ganhando destaque desde a década de 1990, nas recomendações de adubação da cultura, principalmente no que diz respeito à produção de silagem, devido à alta exportação em colmos e folhas. Portanto, a manutenção dos seus níveis ideais, principalmente no período vegetativo, é de extrema importância para atingir altos patamares, tanto de produção de matéria verde e seca, e produção de silagem, quanto na produtividade de grãos (HANWAY, 1962; HORN et al., 2006).

A absorção de potássio pelo milho aumenta exponencialmente de acordo com o aumento no crescimento vegetativo, destacando-se o primeiro pico de absorção, de 282 kg.ha<sup>-1</sup> em média, no estágio fenológico 3 (aproximadamente 52 dias após emergência). Sendo assim, a disponibilidade do nutriente, juntamente, com a adubação de semeadura, é de extrema importância. São necessários de 21,3 a 23,2 kg de K para a produção de uma tonelada de grãos (PINHO et al., 2009; SILVA, 2016).

Assim como o fósforo, a elevação de potássio nos solos de forma gradual é uma técnica que já é adotada atualmente, por alguns produtores. Essa técnica, chamada de “potassagem”, também considerada medida corretiva do solo, consiste na aplicação de K em área total, por meio de uma fonte potássica, geralmente o cloreto de potássio (KCl), elevando seu nível de forma equilibrada em relação à CTC e a outros nutrientes do solo, como cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (BEVILAQUA et al., 1996).

A aplicação de potássio a lanço vem ganhando destaque, principalmente em relação ao fato de que o KCl pode ocasionar um aumento do grau de salinidade do sulco de semeadura sendo prejudicial às plantas. Assim, é discutida a sua utilização de forma localizada, uma vez que a salinidade auxiliada a baixos índices hídricos pode interferir negativamente no desenvolvimento inicial da cultura do milho (BEVILAQUA et al., 1996; LANA et al., 2003).

Além dos problemas relacionados com a salinidade, o principal problema da indisponibilidade e da perda de K no sistema de cultivo está ligado ao método de aplicação da fonte potássica. Em um estudo realizado por Oliveira et al. (1992), em um Latossolo Vermelho-Amarelo arenoso, a dose de 120 kg de  $K_2O$ .ha<sup>-1</sup>, aplicada a lanço, favoreceu a lixiviação do K para as camadas mais profundas do solo. É importante destacar que as condições de baixa CTC do solo desse trabalho contribuíram para a menor retenção de K nas camadas mais superficiais.

Portanto, principalmente em solos de textura mais arenosa e com baixa disponibilidade de matéria orgânica, devido à sua alta mobilidade, o K sofre um processo de lixiviação e de escorrimento superficial, quando aplicado a lanço (HALVIN et al., 2005).

É importante também considerar que o transporte e a absorção de K pelas raízes, que acontecem, em sua maioria, pelo processo de difusão, são diretamente afetados pelo método de aplicação (MIELNCZUK, 2005).

#### **2.2.4 Fertilidade dos solos e desempenho de híbridos de milho**

O milho pode ser muito exigente em fertilidade do solo, pois a cultura responde progressivamente ao aumento dos teores de nutrientes no solo, desde que os demais fatores estejam em níveis ótimos. Em sistemas de cultivo de alto investimento, em que são utilizadas maior quantidade de fertilizantes e irrigação suplementar, a resposta em produtividade é maior em relação aos métodos de manejo com médios e baixos investimentos em fertilidade e nutrição da cultura (RESENDE et al., 2016).

A construção da fertilidade dos solos por meio da utilização de um conjunto de técnicas para a correção da sua acidez e aplicação de fertilizantes, no intuito de elevar a disponibilidade de nutrientes, tanto na camada de 00-20 cm, como nas camadas mais inferiores, vem ganhando cada dia mais destaque, não somente em áreas de cultivo de milho, mas nas mais diversas culturas (RESENDE et al., 2016).

O manejo para a construção da fertilidade vem sendo adotado gradativamente pelos produtores brasileiros, principalmente por aqueles que realizam a chamada agricultura de alto investimento. Porém, ainda está distante da realidade da maioria dos produtores que, por sua vez, ainda realizam os métodos convencionais de correção de solo e adubação (RESENDE et al., 2016).

Portanto, devido à alta relação entre o correto manejo de fertilidade dos solos e a produtividade da cultura do milho, a adoção de técnicas, como as que foram descritas, permite também que os produtores promovam mudanças nos sistemas de aplicação de fertilizantes, como a adubação em pré-semeadura e outras modalidades, em busca de maiores rendimentos operacionais, principalmente na etapa de adubação de semeadura.

### **2.3 Formas de aplicação de nutrientes**

A maneira como os nutrientes ficam disponíveis para as plantas no perfil do solo, principalmente nas fases iniciais, é determinada pelo método de adubação empregado. A adubação pode ser realizada no sulco de semeadura, colocando-se o fertilizante a 5 cm ao lado e de 5 a 10 cm de profundidade, ou a lanço, feita sobre a superfície do solo, sem a necessidade de incorporação do fertilizante (COELHO, 2008; RESENDE et al., 2012).

A aplicação de adubo de forma localizada, principalmente na semeadura, é o método mais tradicional de realizar essa operação no Brasil. Esse método se consolidou devido, principalmente, ao maior sucesso na absorção de P pelas culturas, frente aos baixos níveis que este nutriente apresenta nos solos do cerrado e das grandes regiões produtoras de grãos (BERTOLINI; GAMERO, 2006).

Em contrapartida, a aplicação de adubo junto à semente representa um fator de limitação da salinização do meio, principalmente em relação à presença de grandes quantidades de cloreto de potássio (KCl), que é a fonte mais utilizada na fabricação de adubos formulados para a disponibilização de K, diante da necessidade do nutriente pela cultura do milho (BORDOLI; MALLARINO, 1998).

No caso da adubação a lanço, a uniformidade com que a adubação é realizada possibilita que quase todo o solo entre em contato com o fertilizante (PRADO; FERNANDES; ROQUE, 2001). Porém, na literatura, há relatos de que a adubação feita somente a lanço, combinada com outros fatores, pode ocasionar um desenvolvimento mais

superficial do sistema radicular das plantas, principalmente em sistema de cultivo mínimo ou de plantio direto (NUNES, R., 2014).

O método de aplicação da adubação, principalmente de semeadura, deve sempre respeitar as características físico-químicas do solo e do nutriente a ser aplicado. Ele é de extrema importância para o sucesso produtivo da cultura do milho e para o equilíbrio entre rendimento operacional da adubação, fertilidade do solo e fonte de nutriente adotado para a realidade de cada região produtora e nível de investimento do produtor. O emprego do método de adubação pelos produtores de milho varia conforme a fonte do adubo, o rendimento operacional e o custo por unidade de nutriente empregado (RESENDE et al., 2012).

Autores como Coelho, Cruz e Pereira Filho (2002) e Pöttker e Wiethölter (1999) descrevem que a antecipação da operação de adubação de semeadura do milho pode trazer um rendimento operacional maior, tanto na semeadura quanto na própria operação de adubação. Esse é um aspecto de grande interesse, devido às suas vantagens operacionais, como maior flexibilidade no período de execução da adubação, maior rendimento operacional de máquinas, maior facilidade de distribuição a lanço, economia de tempo e de mão de obra, menor custo operacional de máquinas e redução no gasto de combustível, lubrificante e reparos. Isso tudo justifica o estudo da influência dos diferentes manejos de adubação na produção de grãos de milhos híbridos de alto desempenho.

De acordo com Guareschi et al. (2008), a menor capacidade operacional oriunda do maior tempo e do número de abastecimentos do maquinário, durante a semeadura, principalmente na aplicação de quantidades elevadas de, pode atrasar essa etapa e levar a perdas de produtividade.

Nunes (2014) não encontrou diferença significativa, na adubação de semeadura a lanço feita de maneira antecipada, quanto ao custo, tanto energético quanto econômico, independente do preparo de solo em relação à adubação de semeadura feita pela semeadora. Este autor constatou, ainda, que o sistema de cultivo denominado plantio direto, no qual a semeadura é feita sem o revolvimento do solo, associado à adubação de semeadura feita a lanço e de forma antecipada, resultou em menor custo de operações, comparado aos sistemas de cultivo mínimo e convencional, ou a quaisquer sistemas associados à adubação de semeadura realizada no sulco pela semeadora/adubadora.

Com o crescimento exponencial da safrinha na região centro-sul do Brasil, observou-se a necessidade de melhorar o sistema operacional da semeadura do milho, visando escalonar

melhor a operação dentro da janela de semeadura, que se concentra entre o mês de janeiro e o início de março. Em trabalhos de pesquisa constatou-se que, a cada dia de atraso no plantio da safrinha após o mês de fevereiro, há uma redução de 18 kg a 60 kg de grãos de milho produzidos por hectare, dependendo das condições climáticas e hídricas do ano agrícola. Quanto mais tarde acontecer a semeadura do milho safrinha, menor será o potencial e maior o risco de perdas por seca e/ou geadas (CRUZ et al., 2010; DUARTE; PATERNIANI, 1999).

Um levantamento das áreas de milho safrinha no país demonstrou, entre outros fatores, que apenas 2% das áreas conseguiram ser semeadas em janeiro. Em contrapartida, somente 17% das áreas semeadas em março atingiram produtividade de grãos maior que 5.000 kg.ha<sup>-1</sup>. Portanto, é crescente o número de produtores que buscam técnicas de manejo que aumentam o rendimento operacional e da adubação de semeadura na implantação das áreas de cultivo (CRUZ et al., 2010).

Com o surgimento da agricultura de precisão e a sua popularização entre os agricultores, intensificou-se a aplicação superficial de fertilizantes e adubos corretivos, com o objetivo de melhorar a fertilidade dos solos, reduzir as quantidades necessárias para a adubação e aumentar o rendimento operacional da semeadura. Houve também um aumento da adubação de semeadura a lanço, a qual contribui para o aumento do rendimento da operação e do próprio processo de agricultura de precisão. Porém, devido a características deste método, associadas a condições climáticas e de fertilidade dos solos, a sua adoção pode ocasionar uma diminuição na produtividade de grãos de culturas semeadas na segunda safra (SOUZA; LOBATO, 2004).

Diante das várias constatações, fica evidente que ainda não existe um equilíbrio entre produtividade de grãos, rendimento operacional, melhor aproveitamento da operação de adubação, sobretudo de semeadura e, principalmente, uma relação entre a interferência que o método de aplicação do fertilizante tem sobre o desenvolvimento produtivo da cultura do milho.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado na propriedade rural denominada Fazenda Boa Vista, no município de Serra do Salitre, microrregião de Araxá, estado de Minas Gerais, situada na latitude de 19°22'S, longitude 46°26'W, à altitude média de 1.220 m, de novembro de 2015 a agosto de 2017.

Essa área de cultivo comercial de grãos recebe manejo agrícola há vários anos, no sistema de “safra/safrinha”, com as culturas de feijão, milho, milho, soja e sorgo, sempre respeitando as premissas básicas do sistema de rotação de culturas.

De acordo com Silva et al. (2006), o clima local é classificado como tropical chuvoso, com temperatura média anual de 21,8 °C, precipitação pluvial média anual de 1.372 mm, distribuída no período de outubro a março, apresentando períodos bem definidos de chuva e de seca com baixa umidade relativa do ar. O solo é característico da região do cerrado mineiro que, em sua maioria, é constituído de Latossolo (BORGES; LANA; BORGES, 2001), mais especificamente Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013), apresentando como característica física uma granulometria médio argilosa (37,5% de argila). Os atributos químicos do solo foram avaliados durante as safras, em três diferentes amostragens, retirados à profundidade de 0,0 a 0,20 cm, de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (2009) e estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados das análises de fertilidade (00-20 cm) de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico coletado na área de condução do experimento anteriormente à semeadura dos experimentos, no período de 30/08/2015 a 30/01/2017.

Safras	pH	P*	K	Ca	Mg	V	m	t	T	M.O.
	H <sub>2</sub> O	-mg.dm <sup>-3</sup> -	-cmolc.dm <sup>-3</sup> -			(%)		-cmolc.dm <sup>-3</sup> -		g.kg <sup>-1</sup>
<b>Verão 2015/16</b>	5,6	27,1	0,4	2,0	0,9	53,0	1,0	3,55	6,55	34
<b>Verão 2016/17</b>	5,8	25,4	0,5	2,1	1,0	54,3	0,3	4,50	8,91	29
<b>2ª Safra 2017/1</b>	5,6	27,6	0,3	2,1	0,4	42,8	0,0	2,77	6,47	39
<b>2ª Safra 2017/2</b>	5,9	24,2	0,4	4,4	1,1	65,4	0,0	5,85	8,95	37

V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; t: capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva; T: CTC a pH 7,0; M.O.: matéria orgânica. \*P(mg.dm<sup>-3</sup>) resina

Fonte: Do autor (2017).

As safras referem-se às datas de coletas para cada um dos quatro experimentos que foram instalados, realizadas em novembro de 2015 (safra verão 2015/16), novembro de 2016

(safra verão2016/17), janeiro de 2017 (2ª safra 2017/1) e fevereiro de 2017 (2ª safra 2017/2), dentro de uma mesma área uniforme, segundo metodologia descrita pela Embrapa (2009).

### 3.2 Híbridos

Os híbridos avaliados foram cedidos pelas empresas produtoras de sementes conforme o interesse das mesmas, além de apresentarem boa adaptação e excelente produtividade de grãos para a região de condução do experimento (TABELA 2).

Tabela 2 - Características dos híbridos utilizados nos quatro experimentos e as safras agrícolas em que foram avaliados, em Serra do Salitre, MG, de 2015 a 2017.

Híbrido	Tipo de grão	Base genética	Versão	Empresa	Safras avaliadas (1*)
<b>2B610</b>	Amarelo-alaranjado/semidentado	HS <sup>2*</sup>	PW	Dow	2, 3 e 4
<b>2B810</b>	Alaranjado/semiduro	HS	PW	Dow	1, 2 e 3
<b>30A37</b>	Amarelo-alaranjado/semidentado	HS	PW	Morgan	2
<b>30F35</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HSm <sup>3*</sup>	VYHR	Pioneer	2, 3 e 4
<b>30F53</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	VYHR	Pioneer	1, 2, 3 e 4
<b>30S31</b>	Alaranjado/duro	HS	VYHR	Pioneer	4
<b>AG7098</b>	Amarelo-alaranjado/semidentado	HS	PRO2	Agrocerec	1, 2 e 3
<b>AG9030</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	PRO	Agrocerec	2 e 4
<b>AS1633</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	PRO3	Agroeste	2, 3 e 4
<b>AS1656</b>	Amarelo-alaranjado/semidentado	HS	PRO2	Agroeste	2
<b>AS1735</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	PRO3	Agroeste	4
<b>CD3612</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	PW	Coodetec	2 e 4
<b>CD3770</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	PW	Coodetec	3 e 4
<b>CD3880</b>	Amarelo-alaranjado/semidentado	HS	PW	Coodetec	2
<b>DKB177</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	PRO3	Dekalb	2 e 4
<b>DKB290</b>	Alaranjado/semidentado	HS	PRO3	Dekalb	1, 2, 3 e 4
<b>DKB310</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	PRO3	Dekalb	4
<b>DKB390</b>	Amarelo-alaranjado/duro	HS	PRO3	Dekalb	2, 3 e 4
<b>IMPACTO</b>	Amarelo-alaranjado/duro	HS	VIP3	Syngenta	2
<b>MG 600</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	PW	Morgan	2
<b>P2830</b>	Amarelo-alaranjado/semidentado	HS	VYH	Pioneer	1 e 4
<b>P3431</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	VYH	Pioneer	4
<b>P3456</b>	Amarelo-alaranjado/semidentado	HS	VYH	Pioneer	1, 2 e 3
<b>P3630</b>	Amarelo-alaranjado/semidentado	HS	H	Pioneer	1, 2 e 3
<b>P3646</b>	Amarelo-alaranjado/semidentado	HS	YRH	Pioneer	4
<b>P3779</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	H	Pioneer	1
<b>P3844</b>	Amarelo-alaranjado/semiduro	HS	H	Pioneer	4
<b>P3898</b>	Amarelo/semidentado	HS	Convencional	Pioneer	2, 3 e 4
<b>RB9005</b>	Amarelo-alaranjado/semidentado	HS	PRO	KWS	1, 2, 3 e 4
<b>RB9077</b>	Alaranjado/semiduro	HS	PRO	KWS	1, 2 e 4
<b>RB9110</b>	Amarelo-alaranjado/semidentado	HS	PRO2	KWS	1, 2, 3 e 4
<b>SUPREMO</b>	Alaranjado/duro	HS	VIP3	Syngenta	2 e 3
<b>STATUS</b>	Alaranjado/duro	HS	VIP3	Syngenta	2

<sup>1\*</sup> Os números de 1 a 4 correspondem às safras: 1- safra verão 2015/16; 2- safra verão 2016/17; 3- 2ª safra 2017/1; 4- 2ª safra 2017/2. <sup>2\*</sup> Híbrido simples (HS). <sup>3\*</sup> Híbrido simples modificado (HSm).

Fonte: Do autor (2017).

### 3.3 Detalhes de condução do experimento

Foram instalados quatro experimentos em quatro safras distintas, com as semeaduras realizadas em novembro de 2015 (safra verão 2015/16), novembro de 2016 (safra verão 2016/17), janeiro de 2017 (2ª safra 2017/1) e fevereiro de 2017 (2ª safra 2017/2). Os experimentos foram alocados dentro de uma mesma área uniforme (pivô central) de 63 ha, nos mesmos locais e/ou em áreas subsequentes de características físico-químicas uniformes e semelhantes entre os experimentos. Em cada experimento, foi avaliado o desempenho de híbridos de milho sob o efeito de duas formas de adubação de semeadura, adubação de semeadura realizada a lanço (LAN) e adubação de semeadura localizada (LOC).

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial de 33 x 2, sendo 33 híbridos de milho e dois formatos de adubação de semeadura distintos (LAN e LOC).

Na forma LAN, a adubação foi realizada após o preparo do solo e anteriormente à semeadura. O fertilizante foi aplicado por uma “carreta adubadora” sobre a superfície do solo de modo uniforme. Já na forma LOC, a adubação de semeadura foi realizada juntamente com a semeadura, com uma semeadora/adubadora colocando o adubo em profundidade, localizado a 5 cm abaixo e ao lado das sementes.

Em ambos os tratamentos e em todas as safras foram aplicados, para a adubação de semeadura, 500 kg.ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 09-28-17 + 0,5 Zn (MicroEssentials® S9 – Mosaic Fertilizantes), o qual possui um processo patenteado de produção que reúne, em um único grânulo, as fontes de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e zinco. O grânulo contém também o nutriente enxofre, tanto na forma de sulfato, prontamente disponível, quanto na forma elementar.

As parcelas experimentais foram de 10 linhas de milho espaçadas de 0,5 m entre as linhas e com 200 m lineares de comprimento, portanto, 1.000 m<sup>2</sup> de área por parcela. Após o sorteio das parcelas, elas foram alocadas adjacentes umas às outras, com uma bordadura de quatro linhas de milho entre as parcelas

Para todos os experimentos foi adotado o sistema de cultivo convencional de preparo do solo, no qual foi realizada uma escarificação (escarificador com nove hastes vibratórias) até 30 cm de profundidade e, ainda, duas gradagens, com grade niveladora de 24 discos.

Anteriormente à sementeira dos híbridos, toda a área de instalação dos experimentos foi demarcada com a utilização de um trator agrícola New Holland Modelo T7.245 equipado com sistema de piloto automático EZ-Steer™, orientado pela tecnologia RTK, com precisão de 3 cm de GPS. Por meio do traslado do trator e a sua aferição com trena e aparelho de GPS de navegação (GARMIN eTrex 8), foram demarcadas também as faixas de adubação a lanço, de modo a garantir a não sobreposição da adubação de sementeira e a disposição aleatória das parcelas.

Após a demarcação da área das parcelas, foi realizada a aplicação do adubo a lanço nas faixas previamente demarcadas por um distribuidor de adubo TATU Marchesan modelo DCA<sup>2</sup> 7500.

A sementeira dos híbridos, para ambas as formas de adubação de sementeira, foi realizada por um conjunto de sementeira pneumática Jumil Exacta Air (JM 3090 Pantográfica) acoplada ao mesmo trator agrícola New Holland Modelo T7.245. Foi utilizada uma densidade de sementeira de 3,4 sementes por metro linear, a fim de garantir uma população final de 66.000 plantas por hectare. Aos quinze dias após a sementeira realizaram-se a contagem e o desbaste das plantas, de modo a garantir a população desejada.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi feito com a utilização de herbicidas do grupo das benzoilciclo-hexanodionas, combinados com um produto do grupo das triazinas, nas doses de, 0,24 l p.c.ha<sup>-1</sup> e 5,0 l p.c.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, no período e em condições climáticas recomendadas pelos fabricantes.

Para o controle de pragas e doenças da parte aérea foram realizadas, sempre que necessárias, aplicações de inseticida à base de neonicotinoide + piretroide, na dose de 1 l.ha<sup>-1</sup> e fungicida a base de estrobirulina + triazol, na dose de 0,7 l.ha<sup>-1</sup>, sempre seguindo as recomendações do fabricante.

A adubação de cobertura foi realizada no estágio V4 (quatro folhas desenvolvidas) igualmente para os dois tratamentos, com 300 kg.ha<sup>-1</sup> de ureia agrícola (52% de N), por um distribuidor de adubado a lanço sobre o solo.

As parcelas foram colhidas mecanicamente por uma colhedora automotriz da marca CASE (modelo iH Axial Flow 2799), em média 150 dias após a sementeira, nos meses de abril de 2016 (safra verão 2015/16), abril de 2017 (safra verão 2016/17), junho de 2017 (2ª safra 2017/1) e julho de 2017 (2ª safra 2017/2).

A pesagem das parcelas foi realizada utilizando-se balança de plataforma da marca Saturno, com capacidade nominal de peso de 20 toneladas e divisão mínima de peso de 2 kg. Os dados de umidade de grãos de cada parcela foram mensurados por meio de um medidor de umidade da marca GEHAKA (modelo 650i), de acordo com o protocolo de determinação de umidade de grãos de milho do fabricante.

A produtividade de grãos das parcelas experimentais foi transformada para  $t \cdot ha^{-1}$ , juntamente com a correção dos valores para a umidade padrão de 13%, utilizando-se a seguinte expressão:

$$P_{(13\%)} = [(PP \cdot 10) \cdot (1 - U) / 0,87]$$

em que

$P_{(13\%)}$ : produção de grãos ( $t \cdot ha^{-1}$ ) corrigida para a umidade padrão de 13%;

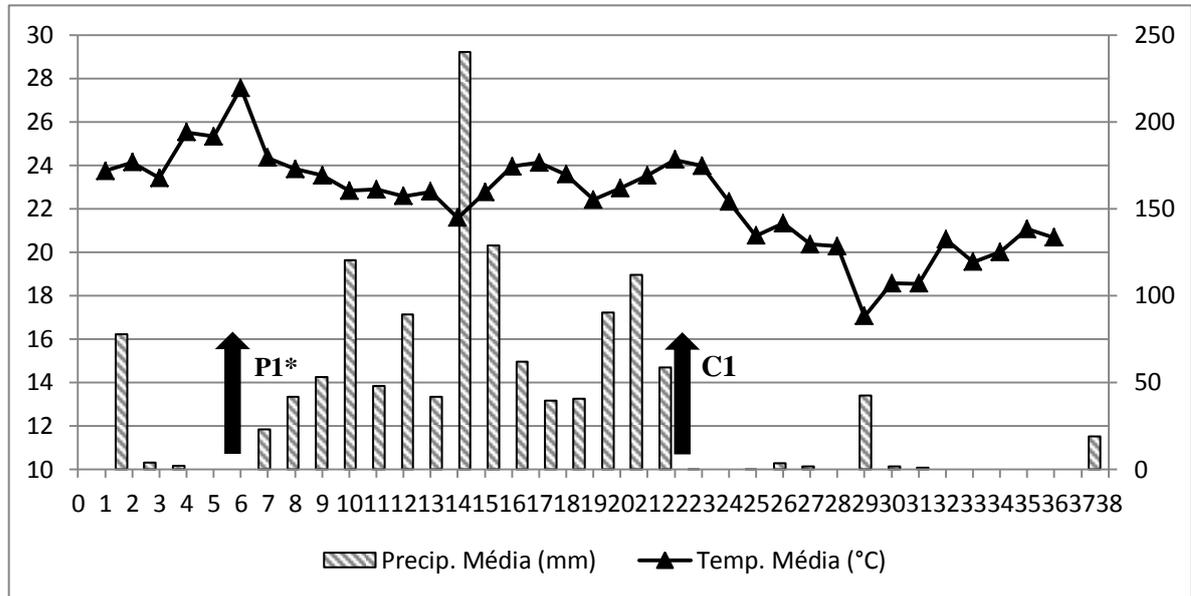
PP: peso de grãos da parcela sem a correção (t);

U: umidade dos grãos da parcela, observada no campo.

### 3.3.1 Dados meteorológicos

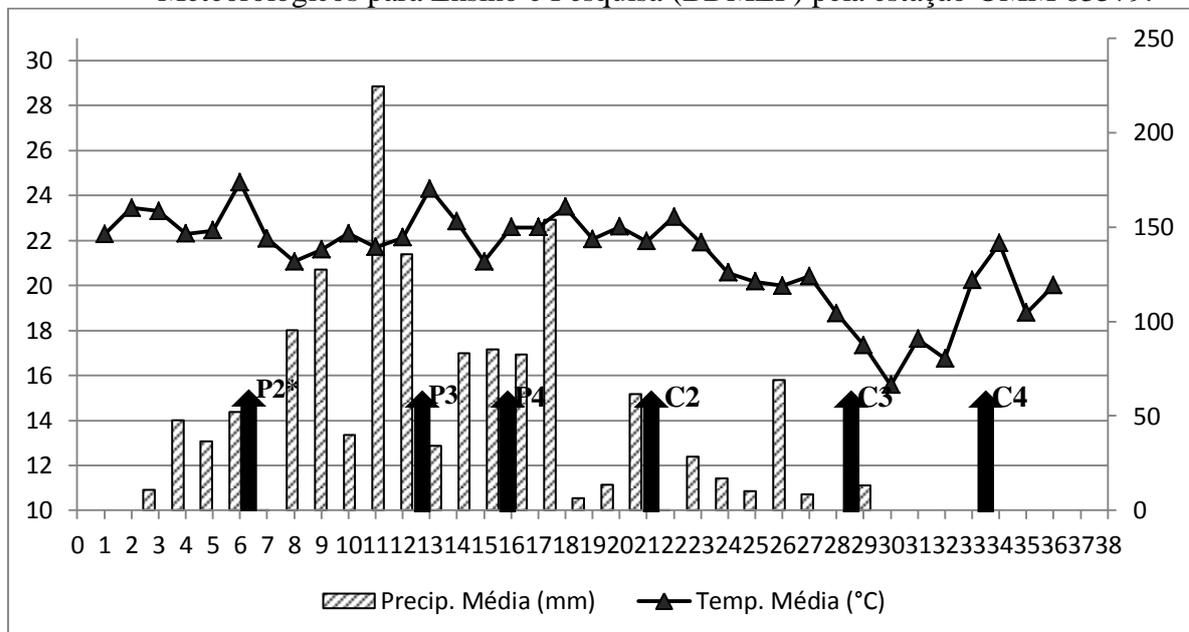
Foram coletados os dados de temperatura média e precipitação durante o período de realização do experimento, correspondente às safras 2015/16 e 2016/17, os quais estão expostos nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Figura 1 - Dados médios de precipitação e temperatura, por decênio, na microrregião de Araxá, MG, de 31/08/2015 a 01/09/2016. Dados disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) pela estação OMM 83579.



\*As setas codificadas com P1 e C1 correspondem à data de semeadura do experimento safra verão 2015/16 e data de colheita do experimento safra verão 2015/16, respectivamente.  
 Fonte: Dados da Rede Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017).

Figura 2 - Dados médios de precipitação e temperatura por decênio, na microrregião de Araxá, MG, de 31/08/2016 a 01/09/2017. Dados disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) pela estação OMM 83579.



\*As setas codificadas com P2, P3 e P4 correspondem à data de semeadura dos experimentos safra verão 2016/17, 2ª safra 2017/1 e 2ª 2017/2, respectivamente. As setas codificadas com C2, C3 e C4, correspondem à data de colheita dos experimentos safra verão 2016/17, 2ª safra 2017/1 e 2ª 2017/2, respectivamente.  
 Fonte: Dados da Rede INMET (2017).

### 3.4 Análise estatística

Inicialmente, foram realizados os testes de aditividade dos dados, normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias. Em sequência, procederam-se às análises de variância individuais para cada experimento e, posteriormente, às análises de variância conjuntas, envolvendo as quatro épocas de semeadura (análise conjunta total) e também análises conjuntas por tipo de safra, sendo uma análise conjunta envolvendo os experimentos de safra de verão (safra verão 2015/16 e safra verão 2016/17) e outra envolvendo os experimentos de safrinha (2ª safra 2017/1 e 2ª safra 2017/2).

Foi utilizado um modelo misto desbalanceado para a análise dos dados, considerando o efeito de híbridos como aleatório e o efeito de tratamentos e safras como fixo. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SAS® (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 1996), de acordo com os seguintes modelos:

- Modelo das análises individuais

$$Y_{ijk} = \mu + H_i + T_j + B_k + (HT)_{ij} + E_{ijk};$$

em que

$Y_{ijk}$  : Valor observado do híbrido  $i$ , da forma de adubação de semeadura  $j$ , do bloco  $k$ ;

$\mu$  : média geral;

$H_i$  : efeito aleatório de híbrido, para  $i = 1, 2, \dots, 33$ ;

$T_j$  : efeito fixo da forma de adubação de semeadura, para  $j = 1, 2$ ;

$B_k$  : efeito do bloco  $k$ , para  $k = 1, 2, 3$ ;

$(HT)_{ij}$  : efeito da interação entre híbrido  $i$  com forma de adubação de semeadura  $j$ ;

$E$  : efeito do erro experimental da observação referente ao efeito aleatório do híbrido  $i$ , do efeito fixo da forma de adubação de semeadura  $j$  e do bloco  $k$ .

- Modelo das análises conjuntas de safras verão e 2ª safras

$$Y_{ijkl} = \mu + H_i + T_j + A_l + B(A)_{kl} + (HT)_{ij} + (HA)_{il} + (TA)_{jl} + (HTA)_{ijl} + E_{ijkl};$$

em que

$Y_{ijk}$  : Valor observado do híbrido i, da forma de adubação de sementeira j, do ambiente do experimento l, do bloco k dentro do ambiente do experimento l;

$\mu$  : média geral;

$H_i$  : efeito aleatório de híbrido, para  $i = 1, 2, \dots, 33$ ;

$T_j$  : efeito fixo da forma de adubação de sementeira, para  $j = 1, 2$ ;

$A_l$  : efeito fixo do ambiente do experimento, para  $l = 1$  (verão) ou  $2$  (2ª safra);

$B(S)_{lk}$  : efeito do bloco k dentro do ambiente de experimento l, para  $k = 1, 2, 3$  e  $l = 1$  (verão) ou  $2$  (2ª safra);

$(HT)_{ij}$  : efeito da interação entre híbrido i com a forma de adubação de sementeira j;

$(HA)_{il}$  : efeito da interação entre híbrido i com o ambiente do experimento l;

$(TA)_{jl}$  : efeito da interação entre forma de adubação de sementeira j com o ambiente do experimento l;

$(HTA)_{ijl}$  : efeito da interação entre híbrido i, com a forma de adubação de sementeira j e com o ambiente do experimento l;

$E$  : efeito do erro experimental da observação referente ao efeito aleatório do híbrido i, do efeito fixo da forma de adubação de sementeira j, do efeito fixo do ambiente do experimento l e do bloco k dentro de ambiente do experimento l.

- Modelo da análise conjunta de todos os experimentos

$$Y_{ijkl} = \mu + H_i + T_j + S_l + B(S)_{kl} + (HT)_{ij} + (HS)_{il} + (TS)_{jl} + (HTS)_{ijl} + E_{ijkl};$$

em que

$Y_{ijk}$  : Valor observado do híbrido i, da forma de adubação de sementeira j, do experimento l, do bloco k dentro do experimento l;

$\mu$  : média geral;

$H_i$  : efeito aleatório de híbrido, para  $i = 1, 2, \dots, 33$ ;

$T_j$  : efeito fixo da forma de adubação de sementeira, para  $j = 1, 2$ ;

$S_l$  : efeito fixo do experimento, para  $l = 1$  (safra verão 2015/16), 2 (safra verão 2016/17), 3 (2ª safra 2017/1) ou 4 (2ª safra 2017/2);

$B(S)_{lk}$  : efeito do bloco  $k$  dentro do experimento  $l$ , para  $k = 1, 2, 3$  e  $l = 1, 2, 3$  ou 4;

$(HT)_{ij}$  : efeito da interação entre híbrido  $i$  com a forma de adubação de sementeira  $j$ ;

$(HA)_{il}$  : efeito da interação entre híbrido  $i$  com o experimento  $l$ ;

$(TA)_{jl}$  : efeito da interação entre forma de adubação de sementeira  $j$  com o experimento  $l$ ;

$(HTA)_{ijl}$  : efeito da interação entre híbrido  $i$ , com a forma de adubação de sementeira  $j$  e com o experimento  $l$ ;

$E$  : efeito do erro experimental da observação referente ao efeito aleatório do híbrido  $i$ , do efeito fixo da forma de adubação de sementeira  $j$ , do efeito fixo do experimento  $l$  e do bloco  $k$  dentro do experimento  $l$ .

Para as análises conjuntas desbalanceadas em relação ao número de híbridos, foi utilizado o procedimento “Mixed”, do programa SAS®, para análise de modelos mistos, a qual compensa estatisticamente a diferença entre as safras, permitindo, assim, a análise conjunta que são os métodos disponíveis no PROC MIXED do SAS (PATTERSON; THOMPSON, 1971).

Após a análise de variância, os dados médios de produtividade de grãos de milho, quando verificadas diferenças estatísticas, foram submetidos ao teste de média de Tukey, a 5% de probabilidade.

A produtividade de grãos de milho dos híbridos nas análises conjuntas dos experimentos foi obtida por meio do procedimento de estimação/predição REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada) (BASTOS et al., 2007; FARIAS NETO; RESENDE, 2001; PINTO JUNIOR, 2004; RESENDE; FERNANDES, 1999). Os BLUPs e seus respectivos erros associados à predição foram expressos na forma gráfica conhecida como “Caterpillar Plot”, representando a predição do efeito aleatório (máximo, médio e mínimo) e do erro estatístico associado à predição.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância de cada experimento realizado individualmente encontra-se no APÊNDICE A (TABELA 9; APÊNDICE A). Em relação à produtividade de grãos de milho foram observados efeitos significativos para híbridos nos experimentos safra verão 2015/16, 2ª safra 2017/1 e 2ª safra 2017/2; para a safra verão 2016/17 o efeito de híbrido não foi significativo. Os híbridos que mais se destacaram foram 2B810 PW (safra verão 2015/16) e P3898 Convencional (2ª safra 2017/1) (Tabela 10; APÊNDICE A). Por sua vez, o híbrido RB9005 PRO2 obteve desempenho abaixo do de outros híbridos, apresentando as piores médias de produtividade de grãos nos experimentos safra verão 2015/16 e 2ª safra 2017/1 (TABELA 10; APÊNDICE A).

Nos experimentos safra verão 2016/17 e 2ª safra 2017/1, a interação entre híbridos e tratamentos foi significativa e o desdobramento do desempenho produtivo dos híbridos em relação à forma de adubação de semeadura mostrou diferentes comportamentos no *ranking* de produtividade de grãos de milho (TABELAS 11 e 12; APÊNDICE A).

Em relação às formas de adubação de semeadura foram observados efeitos significativos em todos os experimentos. O tratamento de adubação de semeadura localizada (LOC) apresentou desempenho superior ao do tratamento de adubação de semeadura a lanço (LAN), em todos os quatro experimentos (TABELA 13; APÊNDICE A).

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV) variou entre os experimentos, ficando sempre abaixo de 16%, o que é considerado satisfatório (TABELA 9; APÊNDICE A) (SCAPIM; CARVALHO; CRUZ, 1995).

### 4.1 Experimentos de verão

A análise de variância conjunta dos experimentos realizados no verão (safra verão 2015/16 e safra verão 2016/17) para a produtividade de grãos de milho demonstrou efeito não significativo de híbridos (variável aleatória), ou seja, todos os híbridos tiveram desempenho produtivo semelhante. O efeito de tratamentos e safras foi significativo (TABELA 3).

Não houve efeito significativo para as interações entre híbridos e tratamentos, híbridos e safras, e também para interação tripla entre híbridos, safras e tratamentos. Foi observado efeito significativo para a interação entre tratamentos e safras (TABELA 3).

Tabela 3 - Quadro da análise conjunta dos experimentos de verão (safra verão 2015/16 e safra verão 2016/17), envolvendo duas formas de adubação de semeadura (tratamentos LOC e LAN) para produtividade de grãos de milho, em Serra do Salitre, MG, nos anos de 2015 a 2017.

Fonte de variação (FV)	Componente da variância (CpV)	Valor Z	P valor Z
Híbrido (H)	60320	0,33	0,3711 <sup>NS</sup>
H x Tratamento (T)	211417	0,98	0,1630 <sup>NS</sup>
H x Safra (S)	282249	1,41	0,0794 <sup>NS</sup>
H x T x S	72836	0,36	0,3606 <sup>NS</sup>
FV	Graus de liberdade	Valor F	P valor F
T	1	91,08	0,0001*
S	1	105,6	0,0001*
T x S	1	19,01	0,0002*
Bloco(S)	4	42,6	0,0001*
Resíduo	108	CpV: 1092989	
Total	215		

CV = 9,70%

Os valores seguidos de \* apresentaram diferença estatística significativa no teste de verossimilhança (teste Z) ou no teste F, a 5% de significância. Os valores seguidos de <sup>NS</sup> não apresentaram diferença estatística significativa em relação ao mesmo nível de significância dos testes.

Fonte: Do autor (2017).

O efeito não significativo de híbridos pode ser entendido pelo alto desempenho *per se* de todos os híbridos, devido às ótimas condições climáticas durante a condução dos experimentos realizados nas safras de verão. O resultado também concorda com o obtido no trabalho de Model e Anghinoni (1992), no qual não houve efeito significativo para a produtividade de grãos entre cultivares de milho e diferentes modos de aplicação de adubos fosfatados e tipos de preparo de solo.

Pavinato e Ceretta (2004) obtiveram, em um Latossolo Vermelho distroférrico típico da região de Coronel Bicaco, RS, com teores de P muito altos, até 20 cm de profundidade, resultados semelhantes. Os autores relataram que os altos teores de P, aliados à adequada distribuição de chuvas durante o ciclo do milho, que favorecem o processo de difusão, podem ter contribuído para a obtenção dos resultados encontrados.

O desdobramento da interação entre tratamentos e safras mostrou o predomínio de maior produtividade de grãos pela adubação de semeadura feita de forma localizada, em relação à adubação de semeadura a lanço. Na comparação entre as médias dos tratamentos entre os experimentos de verão, o desempenho médio produtivo dos híbridos, quando cultivados com a adubação de semeadura realizada no sulco, foi maior do que quando cultivados utilizando-se a adubação de semeadura feita a lanço.

Porém, a adubação de sementeira a lanço da safra verão 2015/16 atingiu média de produtividade de grãos superior à média da utilização da adubação de sementeira realizada da safra verão 2016/17. Para ambas as formas de adubação os melhores desempenhos aconteceram na safra verão 2015/16 (TABELA 4).

Tabela 4 - Comparação do desdobramento da interação entre a produtividade média de grãos de milho de duas formas de adubação de sementeira, localizada (LOC) e a lanço (LAN), em relação aos experimentos realizados nas safras de verão, em Serra do Salitre, MG, de 2015 a 2017.

<b>Experimento</b>	<b>LOC</b>	<b>LAN</b>	<b>Médias</b>
Safra verão 2015/16	14610 a	11179 b	12895 A
Safra verão 2016/17	10825 a	9769 b	10293 B
<b>Médias</b>	12718	10474	

Médias seguidas de mesma letra (maiúsculas) nas colunas e (minúsculas) nas linhas não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017).

As maiores médias de produtividade de grãos nos experimentos realizados no verão pela adubação de sementeira localizada concordam com resultados obtidos por Prado, Fernandes e Roque (2001). Estes autores realizaram um trabalho em Uberaba, MG, utilizando um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico com 66% de argila e 5 mg dm<sup>-3</sup> de P (em Mehlich<sup>1</sup>), na camada 0-20 cm e obtiveram maiores produtividades de grãos de milho quando o adubo fosfatado foi aplicado de forma localizada, em sulco duplo e sulco simples, tendo esses modos de aplicação sido superiores à aplicação a lanço.

Barbosa et al. (2015), em um trabalho realizado em Jataí, GO, utilizando um Latossolo Vermelho-Amarelo, com 40% de argila, também obtiveram maior produtividade de grãos de soja com a adubação fosfatada toda no sulco de sementeira em relação à adubação fosfatada feita a lanço.

No entanto, Barreto e Fernandes (2002), no Tabuleiro Costeiro de Sergipe, em um Argissolo Amarelo com teor inicial de 1 mg dm<sup>-3</sup> de P (Mehlich-1) na camada de 0-20 cm e alto teores de areia, comparados com a maioria dos solos de cerrado, encontraram maiores produtividades de milho com aplicação do P a lanço, em comparação com a aplicação no sulco (4.260 kg ha<sup>-1</sup> de milho com a adubação de sementeira a lanço e de 3.620 kg ha<sup>-1</sup> com a adubação no sulco). É importante relatar que o solo utilizado nesse trabalho apresentava baixos teores de argila e óxidos de ferro e de alumínio no horizonte A. Além disso, deve ser ressaltado que as produtividades obtidas no trabalho são extremamente baixas.

Nunes et al. (2011), em um experimento realizado em Planaltina, DF, em um Latossolo Vermelho distrófico muito argiloso (64 % de argila), após 14 anos de cultivo de soja em sucessão de milho, utilizando duas formas de aplicação de diferentes fontes fosfatas, concluíram não haver diferença significativa para modos de aplicação de P na produtividade de grãos de soja.

#### 4.2 Experimentos de segunda safra

A análise conjunta dos experimentos realizados na época conhecida como “safrinha”, ou segunda safra (2ª safra 2017/1 e 2ª safra 2017/2), para a produtividade de grãos, demonstrou que o efeito aleatório de híbridos não foi significativo, assim como ocorreu na análise conjunta envolvendo os experimentos de verão. A mesma análise mostrou significância para formas de adubação e safras (TABELA 5).

Houve interação significativa somente entre híbridos e safras e, diferentemente da análise conjunta dos experimentos de verão, a interação entre formas de adubação e safras foi não significativa para a produtividade de grãos (TABELA 5).

Tabela 5 - Quadro da análise conjunta dos experimentos de 2ª safra (2ª safra 2017/1 e 2ª safra 2017/2) envolvendo duas formas de adubação de semeadura (LOC e LAN) para produtividade de grãos de milho, em Serra do Salitre, MG, 2017.

<b>Variância aleatória</b>	<b>Componente da variância (CpV)</b>	<b>Valor Z</b>	<b>P valor Z</b>
<b>Híbrido (H)</b>	284996	1,07	0,1429 <sup>NS</sup>
<b>H x Tratamento (T)</b>	91555	1,04	0,1486 <sup>NS</sup>
<b>H x Safra (S)</b>	519539	2,00	0,0229*
<b>H x T x S</b>	(zero)	(zero)	NS
<b>Variância fixa</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>Valor F</b>	<b>P valor F</b>
<b>T</b>	1	93,38	0,0001*
<b>S</b>	1	14,93	0,0038*
<b>T x S</b>	1	2,20	0,3716 <sup>NS</sup>
<b>Bloco(S)</b>	4	0,88	0,0721 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	108	<b>CpV:</b> 873496	
<b>Total</b>	215		

**CV = 11,62%**

Os valores seguidos de \* apresentaram diferença estatística significativa no teste de verossimilhança (teste Z) ou no teste F, a 5% de significância. Os valores seguidos de <sup>NS</sup> não apresentaram diferença estatística em relação ao mesmo nível de significância dos testes. O valor (zero) apresentado na interação tripla (H x T x S) foi desconsiderado pelo programa SAS®.

Fonte: Do autor (2017).

Diferentemente dos experimentos realizados na safra de verão, o efeito não significativo de híbridos e da interação entre tratamentos e safras pode estar relacionado ao baixo desempenho *per se* de todos os híbridos. Além disso, as condições climáticas menos favoráveis para o desempenho dos híbridos, com menores índices de pluviosidade, podem ter provocado diminuição da absorção de nutrientes, da taxa fotossintética e do desenvolvimento de plantas. Borges e Mallarino (2000) obtiveram resultado semelhante na resposta de milho e soja a formas de adubação fosfatada e potássica, e não encontraram grandes respostas dos tratamentos em função da baixa umidade do solo.

O resultado também concorda com o trabalho de Barbosa et al. (2015) e Model e Anghinoni (1992), que obtiveram resultados similares trabalhando com resposta de milho safrinha a formas de aplicação de adubos fosfatados e tipos de preparo de solo. Estes autores também não observaram diferenças no rendimento do milho de 2ª safra a formas de aplicação de P.

A interação significativa entre híbridos e safras em relação à produtividade de grãos demonstra um comportamento diferente no desempenho dos híbridos em relação à época de semeadura na 2ª safra. A antecipação da semeadura do experimento 2ª safra 2017/1 pode ter proporcionado melhores condições climáticas para o desenvolvimento e a produtividade de grãos de milho, como relatado nos trabalhos de Aguiar et al. (2008), Brunini (1997), Duarte e Paterniani (1999) e Tsunehiro et al. (2006).

Para as formas de adubação de semeadura, a análise de variância conjunta de 2ª safra mostrou que a produtividade média de grãos das plantas que receberam P no sulco de semeadura foi superior ( $8.933 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), comparada com aquelas nas quais foi realizada a adubação a lanço ( $8.329 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Novamente, o tratamento que recebeu adubação de semeadura localizada obteve melhores médias em relação à produtividade dos híbridos. Portanto, mesmo com as condições climáticas menos favoráveis do que na época de verão, mostrou-se também mais eficaz, quando comparado ao da adubação de semeadura feita a lanço. Na segunda safra era também esperado um maior efeito da aplicação de P de forma localizada em relação a aplicação lanço, isso porque o fósforo é transportado da solução do solo para as raízes por difusão, que é altamente dependente da umidade do solo. Quando a adubação de semeadura é realizada a lanço, sobretudo em épocas nas quais a presença de “veranicos” (períodos de baixíssima ou

nenhuma precipitação) é mais frequente, como ocorre na safrinha, tendo menor umidade nas camadas mais superficiais do solo, o processo de difusão é dificultado.

Resultados obtidos por Anghinoni e Barber (1980) e Klepker e Anghinoni (1993) concordam com os deste trabalho. Estes relataram um aumento da absorção de P pelas plantas de milho, em consequência da utilização da aplicação do adubo fosfatado no sulco de semeadura, incorporado com um volume maior de solo. Com o P localizado, houve relatos de um maior comprimento de raízes das plantas de milho que, em contato com o adubo fosfatado, apresentaram melhores médias de produtividade de grãos.

Barbosa et al. (2015), em trabalho realizado com condições climáticas semelhantes às do presente trabalho (tropical chuvoso, com chuvas distribuídas de outubro a março), com o cultivo do milho segunda safra e sua resposta a formas de adubação fosfatada de semeadura, a lanço e localizado no sulco, relataram não haver diferença estatística significativa entre os métodos de adubação para produtividade de grãos de milho.

Porém, Barreto e Fernandes (2002) e Sá, Briedis e Ferreira (2013) relataram que as melhores produtividades de grãos de milho foram obtidas por adubação de semeadura feita a lanço, resultado diferente do obtido neste trabalho.

Também é válido destacar o ótimo desempenho geral dos híbridos, que foi maior do que os obtidos por de Garcia et al. (2012) e Mello et al. (2000), mostrando a boa condução do trabalho e o alto rendimento dos sistemas de manejo.

#### **4.3 Análise conjunta envolvendo todos os experimentos**

A análise conjunta envolvendo todos os experimentos para produtividade de grãos mostrou diferença significativa em relação a efeito de híbridos, formas de adubação e safras. Houve também interação significativa entre híbridos e safras, e também entre formas de adubação e safras. A interação entre híbridos e formas de adubação de semeadura foi não significativa (TABELA 6).

Tabela 6 - Quadro da análise conjunta de todos os experimentos (safra verão 2015/16, safra verão 2016/17, 2ª safra 2017/1 e 2ª2017/2) envolvendo duas formas de adubação de semeadura (tratamentos LOC e LAN) para produtividade de grãos de milho, em Serra do Salitre, MG, 2017.

<b>Variância aleatória</b>	<b>Componente da variância (CpV)</b>	<b>Valor Z</b>	<b>P valor Z</b>
<b>Híbrido (H)</b>	135120	7422,10	0,0339*
<b>H x Tratamento (T)</b>	71501	7417,70	0,7518 <sup>NS</sup>
<b>H x Safra (S)</b>	137138	7427,30	0,0018*
<b>H x T x S</b>	107530	7420,70	0,0783 <sup>NS</sup>
<b>Variância fixa</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>Valor F</b>	<b>P valor F</b>
<b>T</b>	1	126,73	0,0001*
<b>S</b>	3	11,39	0,0001*
<b>T x S</b>	3	124,99	0,0001*
<b>Bloco(S)</b>	8	24,40	0,0001*
<b>Resíduo</b>	178	<b>CpV: 996947</b>	
<b>Total</b>	449		

**CV = 10,18 %**

Os valores seguidos de \* apresentaram diferença estatística significativa no teste de verossimilhança (teste Z) ou no teste F, a 5% de significância. Os valores seguidos de NS não apresentaram diferença estatística significativa em relação ao mesmo nível de significância dos testes.

Fonte: Do autor (2017).

O resultado foi semelhante ao obtido por Bertolini (2008), em um trabalho de antecipação da adubação de semeadura do milho, aplicada de diferentes formas, a lanço ou localizada no sulco de semeadura, encontrando significância estatística para o efeito de híbridos. Porém, os autores relataram que este efeito deve-se apenas às divergências genóticas entre os híbridos do seu trabalho, com uso de híbridos simples, duplos e triplos. O mesmo autor também relatou não haver diferença estatística significativa para a interação entre híbridos e a aplicação da adubação de semeadura.

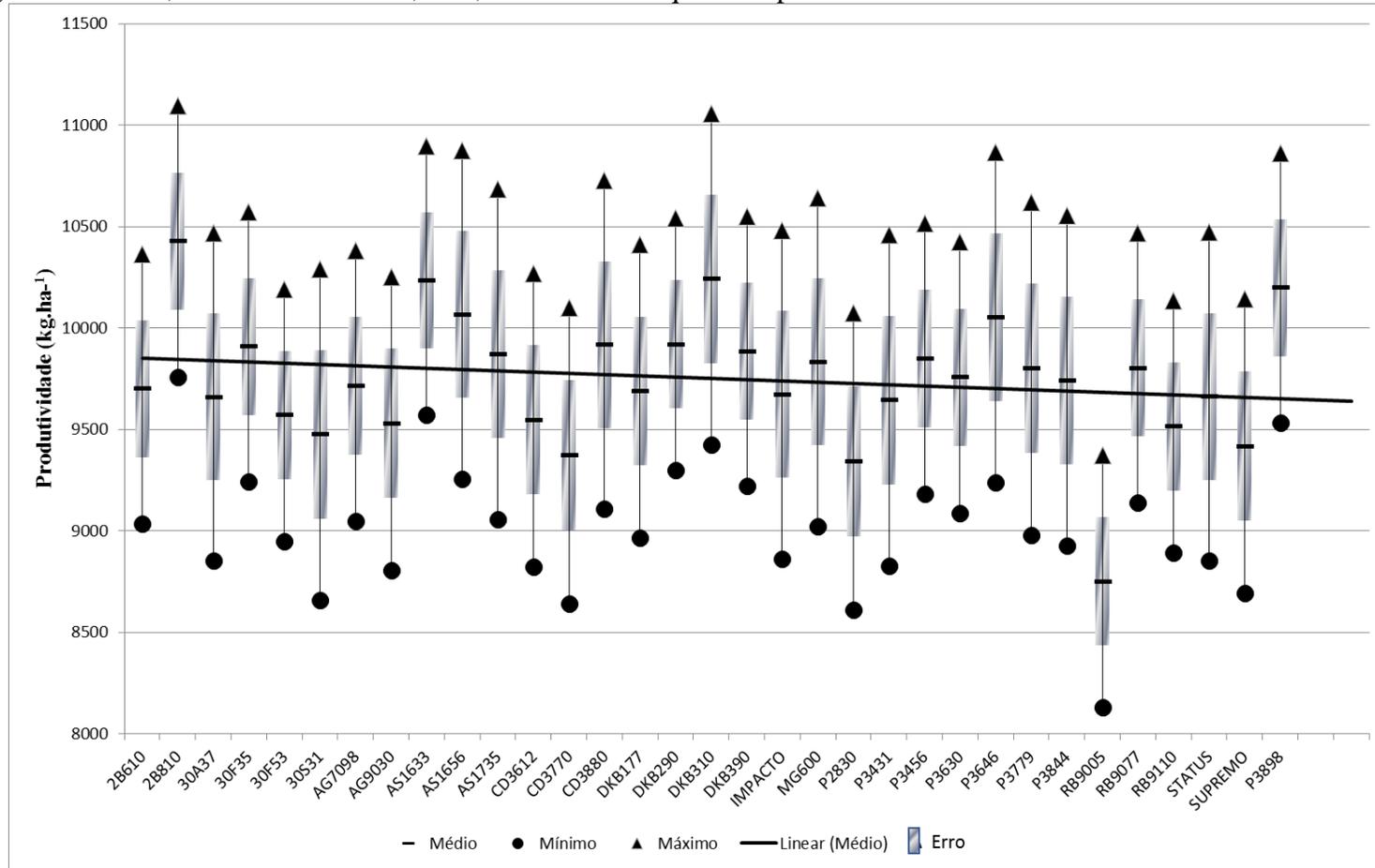
A predição dos BLUPs do efeito genético aleatório de híbridos para produtividade de grãos mostrou que os híbridos que mais se destacaram nos quatro experimentos foram 2B810 PW, AS1633 PRO3, DKB310 PRO3 e P3898 Convencional, com a estimativa de produtividade próxima dos 11.000 kg.ha<sup>-1</sup>. O híbrido RB9005 PRO2 teve desempenho abaixo dos demais, ficando com uma estimativa de produtividade baixa, próxima de 8.000 kg.ha<sup>-1</sup> (TABELA 7). Os erros estatísticos associados à predição dos BLUPs ( $\alpha < 0,05$ ) do efeito aleatório de híbridos são apresentados na Figura 3.

Tabela 7 - Tabela dos BLUPs preditos de produtividade de grãos de milho para híbridos simples, em Serra do Salitre, MG, cultivados em quatro experimentos nos anos de 2015 a 2017.

Híbridos	Predição do efeito híbrido para produtividade de grãos de milho (kg.ha <sup>-1</sup> )		
	Médio	Mínimo	Máximo
<b>2B610</b>	10087	9404	10732
<b>2B810</b>	10089	10127	11462
<b>30A37</b>	10161	9218	10837
<b>30F35</b>	10087	9611	10939
<b>30F53</b>	10066	9317	10559
<b>30S31</b>	10164	9027	10656
<b>AG7098</b>	10089	9415	10750
<b>AG9030</b>	10118	9174	10620
<b>AS1633</b>	10087	9937	11265
<b>AS1656</b>	10161	9623	11242
<b>AS1735</b>	10164	9422	11051
<b>CD3612</b>	10118	9191	10638
<b>CD3770</b>	10120	9009	10466
<b>CD3880</b>	10161	9476	11095
<b>DKB177</b>	10118	9333	10779
<b>DKB290</b>	10066	9666	10907
<b>DKB310</b>	10164	9794	11423
<b>DKB390</b>	10087	9589	10917
<b>IMPACTO</b>	10161	9230	10849
<b>MG600</b>	10161	9391	11010
<b>P2830</b>	10121	8980	10441
<b>P3431</b>	10164	9196	10825
<b>P3456</b>	10089	9549	10884
<b>P3630</b>	10089	9456	10791
<b>P3646</b>	10164	9604	11233
<b>P3779</b>	10167	9348	10989
<b>P3844</b>	10164	9292	10922
<b>P3898</b>	10087	9901	11229
<b>RB9005</b>	10066	8498	9739
<b>RB9077</b>	10088	9504	10835
<b>RB9110</b>	10066	9261	10502
<b>STATUS</b>	10161	9219	10838
<b>SUPREMO</b>	10119	9059	10510

Fonte: Do autor (2017).

Figura 3 - Gráfico dos BLUPs preditos e dos respectivos erros da predição ( $\alpha < 0,05$ ) em relação ao efeito aleatório de híbridos para produtividade de grãos de milho, em Serra do Salitre, MG, cultivados em quatro experimentos nos anos de 2015 a 2017.



Fonte: Do autor (2017).

O desdobramento da interação entre as formas de adubação de semeadura e as safras evidenciou o melhor desempenho, em relação à produtividade de grãos, da adubação de semeadura feita a lanço ou localizada, no experimento safra verão 2015/16, para ambas as formas de adubação, e o pior desempenho no experimento 2ª safra 2017/2 (TABELA 8).

Tabela 8 - Comparação das médias de produtividade de grãos de milho do desdobramento da interação entre duas formas de adubação de semeadura, localizada (LOC) e a lanço (LAN), em relação a quatro experimentos realizados nas safras de verão e 2ª safra, em Serra do Salitre, MG, de 2015 a 2017.

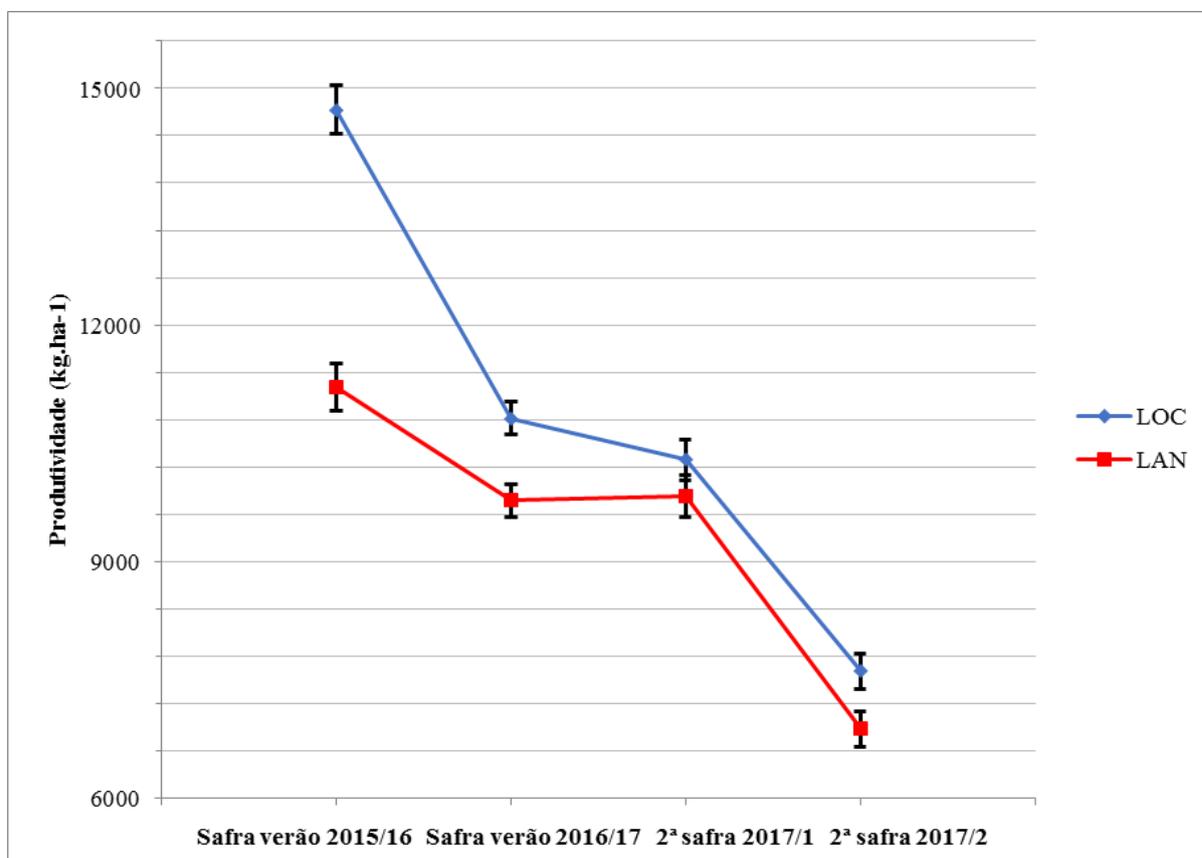
<b>Experimento</b>	<b>LOC</b>	<b>LAN</b>	<b>Médias</b>
Safra verão 2015/16	14731 a	11209 b	12970 A
Safra verão 2016/17	10814 a	9771 b	10293 B
2ª safra 2017/1	10289 a	9827 b	10058 B
2ª safra 2017/2	7607 a	6876 b	7242 C
<b>Médias</b>	10860 a	9421 b	

Médias seguidas de mesma letra (maiúsculas) nas linhas e (minúsculas) nas colunas não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017).

O comportamento das produtividades médias das formas de adubação de semeadura ao longo das safras também mostra uma diminuição na diferença de superioridade da adubação feita de maneira localizada em relação à produtividade das plantas que receberam a adubação de semeadura feita a lanço, justificando o efeito da interação significativa entre as formas de adubação e os experimentos (FIGURA 4).

Figura 4 - Comportamento da média de produtividade de grãos de milho e desvio padrão das formas de adubação de semeadura, realizadas de maneira localizada no sulco (LOC) e a lanço (LAN), ao longo dos quatro experimentos, realizados em Serra do Salitre, MG, de 2015 a 2017.



Fonte: Do autor (2017).

Comparando-se as médias das formas de adubação de semeadura realizadas, pode-se inferir que a adubação realizada no sulco de semeadura proporcionou, novamente, uma produtividade média superior, em relação à realizada a lanço. O resultado da análise conjunta de todos os experimentos reforça os resultados encontrados anteriormente nas análises dos experimentos de verão e de 2ª safras.

A maioria dos trabalhos nos quais se comparou a produtividade de grãos de diversas culturas em relação ao método de adubação de semeadura demonstrou não haver diferença significativa entre as médias de produtividade de grãos entre os tratamentos avaliados (BARBOSA et al., 2015; BERTOLINI, 2008; BERTOLINI; GAMERO, 2010; BIESDORF et al., 2016; LANA et al., 2003; NUNES et al., 2011). Estes trabalhos têm em comum as características de solo com fertilidade construída, índices do nutriente P considerados de médios a altos e a inexistência de restrições hídricas durante a condução dos mesmos.

Porém, Prado, Fernandes e Roque (2001), que realizaram um trabalho em Uberaba (MG), utilizando um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico com 66% de argila e  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  de P (em Mehlich<sup>-1</sup>), na camada 0-20 cm, encontraram maiores produtividades de grãos de milho quando o adubo fosfatado foi aplicado de forma localizada, em comparação com a aplicação de fósforo feita a lanço. Barbosa et al. (2015) relataram também a diferença entre a produtividade de grãos de soja em relação aos tratamentos adotados no presente trabalho e também com o manejo de semeadura localizado obtendo o maior índice de produtividade.

Quanto à interação entre as formas de adubação e as safras, o efeito significativo, novamente, pode estar associado às diferenças climáticas entre os anos, principalmente aos efeitos que a maior ou menor pluviosidade nos experimentos proporcionam, em relação à forma de adubação de semeadura.

Com maiores índices de pluviosidade e, conseqüentemente, maior umidade do solo, pode ocorrer tanto um aumento na absorção de nutrientes, quanto uma maior perda de nutrientes por lixiviação, principalmente de nitrogênio e potássio, devido às diferenças entre as formas como a adubação de semeadura é realizada (ROSOLEM et al., 2006).

## **5 CONCLUSÃO**

A adubação de semeadura feita de forma localizada no sulco de semeadura proporciona maior produtividade de grãos do que a adubação de semeadura feita a lanço, independentemente da época de semeadura e da safra.

Não houve interação entre híbridos e as formas de adubação de semeadura, demonstrando comportamento semelhante para a produtividade média de grãos dos híbridos, independente da forma como a adubação de semeadura é realizada.

Considerando todos os experimentos conduzidos, os híbridos que tiveram as maiores médias de produtividade de grãos foram o 2B810 PW, o AS1633 PRO3, o DKB 310 PRO3 e o P3898 Convencional.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. A. et al. Análise econômica de diferentes práticas culturais na cultura do milho (*Zeamays L.*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, p. 241-248, 2008.
- AMOUN, D. L.; STOUT, P. R. The essentialy of certain elements in minute of quantity for plants with special relevance to cooper. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 14, p. 371-375, 1939.
- ANGHINONI, I.; BARBER, S. A. Phosphorus application rate and distribution in the soil and phosphorus uptake by corn. **Soil Science Society of America Journal**, Fayetteville, v. 44, p. 1041-1044, 1980.
- ANUÁRIO da agricultura brasileira: milho. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2017. 480 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE MILHO. **A dimensão do milho no mundo**. 2010. Disponível em: <<http://www.abramilho.org.br/noticias.php?cod=975>>. Acesso em: 19 out. 2017.
- BARBOSA, N. C. et al. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 1, p. 87-95, 2015.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Produtividade e absorção de fósforo por plantas de milho em função de doses e modos de aplicação de adubo fosfatado em solo de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 151-156, 2002.
- BASTOS, I. T. et al. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 4, p. 195-203, 2007.
- BERTOLINI, E. V. Antecipação da adubação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 2355-2366, dez. 2008.
- BERTOLINI, E. V.; GAMERO, C. A. Demanda energética e produtividade da cultura do milho com adubação de pré-semeadura em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, p. 1-23, 2010.
- BEVILAQUA, G. A. P. et al. Posição do fósforo e potássio na adubação da semente e no crescimento de plântulas de milho. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v. 2, p. 87-92, 1996.
- BIESDORF, E. M. et al. Métodos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em solo de cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 1, p. 44-50, 2016.
- BORDOLI, J. M.; MALLARINO, A. P. Deep and shallow banding of phosphorus and potassium as alternatives to broadcast fertilization for no-till corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, p. 27-33, 1988.

BORGES, I. B.; LANA, R. M. Q.; BORGES, E. N. Interação entre atributos químicos e físicos em solos de cerrado cultivados com cafeicultura no Alto Paranaíba, MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFEEIROS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA Café, 2001. p. 2555-2560.

BORGES, R.; MALLARINO, A. P. Grain yield, early growth, and nutrient uptake of no-till soybean as affected by phosphorus and potassium placement. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 380-388, 2000.

BRUNINI, O. Probabilidade de cultivo do milho safrinha no Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 4., 1997, Assis. **Resumos...** Campinas: IAC/Centro de Desenvolvimento Agropecuário do Médio Vale do Paranapanema, 1997. p. 37-53.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 63-145.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 122, p. 12-14, 2008.

CASTRO, G. F. de et al. Adubação fosfatada a lanço em culturas anuais sob sistema de semeadura direta. **Revista Agrogeoambiental**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, dez. 2016. Disponível em:

<<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/824>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J. C. et al. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2008. cap. 6, p. 131-157.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento de milho no Brasil: chegamos ao máximo. In: SIMPÓSIO DE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Ed. ESALQ, 2002. 1 CD-ROM.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Décimo segundo levantamento**: v. 4, safra 2016/17, n. 12, setembro 2017. Disponível em:

<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_09\\_12\\_10\\_14\\_36\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2017](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_setembro_2017)>. Acesso em: 10 dez. 2017.

COSTA, J. P. V. et al. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 828-835, 2006.

COSTA, N. R. et al. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 9, p. 1038-1047, set. 2012.

CRUZ, J. C. et al. **Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2010. 15 p. (EMBRAPA Milho e Sorgo. Circular Técnica, 124).

DUARTE, A. P.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. (Coord.). **Cultivares de milho no Estado de São Paulo**: resultados das avaliações regionais IAC/CATI/EMPRESAS - 1998/99. Campinas: Instituto Agronômico, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Solos. Embrapa Informática Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 370 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: Ed. UFLA, 2001. 182 p.

FARIAS NETO, J. T. de; RESENDE, M. D. V. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 23, n. 2, p. 320-324, ago. 2001.

FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. Ammonia volatilization in no-till system in the south-central region of the State of Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 1677-1684, 2015.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: Ed. ESAL/FAEPE, 2010. 252 p.

GARCIA, C. M. de P. et al. Análise econômica da produtividade de grãos de milho consorciado com forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 2, p. 157-163, 2012.

GUARESCHI, R. F. et al. Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lanço antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 769-774, out./dez. 2008.

HALVIN, J. L. et al. **Soil fertility and fertilizes**. 7<sup>th</sup> ed. New York: MacMilliam, 2005. 500 p.

HANWAY, J. J. Corn growth and composition in relation to soil fertility: II., uptake nitrogenous, phosphorus and potassium about their absorption of plants and distribution in soil during growth season. **Agronomy Journal**, Madison, v. 54, p. 217-222, 1962.

HORN, D. et al. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 77-85, 2006.

HOWARD, D. D.; ESSINGTON, M. E.; LOGAN, J. Long-term broadcast and banded phosphorus fertilization of corn produced using two tillage systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, p. 51-56, 2002.

INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS. **INFSET milho 2017**. Disponível em: <[https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_milho.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_milho.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Rede de estações climatológicas**. São José dos Campos, 2017.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Phosphate uptake and corn root distribution as affected by fertilizer placement and soil tillage. **Agronomy Trends in Agriculture Science**, San Diego, v. 1, p. 111-115, 1993.

LACERDA, M. C. et al. Broadcast fertilizer rate impacts common bean grain yield in a no-tillage system. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 10, p. 1773-1779, 2015.

LANA, R. M. Q. et al. Adubação superficial com fósforo e potássio para soja. **Scientia Agrária**, Piracicaba, v. 4, n. 1/2, p. 53-60, 2003.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

MELLO, N. T. C. de et al. Estimativa de custo de produção e de desempenho econômico para os principais grãos e mandioca: Estado de São Paulo: safra agrícola 1999/2000. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 30, n. 7, p. 57-68, jul. 2000.

MIELNCZUK, L. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e Fosfato, 2005. p. 165-178.

MODEL, N. S.; ANGHINONI, I. Respostas do milho a modos e técnicas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 16, p. 55-59, 1992.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1999. 300 p.

NUNES, R. S. **Eficiência de uso do fósforo em sistemas de manejo do solo e adubação fosfatada por um longo período**. 2014. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

NUNES, R. S. et al. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 877-888, 2011.

NUNES, W. C. **Viabilidade técnica e econômica da adubação a lanço antecipada e na linha de semeadura do feijoeiro em diferentes sistemas de cultivo**. 2014. 51 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

OLIVEIRA, F. A. et al. Doses e métodos de aplicação de potássio na soja em solos do cerrado da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 11, p. 1485-1495, nov. 1992.

PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when blocks sizes are unequal. **Biometrika**, London, v. 58, p. 545-554, 1971.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A. Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. **Ciências Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1779-1784, nov./dez. 2004.

PINHO, R. G. von et al. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, p. 157-173, 2009.

PINTO JÚNIOR, J. E. **REML / BLUP para a análise de múltiplos experimentos, no melhoramento genético de eucalyptus grandis w. hill ex maiden**. 2004. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 83-90, 2001.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Antecipação da aplicação de nitrogênio em milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pesquisa em andamento**. Brasília, DF, 1999. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_pa01.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_pa01.htm)>. Acesso em: 1 fev. 2016.

RESENDE, A. V. de et al. **Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2012. (Circular Técnica, 181).

RESENDE, A. V. de et al. Resposta do milho a fontes e modos de aplicação de fósforo durante três cultivos sucessivos em solo da região do Cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 458-466, maio/jun. 2006.

RESENDE, A. V. de et al. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 156, p. 1-19, dez. 2016.

RESENDE, M. D. V. de; FERNANDES, J. S. C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 17, p. 89-107, 1999.

ROSOLEM, C. A. et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milheto e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 6, p. 1033-1040, jun. 2006.

ROSSETO, R.; DIAS, F. L.; VITTI, C. F. Fertilidade do solo e adubação. In: DINARCO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. de A. (Ed.). **Cana-de-Açúcar**. Campinas: IAC, 2008. p. 221-237.

SÁ, J. C. D. M.; BRIEDIS, C.; FERREIRA, A. D. O. No-till corn performance in response to P and fertilization modes. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 1, p. 96-101, 2013.

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P. de; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 5, p. 683-686, maio 1995.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. **A cluster analysis method for group means in the analysis of variance**. Raleigh: Biometric, 1974.

SILVA, A. R. et al. Modelagem da capacidade de suporte de carga e quantificação dos efeitos das operações mecanizadas em um Latossolo Amarelo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 207-216, 2006.

SILVA, G. N. da. **Sistemas de manejo e uso do solo sobre as frações e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo sob cerrado**. Lavras: Ed. UFLA, 2016.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 157-200.

SOUSA, D. M. G. de; VOLKWEISS, S. J. Reações de superfosfato triplo em grânulos com solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 11, p. 133-140, 1987.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **Advanced general linear models with na emphasis on mixed models**. Cary, 1996. 614 p.

TSUNECHIRO, A. et al. **Análise técnica e econômica de sistemas de produção de milho safrinha, região do Médio Paranapanema, Estado de São Paulo**. 2006. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_3/Safrinha/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/Safrinha/index.htm)>. Acesso em: 5 jan. 2017.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Global agricultural information network**. Disponível em: <[http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2015/12/boletim\\_milho\\_julho\\_2017.pdf](http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2015/12/boletim_milho_julho_2017.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2017.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

Tabela 9 - Resumo das análises de variância individuais, por experimento, para produtividade de grãos de milho, em Serra do Salitre, MG, realizados do ano de 2015 a 2017.

FV	Safrã verãõ 2015/16				Safrã verãõ 2016/17			
	GL	QM	Fc	Pr	GL	QM	Fc	Pr
<b>H</b>	10	10578096,9696	8,67	0,001*	23	1627432,4803	1,51	0,080 <sup>NS</sup>
<b>T</b>	1	205005187,8787	168,10	0,001*	1	39821356,9290	36,96	0,001*
<b>H x T</b>	10	1796467,8787	1,47	0,184 <sup>NS</sup>	23	2082861,4715	23,24	0,012*
<b>Bloco</b>	2	14610781,8181	11,48	0,001*	2	25066489,3030	1,93	0,001*
<b>Erro</b>	42	1219505,6277			118	1078438,4701		
<b>Total</b>	65	SQ = 409191636,3636			167	SQ = 302546835,9047		
		CV = 8,56 %				CV = 10,12 %		
FV	2ª safrã 2017/1				2ª safrã 2017/2			
	GL	QM	Fc	Pr	GL	QM	Fc	Pr
<b>H</b>	14	9040861,4420	55,91	0,001*	20	302546835,9047	2,83	0,005*
<b>T</b>	1	5026199,7514	31,08	0,001*	1	16706146,03174	11,84	0,010*
<b>H x T</b>	14	3530913,8926	21,83	0,001*	20	1062757,9984	0,75	0,760 <sup>NS</sup>
<b>Bloco</b>	2	1071293,3278	6,62	0,001*	2	311621,4523	0,22	0,800 <sup>NS</sup>
<b>Erro</b>	58	161718,2873			82	1411562,8426		
<b>Total</b>	89	SQ = 163037854,9812			125	SQ = 234327586,8571		
		CV = 4,00 %				CV = 16,50 %		

Os valores seguidos de \* apresentaram diferença estatística significativa no teste de F, a 5% de significância. Os valores seguidos de NS não apresentaram diferença estatística significativa em relação ao mesmo nível de significância do teste.

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 10 - Comparação entre as produtividades médias de grãos de milho de híbridos, em relação aos efeitos de duas formas de adubação de semeadura, de quatro experimentos, em Serra do Salitre, MG, 2017.

Híbrido	Médias			
	Safra verão 2015/16	Safra verão 2016/17	2ª Safra 2017/1	2ª Safra 2017/2
<b>2B610</b>	N	10833 A	9779 E	6700 B
<b>2B810</b>	15397 A	11153 A	10544 C	N
<b>30A37</b>	N	9965 A	N	
<b>30F35</b>	N	9763 A	10957 C	7703 A
<b>30F53</b>	13010 B	10001 A	8769 G	7545 A
<b>30S31</b>	N	N	N	6267 B
<b>AG7098</b>	12697 B	9873 A	10509 C	N
<b>AG9030</b>	N	9372 A	N	7116 B
<b>AS1633</b>	N	10814 A	11809 B	7664 A
<b>AS1656</b>	N	11333 A	N	N
<b>AS1735</b>	N	N	N	7661 A
<b>CD3612</b>	N	9939 A	N	6665 B
<b>CD3770</b>	N	N	9236 F	6327 B
<b>CD3880</b>	N	10852 A	N	N
<b>DKB177</b>	N	10401 A	N	6765 B
<b>DKB290</b>	13597 B	10414 A	10041 D	7547 A
<b>DKB310</b>	N	N	N	8974 A
<b>DKB390</b>	N	10437 A	10079 D	7805 A
<b>IMPACTO</b>	N	10015 A	N	N
<b>MG 600</b>	N	10565 A	N	N
<b>P2830</b>	12107 B	N	N	6243 B
<b>P3431</b>	N	N	N	6864 B
<b>P3456</b>	12757 B	10549 A	10539 C	N
<b>P3630</b>	13850 B	10145 A	9279 F	N
<b>P3646</b>	N	N	N	8303 A
<b>P3779</b>	13150 B	N	N	N
<b>P3844</b>	N	N	N	7204 A
<b>P3898</b>	N	9689 A	12296 A	8094 A
<b>RB9005</b>	98733 C	10047 A	7551 H	6367 B
<b>RB9077</b>	12747 B	10241 A	N	7802 A
<b>RB9110</b>	12657 B	9921 A	10722 C	5641 B
<b>SUPREMO</b>	N	10032 A	8719 G	N
<b>STATUS</b>	N	9931 A	N	N

Os valores seguidos de mesma letra (maiúsculas) nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 11 - Comparação das médias de produtividade de grãos de milho dos híbridos em relação à interação significativa com duas formas de adubação de semeadura (tratamentos localizado “LOC” e lanço “LAN”), no experimento safra verão 2016/17, em Serra do Salitre, MG, de 2016 a 2017.

Híbrido	Médias (kg.ha <sup>-1</sup> )	
	LOC	LAN
<b>2B610</b>	10028 A	11437 A
<b>2B810</b>	11197 A	11119 A
<b>30A37</b>	10084 A	9876 A
<b>30F35</b>	11158 A	8717 B
<b>30F53</b>	10634 A	9528 B
<b>AG7098</b>	10831 A	9154 B
<b>AG9030</b>	10380 A	8615 B
<b>AS1633</b>	10761 A	10854 A
<b>AS1656</b>	11966 A	10858 A
<b>CD3612</b>	9831 A	10020 A
<b>CD3880</b>	10909 A	10809 A
<b>DKB177</b>	11686 A	9438 B
<b>DKB290</b>	11979 A	9240 B
<b>DKB390</b>	10722 A	10222 A
<b>IMPACTO</b>	9919 A	10087 A
<b>MG600</b>	10516 A	10603 A
<b>P3456</b>	10768 A	10384 A
<b>P3630</b>	11581 A	9069 B
<b>P3898</b>	10784 A	8868 B
<b>RB9005</b>	10878 A	9425 B
<b>RB9077</b>	10237 A	10244 A
<b>RB9110</b>	10866 A	9212 B
<b>STATUS</b>	10808 A	9273 B
<b>SUPREMO</b>	11253 A	9116 B

Os valores seguidos de mesma letra (maiúsculas) nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 12 - Comparação das médias de produtividade de grãos de milho dos híbridos em relação à interação significativa com duas formas de adubação de semeadura (tratamentos localizado “LOC” e lanço “LAN”), no experimento 2ª safra 2017/1, em Serra do Salitre, MG, 2017.

Híbrido	Médias (kg.ha <sup>-1</sup> )	
	LOC	LAN
<b>2B610</b>	10606 B	8951 D
<b>2B810</b>	10953 B	10133 C
<b>30F35</b>	11067 B	10847 B
<b>30F53</b>	9157 D	8381 E
<b>AG7098</b>	11103 B	9915 C
<b>AS1633</b>	12750 A	10869 B
<b>CD3770</b>	9259 D	9215 D
<b>DKB290</b>	10094 C	9988 C
<b>DKB390</b>	9757 C	10401 C
<b>P3456</b>	10084 C	10994 B
<b>P3630</b>	9284 D	9274 D
<b>RB9005</b>	7546 E	7557 E
<b>RB9110</b>	10994 B	10450 C
<b>SUPREMO</b>	9544 D	7893 E
<b>P3898</b>	12176 A	12417 A

Os valores seguidos de mesma letra (maiúsculas) nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 13 - Resumo das produtividades médias de grãos de milho de duas formas de adubação de semeadura, localizada (LOC) e a lanço (LAN), em relação a quatro experimentos realizados nas safras de verão e 2ª safras, em Serra do Salitre, MG, de 2015 a 2017.

Experimento	LOC	LAN
<b>Safra verão 2015/16</b>	14657 A	11132 B
<b>Safra verão 2016/17</b>	10824 A	9840 B
<b>2ª safra 2017/1</b>	10291 A	9819 B
<b>2ª safra 2017/2</b>	7567 A	6838 B

Os valores seguidos de mesma letra (maiúsculas) nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2017).