

**GILMAR LUIZ MUMBACH**

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL À BASE  
DE CAMA AVIÁRIA E FOSFATO MONOAMÔNIO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Dr. Luciano Colpo Gatiboni  
Co-orientador: Paulo Roberto Ernani

**LAGES, SC**

**2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com  
auxílio do programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Mumbach, Gilmar Luiz  
Eficiência agronômica de fertilizante  
organomineral à base de cama aviária e fosfato  
monoamônio / Gilmar Luiz Mumbach. - Lages , 2017.  
94 p.

Orientador: Luciano Colpo Gatiboni  
Co-orientador: Paulo Roberto Ernani  
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Do Solo, Lages, 2017.

1. Triticum aestivum . 2. Phaseolus vulgaris .  
3. Biofertilizantes . 4. Cama aviária . 5.  
Disponibilidade de nutrientes . I. Gatiboni,  
Luciano Colpo. II. Ernani, Paulo Roberto. , .III.  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de  
Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação  
em Ciência Do Solo. IV. Título.

**EFICIÊNCIA DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL À BASE DE CAMA  
AVIÁRIA E FOSFATO MONOAMÔNIO**

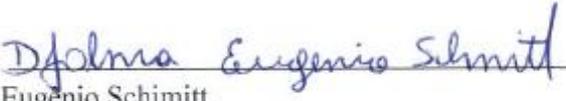
Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC.

**Banca examinadora:**

Orientador:   
Professor Dr. Luciano Colpo Gatiboni  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC  
Departamento de Ciência do Solo

Membro:   
Dr. Fabiano Daniel de Bona  
Embrapa - CNPT

Membro:   
Professor Dr. Gustavo Brunetto  
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Membro:   
Dr. Djalma Eugênio Schmitt  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Lages, 21 de fevereiro de 2017



Dedico esse trabalho aos meus pais, Renata Maria Schneider Mumbach e Arsidio João Mumbach, pelo apoio dado durante toda minha vida.



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pelas oportunidades que vem me proporcionando.

À minha família pelo apoio e carinho nessa etapa e durante toda a minha vida.

À Camila Adaime Gabriel, pelo amor e por estar ao meu lado e me ajudando nesse trabalho.

Ao professor Luciano Colpo Gatiboni, pela orientação e pelos ensinamentos que tem me proporcionado.

Ao pesquisador Fabiano Daniel de Bona por todo o apoio proporcionado.

A todos os membros do Grupo de Pesquisa em Solos de Santa Catarina (GEFOSC) pela parceria e pelo apoio durante todas as etapas do trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação da UDESC pelos ensinamentos.

A todos os colegas do laboratório de química e fertilidade do solo.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo pelo apoio e estrutura, bem como à PROMOP e CNPQ pela concessão das bolsas de estudo.

Enfim, a todos que de uma ou outra forma me apoiaram durante o desenvolvimento do trabalho.



## RESUMO

Mumbach, Gilmar Luiz. **Eficiência agronômica de fertilizante organomineral à base de cama aviária e fosfato monoamônio**. 2017. 94 p. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Área: Fertilidade e Química do solo. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2017.

A utilização de dejetos de animais como fertilizantes é uma prática comum, porém muitas vezes realizada sem critérios técnicos. Dentre os resíduos gerados e utilizados na agricultura a cama aviária, caracterizada pela mistura de excreções de aves e outros restos orgânicos, apresenta boa concentração de nutrientes e facilidade de manejo, por apresentar-se na forma sólida. A sua utilização associada com fertilizantes minerais, gerando os adubos organominerais, ainda é uma prática incipiente pela falta de resultados que comprovem vantagens em relação a adubação mineral. O presente estudo objetivou avaliar a eficiência agronômica de fertilizantes orgânicos, minerais e organominerais no rendimento de trigo e feijão, bem como alterações em atributos químicos de solo. O fertilizante organomineral foi produzido pela mistura de fosfato monoamônio e cama aviária, cada fonte suprimindo 90% e 10% do conteúdo de NPK, respectivamente. Foram instalados dois experimentos, em casa-de-vegetação e no campo. O experimento de casa-de-vegetação foi conduzido nas dependências do CAV/UDESC, utilizando Cambissolo Háplico, o qual foi cultivado com trigo. Neste experimento foram avaliados seis tratamentos: FOM 100, com 100% da recomendação de NPK na forma de organomineral; CA 10, com a mesma quantidade de cama aviária presente no tratamento FOM 100; FM 90, com a mesma quantidade de adubo mineral presente no tratamento FOM 100; CA 100, com 100% da recomendação de NPK na forma de cama aviária; FM 100, com 100% da recomendação de NPK na forma mineral; e TEST, testemunha. Os tratamentos foram avaliados em seis períodos de amostragem, aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação. Avaliou-se o acúmulo de massa seca, a absorção de nutrientes pelas plantas e alterações químicas no solo. O experimento a campo foi instalado na fazenda experimental do CAV/UDESC, localizada no interior de Lages-SC, em um Cambissolo Húmico, o qual foi cultivado com feijoeiro e trigo. Neste foram avaliados oito tratamentos, sendo os mesmos do primeiro estudo, acrescidos de outros dois: FOM 150, com 150% da recomendação de NPK na forma organomineral e FM 150, com 150% da recomendação de NPK na forma mineral. Avaliou-se o rendimento de grãos e massa seca total das culturas, exportação de nutrientes e alterações químicas no solo. Em casa-de-vegetação, o rendimento de matéria seca e os teores de nutrientes no trigo não variaram entre as fontes quando estas foram aplicadas em doses iguais. No solo os teores de N, P, K, Ca e Mg foram inicialmente aumentados pela adubação e reduziram no tempo, porém sofreram pouca variação entre as fontes, quando aplicadas em doses equivalentes. À campo as fontes avaliadas, quando em doses próximas ou acima do recomendado para a cultura, permitiram adequados rendimentos de grãos e massa seca, mas não apresentaram comportamentos diferenciados entre fertilizantes. Em função da eficiência equivalente, a adubação organomineral pode ser utilizada em substituição à adubação orgânica ou mineral, porém não apresenta ganhos adicionais em termos de rendimento e melhoria em atributos químicos do solo.

**Palavras-chaves:** *Triticum aestivum*. *Phaseolus vulgaris*. Biofertilizantes. Cama aviária. Disponibilidade de nutrientes.



## ABSTRACT

Mumbach, Gilmar Luiz. **Agronomic efficiency of organomineral fertilizer based on poultry litter and monoammonium phosphate**. 2017. 94 p. Dissertation (Master's Degree in Soil Science. Area: Fertility and Soil Chemistry. Santa Catarina State University, –Lages, 2017.

The use of animal waste as fertilizer is a common practice, but often performed without technical criteria. Among the residues generated and used in agriculture, the cattle manure, characterized by the mixture of excretions of birds and other organic remains, presents adequate concentration of nutrients and ease handling, since it presents in solid form. Its use associated with mineral fertilizers, generating organomineral fertilizers, is still an incipient practice due to the lack of results that demonstrate advantages over mineral fertilization. The present study aimed to evaluate the agronomic efficiency of organic, mineral and organomineral fertilizers in wheat and bean yield, as well as changes in soil chemical attributes. The organomineral fertilizer was produced blending monoammonium phosphate and poultry litter, each source supplying 90% and 10% of NPK content, respectively. Two experiments were installed, in the greenhouse and in the field. The greenhouse experiment was conducted at UDESC, using a Haplic Cambisol cultivated with wheat and it were tested six treatments: FOM 100, with 100% of the recommendation of NPK in the organomineral form; CA 10, with the same amount of poultry litter present in FOM 100 treatment; FM 90, with the same amount of mineral fertilizer present in the FOM 100 treatment; CA 100, with 100% recommendation of NPK in the form of poultry litter; FM 100, with 100% of NPK recommendation in mineral form; and TEST, control. The treatments were evaluated in six sampling periods at 2, 4, 8, 15, 30 and 80 days after implantation. The dry matter accumulation, the nutrient uptake by the plants and chemical changes in the soil were evaluated. The field experiment was installed at the experimental area of UDESC, Lages-SC, in a Humic Cambisol, which was cultivated with bean and wheat. In this study, eight treatments were evaluated: the FOM 150, with 150% of the recommendation of NPK in the organomineral form and FM 150, with 150% of the NPK recommendation in the mineral form. Grain yield and total dry mass of the crops, nutrient exportation, and soil chemical changes were evaluated. In the greenhouse, dry matter yield and nutrient contents in wheat did not vary between sources when they were applied at equivalent rates. The N, P, K, Ca and Mg contents were initially increased by fertilization but reduced during cultivation, suffering little variation between the sources when applied at equivalent rates. In the field experiment, when the rates of nutrients were near or above the recommended for the crop there was no difference among fertilizer sources. Due to the equivalent efficiency, organomineral fertilization may be used as a substitute for organic or mineral fertilization but it does not present additional advantages in terms of crop yield and improvement of soil chemical attributes.

**Keywords:** *Triticum aestivum*. *Phaseolus vulgaris*. Biofertilizers. Poultry litter. Availability of nutrients.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Valores de precipitação e temperaturas máxima e mínima, observados diariamente, entre a semeadura e a colheita do feijoeiro.....57
- Figura 2 - Valores de precipitação e temperaturas máxima e mínima, observados diariamente, entre a semeadura e a colheita do trigo.....60
- Figura 3 - Teores de carbono orgânico total (COT) antes da implantação do experimento, após o cultivo do feijoeiro e após o cultivo de trigo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, para os tratamentos avaliados.....73
- Figura 4 - Índice de Eficiência Agronômica (IEA) dos fertilizantes e doses avaliadas, considerando as quantidades de P, N e K exportado pela parte aérea do feijão (A) e pela parte aérea do trigo (B).....74
- Figura 5 - Índice de Eficiência Agronômica (IEA) dos fertilizantes e doses avaliadas, considerando as quantidades de P, N e K exportado pelos grãos do feijão (A) e pelos grãos do trigo (B). ....74



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química da cama aviária, fertilizante organomineral e fertilizante fosfato monoamônico (MAP) utilizados no experimento. ....	35
Tabela 2 – Produção de matéria seca, da planta inteira do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.....	37
Tabela 3 - Produção de matéria seca, da parte aérea (MSPA) e das raízes (RAÍZES) do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.....	38
Tabela 4 - Número de perfilhos por planta do trigo, avaliados aos 80 dias após a implantação dos tratamentos. ....	38
Tabela 5 – Valores acumulados de P, na massa seca total do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos. ....	39
Tabela 6 - Valores acumulados de N, na massa seca total do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos. ....	40
Tabela 7 - Valores acumulados de K, na massa seca total do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos. ....	41
Tabela 8 - Valores de Ca e Mg acumulados, na massa seca total do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.....	41
Tabela 9 - Teores de P disponível no solo, analisados na coleta localizada (P localizado), extraído por Mehlich 1, e no solo total, extraídos por Mehlich 1 (P total, M 1) e Mehlich 3 (P total, M 3), para os diferentes tratamentos avaliados.....	43
Tabela 10 - Teores de K disponível no solo, extraídos por Mehlich 1 e por Mehlich 3, avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.....	44
Tabela 11 - Teores de $\text{NH}_4^+$ disponíveis no solo, avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.....	45
Tabela 12 - Teores de $\text{NO}_3^-$ disponíveis no solo, avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.....	45
Tabela 13 - Teores de N mineral disponíveis no solo, avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos. ....	46
Tabela 14 - Teores de Ca e Mg no solo, na média de todos os períodos de coleta dos tratamentos. ....	47
Tabela 15 - Valores de pH em água e pH em $\text{CaCl}_2$ avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos. ....	48

Tabela 16 - Valores de manganês, cobre, zinco e ferro no solo, na média de todos os períodos de coleta dos tratamentos. ....	49
Tabela 17 - Valores do Índice SMP, de carbono orgânico total (COT), H + Al, soma de bases (SB), CTC efetiva (CTCef.), CTC <sub>pH7</sub> , e saturação por bases (V), na média de todos os períodos de coleta dos tratamentos. ....	50
Tabela 18 - Teores de carbono orgânico solúvel em água, no solo, avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos. ....	51
Tabela 19 - Rendimento de matéria seca da parte aérea e rendimento de grãos do feijoeiro nos tratamentos avaliados. ....	61
Tabela 20 - Número de vagens por planta, grãos por planta, grãos por vagem e peso de mil grãos, da cultura do feijoeiro, nos tratamentos avaliados. ....	62
Tabela 21 - Quantidades acumuladas de P, K, N, Ca e Mg na parte aérea do feijoeiro nos tratamentos avaliados. ....	62
Tabela 22 - Quantidades exportadas de P, K, N, Ca e Mg pelos grãos do feijão para os tratamentos avaliados. ....	63
Tabela 23 - Comprimento, área superficial e volume de raízes, agrupados em quatro diferentes grupos de diâmetros de raízes, para a cultura do feijoeiro, nos tratamentos avaliados. ....	64
Tabela 24 - Rendimento de matéria seca da parte aérea da cultura da aveia-preta, para os tratamentos avaliados. ....	65
Tabela 25 - Rendimento de matéria seca da parte aérea (MS) e rendimento de grãos do trigo pelos tratamentos avaliados. ....	66
Tabela 26 – Quantidades acumuladas de P, K, N, Ca e Mg na parte aérea do trigo para os tratamentos avaliados. ....	67
Tabela 27 - Quantidades exportadas de P, K, N, Ca e Mg pelos grãos do trigo para os tratamentos avaliados. ....	67
Tabela 28 - Altura das plantas de trigo, avaliadas em diferentes períodos após a semeadura da cultura, para os tratamentos avaliados. ....	68
Tabela 29 - Número de perfilhos por planta de trigo e peso de 1000 grãos para os tratamentos avaliados. ....	69
Tabela 30 - Teores de P (Mehlich 1) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo, nos tratamentos avaliados. ....	70
Tabela 31 - Teores de K (Mehlich 1) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, nos tratamentos avaliados. ....	71

Tabela 32 - Teores de Ca e Mg disponíveis no solo, após o feijoeiro, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, para os tratamentos avaliados.....	72
---	----



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	22
2.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DAS CULTURAS DE TRIGO E FEIJÃO .....	22
2.2 INFLUÊNCIA DA FRAÇÃO ORGÂNICA NA QUALIDADE DO SOLO E CRESCIMENTO DAS PLANTAS .....	24
2.3 INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FONTES DE FERTILIZANTES EM ATRIBUTOS DO SOLO E NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA .....	27
3 HIPÓTESES .....	30
4 OBJETIVOS .....	30
4.1 OBJETIVOS GERAIS .....	31
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	31
5 CAPÍTULO 1. CRESCIMENTO INICIAL E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES EM SOLO SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA, ORGANOMINERAL E MINERAL. ....	31
5.1 RESUMO .....	31
5.2 INTRODUÇÃO.....	32
5.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
5.4.1 Crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura do trigo.....	36
5.4.2 Disponibilidade de nutrientes e parâmetros químicos do solo .....	42
5.5 CONCLUSÕES .....	51
6 CAPÍTULO 2. RESPOSTA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTES NAS CULTURAS DE FEJJOEIRO E TRIGO EM CAMBISSOLO HÚMICO NA REGIÃO SERRANA CATARINENSE .....	52
6.1 RESUMO .....	52
6.2 INTRODUÇÃO.....	52
6.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
6.3.1 Caracterização do local de implantação do experimento .....	54
6.3.2 Delineamento e descrição dos tratamentos.....	55
6.3.3 Implantação e avaliações na cultura do feijoeiro.....	56
6.3.4 Implantação e avaliações na cultura do trigo.....	58
6.3.5 Análise estatística dos dados coletados .....	60

6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
6.4.1 Rendimento e extração de nutrientes pela cultura do feijoeiro.....	60
6.4.2 Produção de massa seca da aveia-preta .....	64
6.4.3 Rendimento e extração de nutrientes pela cultura do trigo.....	65
6.4.4 Alterações de atributos químicos do solo após o cultivo de feijoeiro e trigo .....	69
6.4.5 Índices de eficiência da extração de N, P e K pelo feijão e pelo trigo.....	73
6.5 CONCLUSÕES .....	75
7 CONCLUSÕES GERAIS .....	75
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
10 ANEXOS .....	86

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Com o avanço da produção agropecuária no Brasil, se por um lado há elevação da importância desse setor para a economia do país, por outro há preocupações do ponto de vista social e ambiental. Considerando a questão ambiental, esta é hoje alvo de grande discussão quando o assunto é a expansão da agricultura no país. Um dos pontos que mais vem recebendo atenção é a expansão do setor de produção de carnes, que ao mesmo tempo em que gera benefícios, como a maior independência do país na produção de proteína animal, geração de empregos e aumento das exportações, traz alguns transtornos preocupantes, principalmente pela elevada geração de dejetos que, se mal manejados e/ou destinados, podem resultar em poluição ao meio ambiente (RAO et al., 2007).

Dentre os tipos de dejetos utilizados na produção agrícola, os gerados na produção avícola apresentam bom potencial como fertilizantes. Os materiais orgânicos colocados sobre o piso dos aviários em mistura com os excrementos das aves, como penas e a ração desperdiçada, geram a cama aviária, a qual possui grande potencial agrícola, considerada boa fonte de nutrientes, podendo ainda apresentar outros benefícios, como melhoria dos atributos físicos do solo e formação de um ambiente mais adequado para a flora microbiana (BLUM et al., 2003).

Dentro do setor avícola, boa parte dos dejetos produzidos provém da criação de frangos para corte. De acordo com dados da FIESC (2014), o Brasil abateu no ano de 2013 cerca de 5,5 bilhões de frangos. O estado de Santa Catarina encontra-se em terceiro no ranking brasileiro de produção, tendo abatido no mesmo ano quase 900 milhões de aves, ficando atrás apenas dos outros dois estados da região Sul, Paraná e o Rio Grande do Sul. Dentro desse setor, segundo Santos & Lucas Junior (2003), são gerados em média cerca de 2,19 kg de cama aviária por frango criado. Desta forma, em 2013, o Brasil gerou em torno de 12 milhões de toneladas de cama aviária.

Apesar de ser considerado um fertilizante de baixo custo, a utilização da cama de aviário ainda é restrita a áreas agrícolas pertencentes aos próprios avicultores, ou áreas vizinhas a estes. Isso acaba resultando, em muitos casos, em aplicações elevadas, sem um planejamento técnico, o que pode acarretar em problemas de cunho ambiental. Essa restrição é resultado principalmente de sua baixa concentração de nutrientes, quando comparada aos adubos minerais, o que inviabiliza o transporte e a comercialização desses resíduos (ALCARDE et al., 1998). Diante disso, algumas empresas utilizam esses compostos associados a adubos químicos para formulação dos chamados fertilizantes organominerais. Apesar de ainda ser pouco

explorada, essa alternativa apresenta aspectos positivos que podem torná-la uma opção viável como a possibilidade de aumentar a concentração de nutrientes de resíduos orgânicos (ALCARDE, 2007), possibilitando a minimização da utilização inadequada dos dejetos e reduzindo a chance de contaminação ambiental, bem como melhoria em diferentes atributos do solo (CAI & QIN, 2006). No entanto, devido a limitações como custo elevado, menor concentração de nutrientes quando comparados aos insumos químicos solúveis e baixo respaldo científico quanto a possíveis respostas adicionais às culturas, a utilização de fertilizantes organominerais ainda é bastante restrita e muitas vezes não recomendada.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DAS CULTURAS DE TRIGO E FEIJÃO

As culturas de trigo (*Triticum aestivum*) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) estão entre as principais espécies cultivadas no mundo, sendo matéria-prima indispensável para a alimentação humana. O trigo é a principal cultura de inverno no Sul do Brasil, enquanto o feijoeiro, cultivado principalmente na estação do verão, em especial por agricultores familiares, é muito cultivado nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (CONAB, 2016).

O feijoeiro é cultivado em todo o país, sendo fonte de alimento primordial, assim como é fonte de renda para um grande número de propriedades agrícolas. Segundo dados divulgados pelo IBGE (2012), juntamente com o arroz, o feijão é alimento indispensável da mesa dos brasileiros, os quais apresentam um consumo médio de 183 gramas por dia. Boa parte dessa produção, cerca de 60%, é proveniente da agricultura familiar, o que ajuda a justificar o baixo rendimento médio por área cultivada (CTSBF, 2012).

Segundo dados da CONAB (2016), a cultura do feijoeiro foi semeada em uma área total de 2,8 milhões de hectares na safra 2015/2016, com rendimento médio de 1,05, 1,48 e 1,03 Mg ha<sup>-1</sup> na primeira, segunda e terceira safra, respectivamente, resultando em uma produção total de 2,5 milhões de toneladas do grão no país. A região Sul é responsável por grande parte da produção brasileira de feijão, tendo colhido cerca de 829 mil toneladas do grão na safra 2015/2016. Em Santa Catarina, foram produzidos cerca de 118 mil toneladas de grãos, o que representa em torno de 5% da produção nacional. Como observado, a produção média do feijoeiro é baixa, muito em função do baixo investimento em adubação. No entanto, produtividades acima de 3 toneladas por hectare, podem ser obtidas em sistemas que utilizam

cultivares adaptadas e sistemas de manejo do solo adequados (FORNASIERI FILHO et al., 2007). O feijoeiro ainda é considerado uma cultura secundária, sendo cultivada em períodos de entressafra, muito em conta de seu rápido ciclo entre semeadura e colheita, de aproximadamente 3 meses.

A época de semeadura da cultura do feijoeiro deve considerar vários fatores, como temperatura, balanço hídrico, tipo de solo e ciclo de cultivares. Por ser uma cultura de ciclo curto, é bastante sensível a variações climáticas (JÚNIOR et al., 2007). Em relação ao período de cultivo na região Sul brasileira deve-se evitar épocas propícias a geadas, da mesma forma que temperaturas acima de 32°C, acompanhadas ou não de déficit hídrico durante o florescimento, que podem ocasionar em redução no rendimento de grãos (CTSBF, 2012). Em Santa Catarina, mais especificamente para o município de Lages, de acordo com o zoneamento agrícola de risco climático de 2015, o período de semeadura recomendado para o feijoeiro é entre 1º de outubro a 31 de janeiro.

No sul do Brasil, a cultura do trigo (*Triticum aestivum*) apresenta grande importância, não apenas em termos econômicos, mas como uma ferramenta de rotação de culturas no período do inverno. A escolha da época mais adequada de implantação da cultura deve considerar fatores como, o clima, o tipo de solo, o sistema de produção e as tecnologias adotadas, assim como aspectos socioeconômicos relacionados à região de cultivo. Além disso, deve-se buscar sincronizar a época mais adequada para o desenvolvimento da cultura, com os períodos de menor risco a intempéries climáticas (CUNHA et al., 2011).

O trigo sofre grande influência de fatores climáticos, tanto no seu desenvolvimento como durante a colheita. Como destaque tem-se a ocorrência de geadas, afetando principalmente a floração, e o excesso de chuvas na floração e na colheita (CUNHA et al., 2001). O Zoneamento de risco agroclimático, recomenda a semeadura de trigo no município de Lages entre os dias 11 de junho e 20 de agosto, por estar situado em uma região serrana e apresentar risco de geadas durante a primavera, recomenda-se evitar semeaduras precoces (MAPA, 2015).

Segundo dados da CONAB (2016), na safra 2015/2016, o Brasil produziu 6,2 milhões de toneladas de trigo. Foram cultivados cerca de 2,1 mil hectares, com um rendimento médio de 2,9 Mg ha<sup>-1</sup>. A região Sul é responsável por 90% da produção nacional, sendo o Paraná o maior produtor nacional, com 54% do trigo produzido no país. A produção em Santa Catarina ainda é pouco representativa, a área cultivada e a produção total representam apenas 2,7 e 3% do total no Brasil, respectivamente. Cabe destacar, contudo, que a produtividade é uma das mais elevadas no país, em torno de 3,2 Mg ha<sup>-1</sup>.

Diversos fatores podem afetar o rendimento das culturas. O potencial produtivo relaciona-se à habilidade da planta em produzir, translocar e estocar carboidratos nos grãos, à capacidade de interceptação foliar de luz e à utilização da energia absorvida de maneira satisfatória, possibilitando um bom desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (LOOMIS & AMTHOR, 1999). A quantidade de nutrientes absorvidos e acumulados pela planta, fornecidos através da adubação química ou orgânica, é fator primordial, demonstrando a importância da correta adubação às culturas (BERTI et al., 2007).

## 2.2 INFLUÊNCIA DA FRAÇÃO ORGÂNICA NA QUALIDADE DO SOLO E CRESCIMENTO DAS PLANTAS

A matéria orgânica do solo (MOS) é resultante da decomposição de resíduos vegetais e animais, constituindo-se de diversos compostos de carbono (C) como biomoléculas, ácidos húmicos e fúlvicos, em variados estágios de decomposição e interação com as frações minerais do solo. Mesmo correspondendo a um baixo teor no solo é responsável por diversas funções, afetando diretamente propriedades químicas, físicas e biológicas. Representa grande parte da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, principalmente naqueles mais intemperizados, com predomínio do argilomineral caulinita e óxidos. Devido a sua alta reatividade também regula a disponibilidade de micronutrientes e a atividade de elementos tóxicos no solo, como o alumínio (MEURER, 2007).

O C presente no solo apresenta importância vital para a sustentabilidade agrícola, tanto sob o ponto de vista de conservação do solo, como para o rendimento das culturas. Em condições tropicais o aumento dos teores de matéria orgânica no solo (MOS) e até mesmo a manutenção daqueles já existentes é muito difícil. A alteração de áreas nativas para cultivo agrícola gera grandes impactos, resultando na rápida decomposição da MOS (SILVA; MENDONÇA, 2007). Por outro lado, resíduos orgânicos de origem vegetal, animal e os produtos de sua transformação tem o solo como receptor final. A vegetação é a principal responsável pela deposição de materiais orgânicos no solo, através de restos culturais e da rizodeposição no solo próximo às raízes. O conjunto serapilheira-solo, além das reservas de C, nutrientes e energia, serve como habitat para a fauna e comunidade microbiana heterotrófica (MOÇO et al., 2005).

A adoção de sistemas de manejo que visem o aumento das frações orgânicas no solo, beneficiam a fertilidade do solo através da maior disponibilidade de nutrientes como o fósforo (P) (SOUZA et al., 2006), o nitrogênio (N) (REN et al., 2014), dentre outros. A decomposição

do material orgânico com liberação de compostos orgânicos, tanto de baixa como de alta massa molecular, também exercem influência sobre a disponibilidade de nutrientes no solo. Essa influência está muito relacionada com a complexação ou adsorção de íons competidores, inibindo a ação dos grupos funcionais do solo, deixando, assim, os nutrientes mais livres em solução (SIBANDA; YOUNG, 1986). Ácidos húmicos e fúlvicos possuem a capacidade de complexar o alumínio (Al) e o ferro (Fe) presentes na solução do solo, podendo reduzir a adsorção e a precipitação de P. Esse efeito tende a ser mais pronunciado em solos de textura arenosa, devido a menor capacidade de adsorção de fosfato (ANDRADE et al., 2003).

A decomposição do material orgânico também deve ser considerada uma importante fonte de nutrientes no solo, pois sua decomposição resulta em mineralização dos nutrientes contidos nos tecidos das plantas (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). A adição de resíduos vegetais ao solo pode resultar em elevação do pH do solo e aumento na concentração de elementos essenciais (FRANCHINI et al., 1999). Alguns materiais orgânicos são extremamente estáveis mesmo em condições oxidantes, como nos climas tropicais (SILVA; MENDONÇA 2007).

Pode-se separar o C presente no solo em duas principais frações: a fração não húmica, constituída pelos produtos de origem animal, vegetal ou microbiana e que se encontram em estágios iniciais de decomposição. A fração não húmica é constituída, dentre outros, por ácidos orgânicos, os quais possuem características ácidas, normalmente de rápida decomposição, mas apresentando diversas e importantes propriedades, como a complexação de metais como o Fe e o Al. A outra fração é a húmica, a qual se constitui de moléculas complexas e de alto peso molecular, sendo resultante da combinação de produtos de difícil decomposição, normalmente gerados no processo de decomposição microbiana (ERNANI, 2016). Essa última fração pode ser subdividida em ácidos fúlvicos, húmicos e huminas, as quais apresentam diferentes funções e níveis de labilidade no solo. Pode-se ainda subdividir a fração não húmica do solo em: resíduos vegetais em si, compondo o material depositado na superfície do solo; fração leve, a qual representa materiais pouco decompostos e passíveis de recuperação por flotação; biomassa do solo, constituída pelos microrganismos do solo; e biomoléculas, representadas pelos carboidratos, aminoácidos, gorduras e ácidos orgânicos de baixo peso molecular (BALDOCK; NELSON, 2000).

A MOS pode ser particionada segundo sua labilidade e funcionalidade. A fração lábil é a mais reativa no solo, fornecendo energia e nutrientes a microrganismos e plantas; a fração estável apresenta reduzida taxa de decomposição e tem por função principal a capacidade de troca de cátions; a fração inerte apresenta alta estabilidade e atua principalmente nas

propriedades físicas do solo (STROSSER, 2010). A fração lábil destaca-se como a mais afetada pelo manejo e mais facilmente mineralizável pelos organismos do solo (LEITE et al., 2003). O carbono orgânico solúvel em água (CSA) é a forma mais ativa do C lábil, sendo composto por ácidos orgânicos de cadeia curta, aminoácidos livres e açúcares, compostos estes de fácil e rápida decomposição (SILVA; MENDONÇA 2007). Seus teores são influenciados pela atividade microbiana e aporte de materiais orgânicos ao solo. Uma elevada atividade microbiana no solo pode acelerar a decomposição do CSA, pela utilização desta como fonte de energia pelos microrganismos (FRANCHINI et al., 1999). Kalbitz et al. (2000) destacam que uma pequena porção da matéria orgânica é solúvel, caracterizando-se como moléculas de tamanho e estrutura variada, sendo filtradas em membranas com porosidade de 0,4 a 0,6  $\mu\text{m}$ . Essa fração é composta, dentre outros compostos, por proteínas, carboidratos e hidrocarbonetos (GONET; DEBSKA, 2006).

As maiores concentrações de carbono solúvel em água (CSA) são observadas com a adição de resíduos vegetais, dejetos animais e resíduos industriais (GEBRIM et al., 2008). Parte deste carbono é constituído de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, liberados no solo através da decomposição de resíduos por ataque microbiano (PINHEIRO et al., 2013). A presença destes compostos pode afetar a mobilidade e a disponibilidade de nutrientes do solo (HUE, 1991). Essa fração do carbono orgânico é composta por ácidos alifáticos monocarboxílicos, como os ácidos fórmico, acético, propiônico, láctico e butírico, que normalmente apresentam-se em quantidades mais elevadas na solução do solo e os ácidos dicarboxílicos e tricarboxílicos, que são representados pelos ácidos cítrico, málico, malônico, oxálico e succínico (PINHEIRO et al., 2013).

Um aspecto importante reportado ao papel de determinadas frações orgânicas é a bioatividade, gerando melhorias em aspectos como a maior absorção de nutrientes. As substâncias húmicas podem alterar o metabolismo bioquímico das plantas, influenciando assim no seu crescimento e desenvolvimento (ROSA et al., 2009). As substâncias húmicas constituem boa parte da MOS, compreendendo entre 70 a 80% de sua composição. A resposta de substâncias húmicas no desenvolvimento de espécies vegetais, especialmente no crescimento radicular, é apresentada em alguns estudos (CANELLAS, 2005; EYHERAGUIBEL et al., 2008). Segundo Canellas (2005), as substâncias húmicas atuam sobre a morfologia radicular, estimulando o aumento no número de raízes finas e pelos radiculares, contribuindo, assim, para uma maior eficiência na absorção de água e nutrientes, estimulando à síntese de biomassa vegetal. Em relação ao crescimento radicular, Eyheraguibel et al. (2008) destacam que a presença de substâncias húmicas no solo estimula especialmente a indução de raízes laterais e

raízes secundárias de menor diâmetro. De acordo com Zandonadi et al. (2007), o estímulo ao crescimento radicular, principalmente a emissão de raízes laterais, pode ser resultado da ação conjunta de ácidos húmicos e do ácido indol-acético, ativando a enzima  $H^+$ -ATPase da membrana plasmática, fornecendo energia à ativação de processos secundários de absorção de nutrientes via carregadores; esta maior absorção de nutrientes acarretaria no estímulo ao crescimento radicular.

### 2.3 INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FONTES DE FERTILIZANTES EM ATRIBUTOS DO SOLO E NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

A adubação, quando diagnosticada a necessidade, é processo indispensável para a manutenção de boa qualidade química do solo e rendimento das plantas (CASTRO et al., 2015). Entre os fatores que geram degradação química do solo, cita-se a não reposição de nutrientes essenciais às plantas, o que normalmente é resultado do alto custo de fertilizantes minerais e do manejo inadequado da adubação (BISSANI et al., 2004).

Dentre as fontes de fertilizantes utilizadas na agricultura, a mineral é, sem dúvida, a predominante. Adubos minerais apresentam alta concentração de nutrientes e elevada solubilidade. Como desvantagem tem-se a possibilidade de perdas de eficiência para alguns nutrientes, como o P, por meio da adsorção e/ou precipitação, principalmente em solos com predomínio da fração argila e óxidos (BARRON et al., 1988). Além disso, alguns fertilizantes minerais, especialmente nitrogenados, como o sulfato de amônio, possuem reação ácida, reduzindo o pH do solo nas regiões adjacentes à localização dos fertilizantes (RAIJ, 2011). As formas mais comuns de comercialização e utilização dos fertilizantes minerais, são os fertilizantes mistos e complexos, contendo os macronutrientes primários N, P e K (RAIJ, 2011). De acordo com a instrução normativa nº 5 (MAPA, 2007), os fertilizantes minerais mistos são resultado da mistura física de dois ou mais fertilizantes simples ou complexos, enquanto os fertilizantes minerais complexos são o produto formado de dois ou mais compostos químicos, que resultaram de uma reação química de seus componentes, os quais podem apresentar dois ou mais nutrientes essenciais. Podem ser utilizados também fertilizantes minerais simples, contendo apenas um composto químico, o qual pode conter um ou mais elementos químicos.

Os adubos orgânicos são caracterizados como produto oriundo da utilização de matéria prima de origem vegetal, animal, atividade industrial e lixo domiciliar livres da utilização de compostos que contenham metais pesados ou outros elementos tóxicos (BRASIL, 2009). Diferem-se dos adubos minerais, pela forma com que atuam nas propriedades do solo.

Fertilizantes orgânicos atuam como condicionadores do solo, aumentando a porosidade, aeração, retenção de água, atividade microbiana e retenção de cátions. No solo a ação como fertilizante fica limitada pela baixa concentração de nutrientes, o que torna necessária a aplicação de grandes quantidades do produto, gerando maiores gastos (ALCARDE et al., 1998). A utilização de compostos orgânicos como adubo deve considerar seus teores de nutrientes, suas condições de mineralização, bem como as exigências de cada tipo de cultura (ANDREOLA et al., 2000<sup>1</sup>).

Fertilizantes contendo dejetos animais como matéria prima são uma importante fonte de nutrientes e matéria orgânica, garantindo diversos benefícios como maior qualidade da água, do ar e do solo (EGHBALL et al., 2002). A aplicação de dejetos animais pode elevar os teores de P, K (BARCELLOS et al., 2015), cálcio (Ca), magnésio (Mg) (CERETTA et al., 2003), além de micronutrientes no solo (ANDREOLA et al., 2000<sup>1</sup>). Esses efeitos, porém, ocorrem apenas em aplicações de doses elevadas e frequentes de esterco. O aumento da disponibilidade de P, em especial, é dependente da qualidade do resíduo orgânico adicionado e do tipo de solo (ANDREOLA et al., 2000<sup>1</sup>).

A adição de compostos orgânicos no solo, como esterco animal, pode reduzir a adsorção de P no solo, fato este atribuído a atuação de compostos lábeis de C no bloqueio dos sítios de adsorção de P no solo (SOUZA et al., 2006). Fertilizantes orgânicos, quando mineralizados, liberam ácidos húmicos e ácidos orgânicos que podem ser adsorvidos ao solo, bloquear sítios de adsorção por complexação com Al, Fe e Ca, e por consequência, diminuir a transformação de fosfatos em formas indisponíveis (GUPPY et al., 2005). A concentração de ácidos orgânicos presentes em adubos orgânicos pode variar de acordo com a origem da matéria prima que constitui o biofertilizante (FERREIRA, 2014).

Elevadas doses de resíduos orgânicos, como a cama aviária, podem reduzir os teores de Al trocável no solo (HUE; LICUDINE, 1999). Em estudo realizado por Ceretta et al. (2003), a aplicação de dejetos líquidos de suínos reduziu os teores de Al trocável até a camada de 10 a 20 cm, fato este atribuído à complexação de Al por compostos orgânicos lábeis presentes no solo. Pode ocorrer também um pequeno aumento do pH de solos adubados com dejetos animais, mas esse efeito é temporário e restrito a poucas semanas após a aplicação (ERNANI; GIANELLO, 1983).

A melhoria da qualidade do solo, num âmbito geral, é muitas vezes atribuída ao aumento dos teores de MOS. O efeito de fertilizantes orgânicos nesse aumento é por vezes atribuído, mas mostra-se um efeito restrito a certas condições e quando se consideram períodos prolongados de avaliação. Considerando um período de avaliação de quatro anos, utilizando

fertilizantes minerais e orgânicos, Scherer & Nesi (2009) não observaram alteração no conteúdo de carbono orgânico total (COT) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo. Por outro lado, considerando o mesmo período de avaliação e com aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos, Ceretta et al. (2003) observaram aumento nos teores de C orgânico na camada de 0-2,5 cm, porém os autores destacam que este efeito pode ter sido mascarado pela mistura do esterco com os resíduos vegetais durante a amostragem do solo. Os mesmos autores destacam que, apesar da aplicação de compostos orgânicos normalmente não resultar em aumento nos teores de COT, pode haver uma melhoria na qualidade da matéria orgânica presente no solo.

Apesar de serem viáveis como fertilizantes, quando usados em doses inadequadas, os dejetos animais podem causar problemas ao solo e especialmente ao meio ambiente. A aplicação de dejetos líquidos de suínos pode resultar em perdas substanciais de N, por volatilização de amônia e lixiviação de nitrato (DURIGON et al., 2002), assim como aumentos excessivos na disponibilidade de P (CERETTA et al., 2003), podendo gerar sérios problemas ao ambiente, como eutrofização das águas. A adubação orgânica pode também elevar as taxas de emissão de gás carbônico à atmosfera (LEITE et al., 2003). Os dejetos orgânicos podem ainda ser fonte de metais pesados, resultando em prejuízos à cadeia trófica (VITORINO et al., 2012).

Uma alternativa para dar melhor destinação aos resíduos orgânicos, gerados especialmente na produção agropecuária, bem como aumentar o potencial destes como fertilizantes, é o uso desses materiais em mistura a fertilizantes químicos solúveis. Os fertilizantes organominerais são o resultado da mistura de fertilizantes orgânicos e minerais, objetivando o aumento do teor de nutrientes dos materiais orgânicos e aumento da eficiência dos adubos minerais (ALCARDE, 2007). Olowoake et al. (2015) destacam que os fertilizantes organominerais possibilitam um melhor aproveitamento dos nutrientes, muito em função da liberação mais controlada de nutrientes, especialmente de P e N.

O início oficial da produção de fertilizantes organominerais no Brasil consta de 1982, com sua validação perante legislação. Os principais compostos orgânicos utilizados para a produção destes adubos são os resíduos de aves, suínos e bovinos; também são utilizados calcário, lodo de esgoto, deposições geológicas de origem orgânica e carvão de baixo poder calorífico (WIETHOLTER et al., 1994). Para serem comercializados no Brasil, os organominerais devem seguir especificações apresentadas na Instrução Normativa nº 25 de 2009 (BRASIL, 2009). De maneira geral, devem apresentar os seguintes parâmetros: ao menos 50% do conteúdo final do fertilizante proveniente do resíduo orgânico, 8% ou mais de carbono orgânico, CTC mínima de 8 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, e 30% de umidade máxima. Além disso, esses

fertilizantes devem ter ao menos 10% de macronutrientes primários (N, P e K), e 5% de macronutrientes secundários (Ca, Mg e S)

Fertilizantes organominerais apresentam um potencial químico reativo menor em relação aos adubos químicos, porém a solubilização é gradual, o que favorece o crescimento das plantas (FERREIRA, 2014). As perdas de N, aplicado via adubação, podem ser reduzidas com o uso de fertilizantes organominerais em relação aos minerais, principalmente em função do processo de fabricação do organomineral, onde as reações de mistura dos compostos orgânicos e minerais envolvem altas temperaturas, podendo resultar na formação de um composto com presença de frações de maior recalcitrância (TEJADA et al., 2005).

A aplicação de diferentes fontes de fertilizantes, apesar de atuarem de maneira diferenciada em diversos atributos químicos do solo, apresenta pouca variação em termos de crescimento e rendimento das plantas. Muitos estudos demonstram haver resposta similar no rendimento de culturas anuais, quando estas são adubadas com diferentes fontes de fertilizantes (WIETHOLTER et al., 1994; ANDREOLA et al., 2000<sup>2</sup>; PAULETTI et al., 2008; LANA et al., 2014). Em alguns casos, contudo, os maiores rendimentos são observados pela adubação mineral, provavelmente em função de sua expressiva solubilidade (COSTA et al., 2011<sup>1</sup>). O uso isolado de certos resíduos orgânicos, como lodo de esgoto, pode prejudicar o crescimento e rendimento das plantas, muito em função da baixa disponibilidade e reduzida solubilidade de certos nutrientes; a associação destes resíduos com fertilizantes minerais, no entanto, ajuda a minimizar estes problemas (ANTILLE et al., 2014<sup>2</sup>).

### **3 HIPÓTESES**

- A adubação organomineral, pela soma de fatores como a liberação mais controlada de nutrientes, aumento na disponibilidade de micronutrientes e presença de compostos orgânicos, promove melhoria em atributos químicos do solo e um crescimento inicial mais rápido e maior rendimento de matéria seca de trigo.
- A adubação organomineral promove melhoria em atributos químicos de solo e maior rendimento de trigo e feijão, em função da maior sincronia entre demanda da planta e liberação de nutrientes pelo adubo.

### **4 OBJETIVOS**

#### 4.1 OBJETIVOS GERAIS

- Avaliar a influência da adubação organomineral e de outras fontes de adubação no crescimento inicial de trigo e na alteração de atributos químicos do solo.
- Avaliar a influência da adubação organomineral e de outras fontes de adubação na alteração de atributos químicos de solo e no rendimento de feijão e trigo.

#### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito de fontes fertilizantes no crescimento inicial da cultura do trigo, em 6 períodos após a implantação da cultura, através de volume de massa seca produzida;
- Avaliar os teores de macronutrientes, exceto enxofre, acumulados pelas plantas de trigo ao longo do tempo, submetidas aos diferentes fertilizantes;
- Avaliar a influência de fontes de fertilizantes na disponibilidade de N, P, K, Ca e Mg, Fe, Mn, Zn e Cu no solo, bem como outros parâmetros químicos importantes à fertilidade do solo;
- Quantificar possíveis alterações nos teores de carbono solúvel em água e carbono orgânico total no solo submetido aos fertilizantes testados;
- Quantificar o rendimento de matéria seca e de grãos das culturas de feijão e trigo, quando submetidos à aplicação de diferentes fertilizantes à campo;
- Avaliar a influência de diferentes fertilizantes na exportação de nutrientes, macronutrientes exceto enxofre, pela parte aérea e pelos grãos de trigo e de feijão, em condições de campo.

### **5 CAPÍTULO 1. CRESCIMENTO INICIAL E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES EM SOLO SUBMETIDO A APLICAÇÃO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA, ORGANOMINERAL E MINERAL.**

#### 5.1 RESUMO

A adubação organomineral, em relação à orgânica e mineral, pode liberar mais lentamente nutrientes, acelerando o crescimento inicial de trigo. O objetivo do estudo foi avaliar a resposta de fontes de adubação no crescimento inicial de trigo e na alteração de atributos químicos do solo. Amostras de um solo Cambissolo Háplico foram coletadas, preparadas e o solo foi

acondicionado em vasos. Foram testados seis tratamentos, assim constituídos: FOM 100, com 100% da necessidade de NPK na forma de organomineral; CA 10, apresentando a mesma quantidade de cama aviária utilizada no primeiro tratamento; FM 90, com a mesma quantidade de adubo mineral presente no primeiro tratamento; CA 100, com 100% de NPK na forma de cama aviária; FM 100, com 100% de NPK na forma mineral; TEST, tratamento sem adubação. Trigo foi semeado no solo de cada tratamento e cultivado durante 80 dias. A resposta dos tratamentos foi avaliada em seis períodos de amostragem: 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação. Avaliou-se o rendimento de massa seca da cultura, teores de nutrientes na planta, e a disponibilidade de nutrientes e outros atributos químicos no solo. Não foram observadas diferenças significativas entre os fertilizantes para o rendimento de massa seca. No solo, todos os nutrientes sofreram declínio em sua disponibilidade ao longo do tempo. A disponibilidade de P, na média de todos os períodos de amostragem, foi maior quando teve adubação mineral em relação às demais fontes. Na região próxima a aplicação dos fertilizantes, o conteúdo de carbono solúvel em água variou no tempo, e foi maior quando teve adubação com cama aviária na primeira coleta. Conclui-se que, quando aplicadas em doses equivalentes de NPK, a adubação orgânica, mineral ou organomineral são igualmente eficientes no suprimento de nutrientes para as plantas, e todas podem ser utilizadas no cultivo de trigo.

Palavras-chave: Biofertilizantes. Cama aviária. Carbono solúvel em água.

## 5.2 INTRODUÇÃO

A cultura do trigo (*Triticum aestivum*) apresenta importância tanto na geração de matéria prima para produção de alimentos, como dentro dos sistemas de rotação de culturas. A região Sul do Brasil é responsável por cerca de 90% da produção nacional, em função da boa adaptação da cultura às condições climáticas que predominam na região e da alta resposta à adubação das cultivares hoje utilizadas nas lavouras.

A adubação mineral predomina no cultivo de trigo. Fertilizantes minerais apresentam como vantagem a alta concentração de nutrientes e boa solubilidade. Em contrapartida, principalmente devido sua grande solubilidade, podem apresentar uma baixa eficiência de alguns nutrientes, especialmente o fósforo (P), através de adsorção específica e/ou precipitação, principalmente em solos com predomínio da fração argila e mineralogia oxidica (BARRON et al., 1988), e de nitrogênio (N), por volatilização e nitrificação (LOURENÇO et al., 2016).

A adubação orgânica, principalmente pelo uso de dejetos animais, ocorre em áreas de menor extensão e naquelas próximas aos locais de criação animal. Apesar da baixa

concentração de nutrientes, principal limitante à sua utilização (ALCARDE et al., 1998), pode trazer diversos benefícios ao solo, como aumento na concentração de nutrientes e de C no perfil do solo (BARCELLOS et al., 2015), redução da adsorção de P através da presença de frações solúveis de C em sua constituição (HAYNES & MOKOLOBATE, 2001), aumento temporário do pH do solo (ERNANI & GIANELLO, 1983) e redução dos teores de Al trocável (CERETTA et al., 2003).

Buscando elevar a eficiência dos fertilizantes minerais e aumentar a concentração dos orgânicos (FERREIRA, 2014), além de proporcionar um destino mais correto aos dejetos animais, vem surgindo no mercado os fertilizantes organominerais, resultado da mistura de adubos minerais e orgânicos (WIETHOLTER et al., 1994). Estes apresentam uma menor reatividade no solo, em comparação com os fertilizantes químicos solúveis, o que pode ser visto de maneira positiva por aspectos como liberação mais controlada de N e P (SMITH et al., 2015), inibindo e/ou reduzindo as perdas desses elementos no sistema solo (TEJADA et al., 2005). Estes fertilizantes podem apresentar ainda outras vantagens, principalmente sob o ponto de vista ambiental, por meio do aumento do sequestro de C no solo (RUDRAPPA et al., 2006), e uso e destinação mais correta dos resíduos orgânicos gerados na agricultura.

Assim, os fertilizantes organominerais podem apresentar uma maior eficiência em comparação às demais fontes, em função da presença de diferentes frações de C e da liberação controlada de nutrientes. Ainda, segundo relatos de campo, plantas adubadas com essa fonte apresentam um crescimento inicial mais rápido. O estudo objetivou avaliar a resposta de fertilizante organomineral, em comparação a uma fonte orgânica e mineral, no crescimento inicial de trigo e nas alterações de atributos químicos do solo.

### 5.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de janeiro a abril de 2016, nas dependências do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages. Utilizou-se um Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2013), coletado na camada arável de área experimental do Instituto Federal Catarinense de Rio do Sul, SC. Inicialmente pequenas porções de solo foram peneiradas em malha de 2 mm, e posteriormente caracterizadas com base nas metodologias propostas por Tedesco et al. (1995). Os atributos encontrados no solo foram: 217, 346 e 438 g kg<sup>-1</sup> de argila, silte e areia, respectivamente; 4,95 de pH H<sub>2</sub>O e 5,57 de Índice SMP; 3,34% de matéria orgânica, 5,68 e 138 mg dm<sup>-3</sup> de P e K, respectivamente; 1,9, 1,9 e 2,18 cmol dm<sup>-3</sup> de Ca, Mg e Al, respectivamente; 62,85, 0,86, 4,06 e 493,12 mg dm<sup>-3</sup> de Mn, Cu, Zn e Fe,

respectivamente; 7,14, 4,15, 6,33 e 11,3  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  de acidez potencial (H + Al), soma de bases, CTC efetiva e CTC pH 7, respectivamente; 34,42 e 36,76% de saturação por alumínio e saturação por bases, respectivamente. O solo restante foi separado em peneira de 5 mm, seco ao ar (TFSA), incubado para elevação do pH a 6,0, utilizando calcário dolomítico com 90% de PRNT, o qual apresentava 29% de óxido de Ca e 19% de óxido de Mg. A incubação consistiu da manutenção do calcário em contato com o solo, mantendo-se a umidade deste a 85% de sua capacidade de campo, até a elevação do pH à 6,0.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6x6, com seis tratamentos e seis datas de coleta, com três repetições de cada tratamento, totalizando 108 unidades experimentais. Os tratamentos avaliados foram: FOM 100, com 100% da recomendação de NPK na forma de organomineral; CA 10, apresentando a mesma quantidade de cama aviária utilizada no primeiro tratamento; FM 90, com a mesma quantidade de adubo mineral presente no primeiro tratamento; CA 100, com 100% da recomendação de NPK suprida por cama de aviário; FM 100, com 100% da recomendação de NPK na forma mineral; e TEST, tratamento testemunha, sem adubação. Os três tratamentos com teores de NPK iguais (FOM 100, CA 100 e FM 100) tinham por objetivo comparar a resposta das fontes, enquanto que os tratamentos CA 10 e FM 90 correspondem à fração orgânica e mineral do organomineral, respectivamente, tendo por objetivo identificar qual fração apresentaria maior influência na resposta do organomineral.

As doses dos fertilizantes aplicados foram baseadas na recomendação de adubação do manual de adubação e calagem da CQFS-RS/SC (2004), objetivando uma produtividade de 4  $\text{Mg ha}^{-1}$  de grãos de trigo. Utilizou-se o P como elemento base do cálculo. Além disso, devido à necessidade de igualar aos valores de N, P e K aplicados nos tratamentos com 100% da necessidade da cultura, inicialmente calculou-se os valores de NPK para a fonte orgânica, a qual não poderia receber adições de fertilizantes minerais complementares.

Foram utilizados no estudo os seguintes fertilizantes: cama aviária como fonte orgânica, fosfato monoamônico (MAP), ureia e cloreto de potássio (KCl) como fontes minerais, e um adubo organomineral composto pela mistura de 60% de cama aviária e 40% de MAP. Os teores de macronutrientes primários nos fertilizantes foram determinados (TEDESCO et al., 1995; MAPA, 2007) e constam na tabela 1. Em termos práticos foram adicionadas as seguintes quantidades de N, P e K para cada tratamento: tratamento FOM 100: 31, 22 e 25; tratamento CA 10: 3,0; 2,0 e 2,5; FM 90: 28, 20 e 22,5; CA 100: 31, 22 e 25; FM 100: 31, 22 e 25  $\text{mg kg}^{-1}$  de solo.

Tabela 1 – Caracterização química da cama aviária, fertilizante organomineral e fertilizante fosfato monoamônico (MAP) utilizados no experimento.

Elemento	Cama aviária	MAP	Organomineral
Umidade (%)	9,05	2,01	10,44
pH H <sub>2</sub> O	8,69	-	5,81
C (%)	34,11	-	18,71
N (%)	2,30	9,00	5,80
Relação C/N	15,00	-	3,20
N mineral (%)	0,25	3,39	2,68
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (%)	0,03	2,20	2,54
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (%)	0,22	0,15	1,19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	3,70	48,00	21,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> S.A. (%)	1,32	45,33	10,83
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> S.A.C 2% (%)	1,92	44,13	16,03
K <sub>2</sub> O (%)	2,30	0,08	1,60
Ca (%)	1,60	0,00	1,60
Mg (%)	4,00	0,00	4,10
S (%)	0,30	1,10	0,80
Cu (%)	0,04	0,00	0,01
Zn (%)	0,07	0,00	0,04
Mn (%)	0,05	0,00	0,027
Fe (%)	0,96	0,78	0,75
Na (%)	1,17	0,15	0,91

S.A.: solúvel em água; S.A.C. 2%: solúvel em ácido cítrico 2%.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

As plantas foram cultivadas em vasos de 20 centímetros de altura e 15 centímetros na base, com um volume aproximado de 3 litros. A adubação e a semeadura foram realizadas no dia 18 de janeiro de 2016. Inicialmente foi feita uma abertura de forma cilíndrica no solo, na parte central do vaso, com diâmetro de 1 cm e profundidade de 4 cm, na qual foram acondicionados os fertilizantes, que posteriormente foram cobertos com solo. No centro desta abertura, ainda, foi colocado um palito de madeira, com intuito de marcar o local exato onde foi inserido o fertilizante. A semeadura foi realizada posteriormente, com a colocação de 5 sementes de trigo por vaso, a uma profundidade de 2 cm. Utilizou-se a cultivar de trigo Tbio Sintonia. Após o término da semeadura, elevou-se a umidade do solo a 85% da capacidade de campo, a qual foi mantida durante todo o período de condução. As plantas foram mantidas em ambiente controlado, com temperatura entre 25 e 30°C, umidade de 85% e fotoperíodo médio de 12 horas.

Aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a semeadura (DAI), um grupo de 18 vasos (6 tratamentos com 3 repetições), foram separados e amostrados, sendo realizadas coletas de plantas e solo. A coleta de solo foi realizada de duas maneiras: na primeira coletou-se uma

pequena amostra de solo localizada a 1 cm do local da adubação para avaliação de: Carbono Solúvel em Água (CSA), cuja extração seguiu metodologia de Mendonça & Matos (2006) e determinação por método de Silva & Bohnen (2001), e disponibilidade de P extraído por Mehlich 1 (TEDESCO et al., 1995) e determinado por Murphy & Riley (1962). O solo restante foi homogeneizado e posteriormente amostrado, analisando-se: teores disponíveis de fósforo (P), extraídos por Mehlich 1 (TEDESCO et al., 1995) e Mehlich 3 (MEHLICH et al., 1983) e determinados por Murphy & Riley (1962); teores disponíveis de N mineral, nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), K, Ca e Mg (TEDESCO et al., 1995), manganês (Mn), Fe, cobre (Cu), zinco (Zn), extraídos por Mehlich 3 (MEHLICH et al., 1983) e determinados por Tedesco et al. (1995), além de valores de carbono orgânico total (COT), Al trocável, pH  $\text{H}_2\text{O}$ , Índice SMP, soma de bases, CTC efetiva, CTC pH7, saturação por bases, saturação por alumínio (TEDESCO et al., 1995) e pH  $\text{CaCl}_2$  0,01M (EMBRAPA et al., 1997).

As plantas foram amostradas apenas a partir da terceira coleta, ou seja, aos 8 dias após a implantação (DAI). Em cada período de coleta foram coletadas as plantas inteiras com posterior separação entre parte aérea e raízes. Após a separação, as raízes passaram por lavagem, retirando-se cuidadosamente todas as impurezas. As amostras de tecido foram secas em estufa com temperatura de  $60^\circ\text{C}$ , por 72 horas, para determinação da massa seca. Posteriormente as amostras foram moídas, em moinho tipo “Willey” para a realização de análise dos parâmetros nutricionais. As análises foram realizadas com tecido total da planta, ou seja, juntando-se a parte aérea e as raízes. Para a última coleta, 80 DAI, também realizou-se análise individual da parte aérea e das raízes. Todas as amostras de tecido passaram por digestão úmida sulfúrica (TEDESCO et al., 1995). Foram analisados os teores de N, P, K, Ca e Mg, de acordo com metodologia de Tedesco et al. (1995), e calculou-se a quantidade de cada um desses nutrientes acumulados por vaso, através da multiplicação dos teores dos elementos com a quantidade de massa seca das plantas.

As análises estatísticas foram baseadas em análise de variância (ANOVA), e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, enquanto que os períodos de amostragem foram analisados por regressão simples. As análises foram realizadas utilizando o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

## 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.4.1 Crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura do trigo

O rendimento de matéria seca total da cultura do trigo variou estatisticamente no tempo (ANEXO 1), e entre os tratamentos (tabela 2), havendo também interação dos tratamentos com o tempo. O rendimento de matéria seca total do trigo não diferiu estatisticamente entre as fontes e quantidades aplicadas, indicando não haver um crescimento mais rápido de trigo adubado com organomineral, em comparação às demais fontes. Por outro lado, a maior solubilidade de fertilizantes minerais pode promover, em determinadas condições, maior crescimento inicial de espécies agrícolas anuais (LOURENÇO et al., 2013). Avaliando a resposta de aplicação de adubo mineral, dejetos líquidos de suínos e uma condição com a mistura das fontes, em um Latossolo caracterizado como degradado em Minas Gerais, Silva et al. (2015) observaram maior acúmulo de massa seca de *Brachiaria decumbens*, aos 35 dias após a aplicação, no tratamento com adubação mineral. Contudo, quando a avaliação foi realizada aos 60 dias após a aplicação dos fertilizantes, o acúmulo de massa seca da forrageira nos tratamentos com adubação organomineral e orgânica foi maior do que na adubação mineral, indicando uma possível liberação mais tardia de seus nutrientes.

Tabela 2 – Produção de matéria seca, da planta inteira do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamentos	2	4	8	15	30	80
	..... g vaso <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	-	-	0,09 <sup>(ns)</sup>	0,11 <sup>(ns)</sup>	0,25 <sup>(ns)</sup>	6,60 a <sup>(1)</sup>
CA 10	-	-	0,08	0,11	0,23	3,18 ab
FM 90	-	-	0,06	0,10	0,25	6,73 a
CA 100	-	-	0,09	0,10	0,22	5,29 ab
FM 100	-	-	0,09	0,09	0,28	6,36 ab
TEST	-	-	0,08	0,11	0,22	2,67 b
CV, %	-	-	22,11	17,14	13,74	27,48

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

O rendimento de matéria seca da parte aérea entre tratamentos foi similar ao observado para matéria seca total, enquanto para as raízes não houve diferenças (tabela 3). A produção de matéria seca da parte aérea de trigo cultivado no solo com adubação mineral, foi maior que as observadas na testemunha. Na média, a parte aérea apresentou 71% da massa seca total produzida pela cultura. Os tratamentos com 100% da quantidade de NPK foram iguais entre si, bem como para o tratamento FM 90.

Tabela 3 - Produção de matéria seca, da parte aérea (MSPA) e das raízes (RAÍZES) do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamentos	2	4	8	15	30	80
.....MSPA, g vaso <sup>-1</sup> .....						
FOM 100	-	-	0,06 <sup>(ns)</sup>	0,07 <sup>(ns)</sup>	0,18 <sup>(ns)</sup>	4,16 abc
CA 10	-	-	0,07	0,07	0,16	2,25 bc
FM 90	-	-	0,05	0,06	0,19	5,05 a <sup>(1)</sup>
CA 100	-	-	0,07	0,07	0,16	3,98 abc
FM 100	-	-	0,07	0,07	0,21	4,52 ab
TEST	-	-	0,06	0,07	0,16	1,87 c
CV, %	-	-	26,78	16,80	14,65	23,35
.....RAÍZES, g vaso <sup>-1</sup> .....						
FOM 100	-	-	0,02 <sup>(ns)</sup>	0,04 <sup>(ns)</sup>	0,07 <sup>(ns)</sup>	2,45 <sup>(ns)</sup>
CA 10	-	-	0,02	0,04	0,07	0,94
FM 90	-	-	0,01	0,03	0,06	1,69
CA 100	-	-	0,02	0,03	0,07	1,32
FM 100	-	-	0,02	0,03	0,07	1,85
TEST	-	-	0,02	0,04	0,06	0,80
CV, %	-	-	29,89	25,65	17,09	41,50

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Houve variação no perfilhamento da cultura do trigo, avaliado aos 80 DAI, entre os tratamentos (tabela 4). O maior número de perfilhos foi observado nos tratamentos FOM 100 e FM 100, diferindo estatisticamente apenas à testemunha.

Tabela 4 - Número de perfilhos por planta do trigo, avaliados aos 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamento	Número de perfilhos
FOM 100	3,70 a <sup>(1)</sup>
CA 10	2,30 ab
FM 90	3,20 ab
CA 100	2,40 ab
FM 100	3,70 a
TEST	1,80 b
CV %	20,24

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os teores de P na planta diferiram estatisticamente entre os tratamentos, havendo variação no tempo e interação dos tratamentos com o tempo. No tempo (ANEXO 1) observou-se redução dos teores de P até a última coleta, 80 DAI, em função do efeito de diluição causado pelo aumento no acúmulo de matéria seca da planta. Na avaliação realizada aos 30 dias, observou-se maiores teores de P nas plantas cultivadas no solo com adição de FOM 100 e FM 100, estes não diferindo do tratamento FM 90, sendo superiores aos tratamentos com adubação orgânica e à testemunha (ANEXO 2). Os valores de P acumulados pela planta inteira aumentaram com o tempo (ANEXO 1), em função do incremento de matéria seca da planta. As diferenças entre tratamentos (tabela 5) apenas ocorreram nas duas últimas coletas: aos 30 dias os maiores valores exportados foram encontrados nos tratamentos FOM 100 e FM 100, sendo estatisticamente iguais ao tratamento FM 90; aos 80 DAI o tratamento FM 100 apresentou o maior valor de P exportado, sendo similar aos tratamentos FOM 100 e FM 90. Os maiores teores aos 30 DAI e a maior absorção de P aos 30 e 80 DAI, para os tratamentos com adubação mineral e organomineral, provém possivelmente de uma maior solubilidade destes em relação à adubação orgânica, indicando que parte do P presente na cama aviária não foi disponibilizada à planta (LOURENÇO et al., 2013).

Tabela 5 – Valores acumulados de P, na massa seca total do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamentos	2	4	8	15	30	80
	mg vaso <sup>-1</sup>					
FOM 100	-	-	0,30 <sup>(ns)</sup>	0,24 <sup>(ns)</sup>	0,92 a	10,49 ab
CA 10	-	-	0,31	0,26	0,27 b	5,11 cd
FM 90	-	-	0,26	0,24	0,74 ab	11,92 ab
CA 100	-	-	0,31	0,28	0,27 b	8,70 bc
FM 100	-	-	0,31	0,28	0,88 a	13,52 a
TEST	-	-	0,28	0,29	0,25 b	3,95 d
CV, %	-	-	29,03	20,55	37,19	16,89

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os teores de N diferiram entre os tratamentos, no tempo, e houve interação dos tratamentos com o tempo. No tempo (ANEXO 1) houve redução linear dos teores do elemento para todos os tratamentos, também resultado do crescimento da planta e consequente diluição do elemento no seu tecido. Aos 30 DAI os maiores teores de N foram observados no tratamento FM 100, não diferindo para os tratamentos FOM 100, FM 90 e CA 100 (ANEXO 3). Os maiores

teores de N verificados nas plantas cultivadas no solo com adubação mineral podem ser resultado da maior solubilidade dessa fonte em relação às demais avaliadas (COSTA et al., 2011<sup>2</sup>). Os valores de N absorvidos pela planta inteira aumentaram no tempo (ANEXO 1). As diferenças entre tratamentos (tabela 6) apenas ocorreram nas duas últimas coletas: aos 30 e aos 80 dias os maiores valores exportados foram observados nas plantas cultivadas no solo com FM 100, cujo resultado foi estatisticamente similar nos tratamentos FOM 100, FM 90 e CA 100.

Tabela 6 - Valores acumulados de N, na massa seca total do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamentos	2	4	8	15	30	80
	.....mg vaso <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	-	-	3,83 <sup>(ns)</sup>	4,04 <sup>(ns)</sup>	9,22 ab	158,91 ab
CA 10	-	-	3,89	4,60	6,70 b	83,86 bc
FM 90	-	-	2,74	3,92	8,55 ab	163,50 a
CA 100	-	-	3,81	4,23	7,22 ab	130,95 abc
FM 100	-	-	3,71	3,74	10,71 a	168,94 a
TEST	-	-	3,68	4,43	6,85 b	72,66 c
CV, %	-	-	22,26	16,73	16,73	21,86

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os teores de K não diferiram estatisticamente entre os diferentes tratamentos (ANEXO 4). O comportamento no tempo (ANEXO 1) apenas foi significativo para o tratamento FOM 100, com aumento até o 30º dia e posterior redução. Comparando-se diferentes fontes não é esperada diferença em termos de solubilidade no solo, resultando em uma disponibilidade similar às plantas (LOURENÇO et al., 2013; CQFS – RS/SC, 2016). Os valores de K acumulados pela planta inteira aumentaram no tempo (ANEXO 1). As diferenças entre tratamentos (tabela 7) apenas ocorreram na última coleta, aos 80 dias, os maiores valores acumulados foram observados nas plantas cultivadas no solo com FM 90, sendo similar aos tratamentos FOM 100, CA 100 e FM 100, justamente os tratamentos em que as dosagens de K aplicadas foram muito similares.

Tabela 7 - Valores acumulados de K, na massa seca total do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamentos	2	4	8	15	30	80
	.....mg vaso <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	-	-	3,45 <sup>(ns)</sup>	4,46 <sup>(ns)</sup>	10,77 <sup>(ns)</sup>	21,97 ab
CA 10	-	-	3,34	4,68	8,67	12,60 bc
FM 90	-	-	2,30	3,80	10,65	22,78 a
CA 100	-	-	2,96	4,25	8,30	20,53 abc
FM 100	-	-	3,28	4,41	11,47	21,93 ab
TEST	-	-	2,86	4,91	8,71	11,66 c
CV, %	-	-	22,92	17,19	18,39	19,84

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os teores de Ca e Mg não diferiram entre os tratamentos (ANEXO 5). Os valores de Ca e de Mg acumulados pela planta inteira aumentaram com o tempo (ANEXO 1), e as diferenças entre tratamentos (tabela 8) apenas ocorreram na última coleta, onde nas condições onde adicionou-se 90 e 100% da necessidade de NPK não houve variação entre os tratamentos.

Tabela 8 - Valores de Ca e Mg acumulados, na massa seca total do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamentos	2	4	8 <sup>ns</sup>	15 <sup>ns</sup>	30 <sup>ns</sup>	80**
	.....Ca, mg vaso <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	-	-	0,10 <sup>(ns)</sup>	0,23 <sup>(ns)</sup>	0,73 <sup>(ns)</sup>	15,89 a
CA 10	-	-	0,09	0,25	0,64	7,37 bc
FM 90	-	-	0,05	0,22	0,80	12,66 abc
CA 100	-	-	0,09	0,21	0,66	11,20 abc
FM 100	-	-	0,12	0,21	0,84	14,14 ab
TEST	-	-	0,07	0,22	0,60	6,33 c
CV, %	-	-	46,36	18,89	16,68	22,67
	.....Mg, mg vaso <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	-	-	0,23 <sup>(ns)</sup>	0,44 <sup>(ns)</sup>	1,10 <sup>(ns)</sup>	22,72 a
CA 10	-	-	0,24	0,44	1,00	12,02 ab
FM 90	-	-	0,21	0,39	1,18	21,74 a
CA 100	-	-	0,24	0,43	1,06	17,85 ab
FM 100	-	-	0,26	0,41	1,32	20,95 a
TEST	-	-	0,23	0,43	1,00	9,40 b
CV, %	-	-	16,97	12,70	13,64	23,21

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

#### 5.4.2 Disponibilidade de nutrientes e parâmetros químicos do solo

A disponibilidade de P no solo variou significativamente no tempo e entre os tratamentos. Como não houve interação dos tratamentos com os períodos de amostragem, uma única equação linear representa o comportamento do nutriente no tempo (ANEXO 1), o qual reduziu até o último período de avaliação. A redução da disponibilidade de P no tempo pode ter ocorrido em função de sua absorção pela planta e pela alta afinidade do elemento aos constituintes sólidos do solo, especialmente em solos com predomínio da fração argila e mineralogia predominantemente oxídica (BARRON et al., 1988), onde o elemento liga-se aos íons Fe e Al (CHIEN et al., 2014), tornando-se indisponível à planta (GATIBONI et al., 2008). Na média de todos os tempos de avaliação, a maior disponibilidade de P, independentemente do extrator utilizado (tabela 9), foi observado nos tratamentos com adubação mineral, seguida pelos tratamentos com adubação orgânica e organomineral. Em média, considerando apenas os tratamentos com 100% de NPK aplicado, a adubação mineral apresentou 31 e 37% mais P que os tratamentos com adubação organomineral e orgânica, respectivamente. Ainda, considerando apenas as fontes em que se aplicou 100% dos nutrientes exigidos pela cultura, observou-se que a quantidade de P recuperado no solo, considerando os teores disponíveis a cada coleta e o P nativo do solo, representou cerca de 18, 12 e 37% aos dois DAI, e 26, 18 e 25% aos 80 DAI, para as fontes organomineral, orgânica e mineral, respectivamente, indicando que inicialmente há uma maior disponibilidade de P pela adubação mineral, em função de sua maior solubilidade, porém, com o passar do tempo, as fontes orgânica e organomineral tendem a aumentar a disponibilidade, enquanto que os teores disponíveis na adubação mineral reduzem, em função da rápida adsorção do elemento ao solo (GATIBONI et al., 2007). A liberação mais lenta de P por fertilizantes orgânicos e organominerais pode estar atrelada à presença de compostos de menor labilidade em sua constituição, retardando a solubilização (TEJADA et al., 2005). Além disso, a menor liberação de P pelo fertilizante organomineral, em relação à fonte mineral, pode estar relacionada aos processos de preparo desses produtos, com a formação de frações do nutriente menos solúveis (ANTILLE et al., 2014<sup>1</sup>).

Para o solo coletado nas proximidades ao local de deposição dos fertilizantes, os maiores teores de P (P localizado) foram observados nos tratamentos com adubação mineral, sendo esses superiores a todos os demais tratamentos (tabela 9). No tempo não houve alteração para o P disponível. A maior solubilidade dos fertilizantes minerais pode resultar em grande aumento na concentração e consequente saturação dos sítios de adsorção do solo nas regiões próximas ao local de deposição do fertilizante (CASTRO et al., 2015). A difusão do P no solo, quando

ocorre, se restringe normalmente a poucos milímetros do local de aplicação, e varia de acordo com a textura e capacidade adsorviva do solo (LOMBI et al., 2004).

Comparando os métodos de extração de P, Mehlich 1 extraiu cerca de 8% a mais de P em relação ao método Mehlich 3 (ANEXO 8). O comportamento desses métodos, especialmente Mehlich 1, podem sofrer interferência da textura do solo, reduzindo sua capacidade de extração em solos mais argilosos (CQFS, RS/SC, 2016). Para solos menos argilosos normalmente observa-se valores maiores para o extrator Mehlich 3 (BORTOLON & GIANELLO, 2008), fato este não observado no presente estudo.

Tabela 9 - Teores de P disponível no solo, analisados na coleta localizada (P localizado), extraído por Mehlich 1, e no solo total, extraídos por Mehlich 1 (P total, M 1) e Mehlich 3 (P total, M 3), para os diferentes tratamentos avaliados.

Tratamento	P localizado	P total, M1	P total, M3
	.....mg dm <sup>-3</sup> .....		
FOM 100	5,72 b	12,76 b	12,30 b
CA 10	5,69 b	8,06 c	6,84 c
FM 90	7,87 a	15,03 a	14,56 a
CA 100	5,57 b	12,25 b	11,62 b
FM 100	8,09 a	16,81 a	15,28 a
TEST	5,77 b	7,70 c	6,31 c
CV %	29,81	16,72	16,56

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ms</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

A disponibilidade de K variou significativamente no tempo, havendo diferenças também entre tratamentos e interação dos tratamentos com o tempo. No tempo houve redução na disponibilidade de K (ANEXO 1), sendo esta mais acentuada aos 80 DAI, resultado do maior crescimento das plantas e conseqüente absorção. Foram observadas diferenças entre os tratamentos no 2°, 4°, 15° e 30° DAI (tabela 10). De maneira geral, na análise realizada aos 30 dias, bem como na média total, considerando os seis períodos avaliados, os três tratamentos com 100% de NPK, mais o tratamento FM 90, apresentaram valores similares, sendo estatisticamente maiores em relação à testemunha e ao tratamento CAM 10. Os valores similares entre as fontes, quando estas adicionaram a mesma quantidade de K, relaciona-se ao fato de o elemento encontrar-se em formas solúveis, inclusive no fertilizante orgânico (CQFS, RS/SC, 2016).

Comparando o comportamento dos extratores, observa-se que Mehlich 3 extraiu 30% a mais de K em relação à Mehlich 1 (ANEXO 3). Resultados similares podem ser observados em outros estudos (BORTOLON et al., 2010), não havendo para este elemento interferência da textura do solo sobre os extratores.

Tabela 10 - Teores de K disponível no solo, extraídos por Mehlich 1 e por Mehlich 3, avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamento	2	4	8	15	30	80	Média
.....Mehlich 1, mg dm <sup>-3</sup> .....							
FOM 100	136,7 a	126,0 ab	129,3 <sup>(ns)</sup>	119,3 ab	115,3 bc	88,0 <sup>(ns)</sup>	119,1 a
CA 10	118,0 ab	106,7 b	112,7	97,3 b	100,7 c	85,3	103,4 b
FM 90	120,0 ab	141,3 a	145,3	124,0 ab	143,3 a	81,3	125,9 a
CA 100	122,0 ab	123,3 ab	158,0	123,3 ab	136,7 a	95,3	126,4 a
FM 100	134,0 a	132,0 ab	136,0	144,0 a	135,3 ab	80,7	127,0 a
TEST	106,0 b	117,3 ab	112,7	110,0 b	112,7 c	84,7	107,2 b
CV, %	7,26	8,39	12,50	8,19	5,93	15,81	9,75
.....Mehlich 3, mg dm <sup>-3</sup> .....							
FOM 100	181,0 ab	184,3 a	164,3 ab	167,0 ab	167,7 a	111,0 <sup>(ns)</sup>	162,6 a
CA 10	144,3 c	159,7 bc	143,7 b	147,0 cd	150,3 bc	119,7	144,1 b
FM 90	173,7 ab	177,7 ab	161,7 ab	164,3 bcd	167,7 a	113,0	159,7 a
CA 100	180,3 ab	164,3 abc	154,3 ab	157,7 bc	159,7 ab	131,7	158,0 a
FM 100	183,7 a	168,3 ab	177,7 a	177,7 a	169,7 a	105,0	163,7 a
TEST	155,7 bc	144,3 c	136,3 b	137,7 d	141,7 c	109,0	137,4 b
CV, %	5,98	4,41	7,48	4,53	3,73	10,56	6,08

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Houve variações nos valores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> disponível tanto no tempo e entre tratamentos, bem como interação entre essas variáveis. No tempo observou-se uma significativa redução até os 30 DAI (ANEXO 1), fruto das boas condições de aeração do solo, promovendo uma rápida nitrificação (CHEN et al., 2015). Após os 30 dias houve estabilização dos teores. Entre os tratamentos, considerando a média de todas as coletas (tabela 11), o maior valor de amônio foi observado no tratamento FM 100, não diferindo para o tratamento FOM 100, sendo, porém superior aos demais. Os menores valores observados para a CA 100, podem ser devido à parte do N presente na cama aviária estar ligado a compostos orgânicos estáveis, os quais precisam ser decompostos para disponibilizar seus nutrientes no solo (LOURENÇO et al., 2013), bem como ao predomínio da fração nítrica na cama aviária utilizada neste estudo, o que normalmente não é observado (ROGERI et al., 2016).

Tabela 11 - Teores de  $\text{NH}_4^+$  disponíveis no solo, avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamento	2	4	8	15	30	80	Média
	mg kg <sup>-1</sup>						
FOM 100	91,1 ab	83,6 ab	54,4 a	24,0 <sup>(ns)</sup>	18,8 ab	31,4 ab	50,6 ab
CA 10	63,5 c	72,0 ab	27,5 c	19,3	10,7 ab	23,5 ab	36,1 d
FM 90	89,2 ab	79,6 ab	54,2 a	20,1	19,0 ab	26,8 ab	48,2 b
CA 100	79,5 abc	66,6 ab	39,1 b	19,4	22,8 a	36,7 ab	44,0 bc
FM 100	100,3 a	102,5 a	59,9 a	30,2	21,0 ab	29,3 a	57,2 a
TEST	75,8 bc	65,2 b	38,3 bc	14,2	8,9 b	18,9 b	36,9 cd
CV, %	9,82	16,84	9,20	28,64	29,18	17,56	16,62

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os valores de  $\text{NO}_3^-$  apresentaram um comportamento quadrático para os tratamentos no tempo (ANEXO 1). Houve aumento da forma nítrica até os 30 DAI, resultado da nitrificação, e posterior redução aos 80 DAI, fruto, principalmente, do aumento da absorção do nutriente (LOURENÇO et al., 2013). Na média de todas as coletas, os tratamentos CA 100 e FM 100 apresentaram os maiores valores de  $\text{NO}_3^-$ , sendo estes similares aos tratamentos FOM 100, CA 10 e FM 90, porém superiores à testemunha (tabela 12). Considerando as três fontes que forneceram 100% do N exigido pela cultura, os picos de  $\text{NO}_3^-$  foram observados aos 43, 44 e 47 DAI para as fontes organomineral, mineral e orgânica, respectivamente. O pico mais tardio para o fertilizante orgânico, apesar de pouco expressivo, pode indicar um leve retardamento nos processos de transformação do N no solo (ROGERI et al., 2016).

Tabela 12 - Teores de  $\text{NO}_3^-$  disponíveis no solo, avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamentos	2	4	8	15	30	80	Média
	mg kg <sup>-1</sup>						
FOM 100	67,2 ab	80,6 <sup>(ns)</sup>	107,9 <sup>(ns)</sup>	144,9 a	144,6 abc	89,1 <sup>(ns)</sup>	105,7 ab
CA 10	66,3 ab	81,2	112,1	131,1 bc	125,4 d	103,0	103,2 ab
FM 90	63,1 ab	79,9	110,9	136,4 ab	153,8 ab	77,4	103,0 ab
CA 100	72,3 a	88,3	112,9	136,4 ab	140,9 bcd	112,6	110,0 a
FM 100	67,8 ab	80,7	111,5	134,4 b	160,8 a	96,8	108,7 a
TEST	59,8 b	83,5	104,2	122,6 c	130,9 cd	85,6	97,8 b
CV, %	5,90	7,44	3,36	2,70	4,45	19,36	8,27

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os teores de N mineral decresceram no tempo (ANEXO 1), por causa da crescente demanda de N pela planta. Os dois tratamentos que apenas receberam adubação orgânica não variaram significativamente no tempo, em função dos maiores valores que apresentaram aos 80 DAI. Entre os tratamentos houve variação significativa em todos os períodos de coleta, exceto na última (tabela 13). Em cada período, e conseqüentemente, na média destes, os maiores valores de N mineral foram observados no tratamento FM 100, porém não havendo diferença para os demais tratamentos onde 100% da dose NPK foi aplicada, assim como para o FM 90. Alguns estudos demonstram a possibilidade de haver um retardamento no processo de liberação do N presente em adubos orgânicos, devido a parte do elemento estar ligado a frações orgânicas estáveis, retardando assim sua solubilização (ROGERI et al., 2016).

Tabela 13 - Teores de N mineral disponíveis no solo, avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamento	2	4	8	15	30	80	Média
	..... mg kg <sup>-1</sup> .....						
FOM 100	158,3 a	164,2	162,3 ab	168,9 a	163,3 a	120,6 <sup>(ns)</sup>	156,3 ab
CA 10	129,8 c	153,2	139,6 c	150,3 ab	136,2 b	126,5	139,3 c
FM 90	152,3 ab	159,5	165,1 a	156,4 ab	172,8 a	104,1	151,7 b
CA 100	151,8 ab	154,9	152,1 bc	155,7 ab	163,7 a	149,3	154,6 ab
FM 100	168,1 a	183,2	171,4 a	164,6 a	181,8 a	126,2	165,9 a
TEST	135,6 bc	148,7	142,5 c	138,8 b	139,9 b	104,5	134,7 c
CV, %	4,26	9,42	3,03	4,72	4,59	17,30	7,88

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os teores de Ca e Mg trocáveis no solo não diferiram significativamente entre os tratamentos (tabela 14), e não houve interação entre tempo e tratamentos. No tempo houve um aumento significativo linear para o Ca e quadrático para o Mg (ANEXO 1). A correção inicial do pH do solo com calcário dolomítico, o qual adiciona quantidades expressivas de Ca e Mg ao solo, deve ter contribuído para o comportamento semelhante entre os tratamentos, o que já foi observado nos teores dos elementos na planta. A adição de grandes quantidades de cama aviária, CA 100, não gerou aumentos significativos de Ca e Mg. Em certos casos, contudo, a adição de dejetos animais pode aumentar os teores desses elementos no solo, especialmente na camada superficial (BARCELLOS et al., 2015).

Tabela 14 - Teores de Ca e Mg no solo, na média de todos os períodos de coleta dos tratamentos.

Tratamento	Ca	Mg
	.....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....	
FOM 100	4,58 <sup>(ns)</sup>	5,22 <sup>(ns)</sup>
CA 10	4,58	5,22
FM 90	4,63	5,24
CA 100	4,65	5,28
FM 100	4,67	5,30
TEST	4,75	5,39
CV %	3,88	3,91

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

O pH em água apresentou variação no tempo e entre os tratamentos, bem como interação entre tempo e tratamentos. No tempo os tratamentos tiveram seu pH alterado de maneira quadrática, com redução até os 30 DAI, e um leve aumento na coleta realizada aos 80 dias (ANEXO 1). Na média de todos os tempos de coleta, o maior valor de pH ocorreu no tratamento CA 100, sendo similar aos tratamentos CA 10, FM 90 e FM 100, porém superior aos demais tratamentos (tabela 15). A redução do pH no tempo pode ser devido a maior absorção de elementos catiônicos pela planta nos períodos iniciais de avaliação, e consequente, liberação de íons H<sup>+</sup> na solução do solo (ANDREOLA et al., 2000<sup>1</sup>). Da mesma forma, o leve aumento do pH observado na última amostragem pode ser também proveniente do balanço na absorção de nutrientes, os altos valores de nitrato absorvidos, em comparação aos nutrientes catiônicos, neste período, podem ter resultado em uma maior liberação de hidroxilas no solo, ocasionando o aumento do pH do solo (ERNANI, 2016). A adição de grandes quantidades de cama aviária no solo pode resultar em elevação do pH, muito em função da adição de carbonato de cálcio na dieta dos animais e que em parte é excretada (PINHEIRO et al., 2014), ou ainda pela presença de compostos orgânicos nos resíduos, favorecendo a adsorção de íons H<sup>+</sup> (LOURENZI et al., 2016). Esse efeito, contudo, ao longo do tempo tende a ser reduzido, e sua magnitude varia muito em função do resíduo utilizado e das características de cada solo (ERNANI & GIANELLO, 1983). Comparando os valores de pH em água com os analisados em sal, observa-se que os valores de pH obtidos em água foram superiores aos obtidos em sal, numa faixa de 0,4 unidades de pH, indicando predomínio de cargas negativas presentes no solo (ERNANI, 2016).

Tabela 15 - Valores de pH em água e pH em CaCl<sub>2</sub> avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamento	2	4	8	15	30	80	Média
.....pH H <sub>2</sub> O.....							
FOM 100	6,06 <sup>(ns)</sup>	5,79 b	5,63 a	5,41 <sup>(ns)</sup>	5,38 b	5,58 <sup>(ns)</sup>	5,64 b
CA 10	5,94	5,88 ab	5,62 ab	5,41	5,51 ab	5,61	5,66 ab
FM 90	5,98	6,00 a	5,65 a	5,43	5,43 b	5,63	5,69 ab
CA 100	6,01	5,89 ab	5,65 a	5,47	5,64 a	5,62	5,71 a
FM 100	6,07	5,87 ab	5,57 ab	5,44	5,40 b	5,55	5,65 ab
TEST	5,88	5,82 b	5,52 b	5,38	5,55 ab	5,60	5,63 b
CV, %	1,58	0,94	0,71	0,87	1,25	1,51	1,20
.....pH CaCl <sub>2</sub> .....							
FOM 100	5,72 <sup>(ns)</sup>	5,70 <sup>(ns)</sup>	5,50 <sup>(ns)</sup>	5,34 <sup>(ns)</sup>	5,33 abc	5,29 <sup>(ns)</sup>	5,48 <sup>ns</sup>
CA 10	5,71	5,59	5,47	5,38	5,45 a	5,33	5,49
FM 90	5,82	5,75	5,54	5,33	5,26 bc	5,27	5,49
CA 100	5,82	5,61	5,52	5,29	5,42 ab	5,33	5,50
FM 100	5,86	5,65	5,47	5,37	5,21 c	5,29	5,48
TEST	5,75	5,59	5,48	5,36	5,42 ab	5,32	5,49
CV, %	1,11	1,18	0,53	1,25	1,18	1,01	1,07

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os valores de Mn, Cu e Fe variaram no tempo (ANEXO 1), o que não foi observado para o Zn. Os teores de Mn aumentaram até os 8 DAI e posteriormente reduziram, enquanto o Cu teve sua disponibilidade aumentada até a última amostragem. Para o comportamento entre os tratamentos não houve diferença estatística para Mn e Fe (tabela 16). Para Cu e Zn os maiores valores foram encontrados para CA 100, porém sendo similar aos tratamentos FM 100 e TEST no caso do Cu, e FOM 100 para o Zn. Considerando os teores críticos destes nutrientes em solos dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2016), ou seja, 5, 0,4 e 0,5 para Mn, Cu e Zn, respectivamente, observa-se que o Cambissolo utilizado neste estudo possui valores acima dos níveis considerados ideais para o suprimento às plantas, não sendo necessária aplicação. Aumentos significativos na disponibilidade de micronutrientes catiônicos no solo podem, em alguns solos, ser observados com a adubação orgânica, pela presença desses elementos na constituição dos resíduos (ANDREOLA et al., 2000<sup>1</sup>; BARCELLOS et al., 2015).

Tabela 16 - Valores de manganês, cobre, zinco e ferro no solo, na média de todos os períodos de coleta dos tratamentos.

Tratamento	Mn	Cu	Zn	Fe
	.....mg dm <sup>-3</sup> .....			
FOM 100	63,55 <sup>(ns)</sup>	1,10 b	3,83 ab	497,78 <sup>(ns)</sup>
CA 10	63,02	1,12 b	3,43 b	497,04
FM 90	63,40	1,16 b	3,41 b	507,33
CA 100	66,80	1,31 a	4,18 a	498,69
FM 100	62,23	1,16 ab	3,40 b	505,76
TEST	62,49	1,18 ab	3,45 b	490,35
CV %	8,52	12,80	14,13	5,06

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

A adição de cama aviária promoveu a redução da acidez potencial e aumento do Índice SMP, da soma de bases, CTC efetiva e saturação por bases no solo (tabela 17). A magnitude desse efeito, porém, foi pequena, não diferindo para boa parte dos demais tratamentos. No tempo houve aumento nos valores da acidez potencial, da CTC efetiva, CTC pH 7, e redução da saturação por bases (ANEXO 1). A adição de cama aviária, assim como outros resíduos animais, devido a presença de diferentes frações de C e de elementos químicos, pode trazer alguns benefícios ao solo, como aumento da soma de bases (GEBRIM et al., 2008; BARCELLOS et al., 2015) e complexação do alumínio trocável (CERETTA et al., 2003), porém esse efeito é dependente do tipo e da quantidade de material utilizado, e das características do solo (GEBRIM et al., 2008). Os valores de COT não variaram no tempo (ANEXO 1) e tampouco entre tratamentos. A influência da adubação orgânica sobre os teores de COT não é muito representativa e, quando ocorre, tende a ser observada após alguns anos do uso de fertilizantes orgânicos (LEITE et al., 2003; BARCELLOS et al., 2015; LOURENZI et al., 2016).

Tabela 17 - Valores do Índice SMP, de carbono orgânico total (COT), H + Al, soma de bases (SB), CTC efetiva (CTCef.), CTC<sub>pH7</sub>, e saturação por bases (V), na média de todos os períodos de coleta dos tratamentos.

Tratamento	SMP	COT %	H + Al .....cmolc dm <sup>-3</sup> .....	SB	CTCef.	CTC <sub>pH7</sub>	V %
FOM 100	6,59 ab	1,59 <sup>(ns)</sup>	2,24 ab	10,42 ab	10,48 ab	12,66 <sup>(ns)</sup>	82,36 a
CA 10	6,57 ab	1,58	2,30 ab	10,26 b	10,30 b	12,56	81,75 ab
FM 90	6,56 ab	1,56	2,34 ab	10,38 ab	10,44 ab	12,72	81,76 ab
CA 100	6,60 a	1,57	2,22 b	10,72 a	10,77 a	12,94	82,95 a
FM 100	6,55 ab	1,57	2,36 ab	10,49 ab	10,55 ab	12,85	81,77 ab
TEST	6,52 b	1,54	2,43 a	10,25 b	10,30 b	12,68	80,89 b
CV %	1,24	6,04	9,37	3,55	3,55	3,51	1,76

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os teores de carbono solúvel em água (CSA) apresentaram variação no tempo, entre tratamentos, bem como interação entre o tempo e os tratamentos. Apenas aos 2 DAI foram observadas diferenças entre tratamentos (tabela 18), onde o tratamento com 100% da adubação na forma orgânica apresentou os maiores valores, sendo estatisticamente iguais aos tratamentos FOM 100 e FM 90. No tempo houve alteração quadrática para todos os tratamentos, exceto para FM 100 cujo comportamento foi linear (ANEXO 1). A cama aviária, por ser um resíduo orgânico, e os próprios fertilizantes organominerais, podem apresentar diversos ácidos orgânicos de baixo peso molecular em sua constituição (GEBRIM et al., 2008). A permanência desses compostos no solo, contudo, tende a ser curta, pois estes em grande parte não ficam adsorvidos no solo, podendo ser perdidos por lixiviação ou por decomposição (GEBRIM et al., 2008). A redução da fração CSA no tempo, ocorrida até os 30 DAI, pode ser atribuída tanto à oxidação biológica como também ao processo de adsorção de ânions orgânicos por colóides do solo, especialmente óxidos de ferro e alumínio (FRANCHINI et al., 1999). O pequeno aumento observado entre o 30º DAI e a última data de amostragem, aos 80 DAI, pode ter ocorrido em função do maior crescimento das plantas nesse período, resultando em maior exsudação de compostos orgânicos pelas raízes (REN et al., 2014).

Tabela 18 - Teores de carbono orgânico solúvel em água, no solo, avaliados aos 2, 4, 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamento	2	4	8	15	30	80	Média
	.....mg dm <sup>-3</sup> .....						
FOM 100	270,9 ab	274,2 <sup>(ns)</sup>	265,5 <sup>(ns)</sup>	176,7 <sup>(ns)</sup>	173,9 <sup>(ns)</sup>	202,2 <sup>(ns)</sup>	227,2 <sup>(ns)</sup>
CA 10	215,2 b	237,7	290,4	188,3	170,4	258,3	226,7
FM 90	261,1 ab	230,6	210,4	186,1	136,8	167,2	198,7
CA 100	362,5 a	281,2	203,5	165	174,5	163,9	225,1
FM 100	221,21 b	237,1	221,4	180,6	179,1	135,6	195,8
TEST	248,7 b	223,2	260,3	171,7	168,6	147,2	203,3
CV, %	14,44	21,75	17,32	9,59	15,69	26,52	18,53

FOM 100: 100% de fertilizante organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% de cama aviária; FM 100: 100% de adubo mineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

O crescimento da cultura do trigo, avaliado por meio do acúmulo de matéria seca, não variou entre as fontes, demonstrando que todas podem ser utilizadas na adubação da cultura. No solo, a disponibilidade de P com a adubação orgânica e organomineral foi inferior à adubação mineral, indicando que a presença de compostos orgânicos nestes fertilizantes pode reduzir ou retardar a liberação do nutriente. A disponibilidade de N e K, por outro lado, é pouco afetada pelo fertilizante utilizado. Destaca-se também que as fontes orgânica e organomineral contêm micronutrientes em sua constituição, porém, nas condições deste estudo, este efeito não foi significativo. Por último, a presença de compostos orgânicos de alta labilidade em fertilizantes orgânicos e organominerais podem representar melhorias no solo, especialmente pelo aumento na disponibilidade de P próximo aos locais de deposição dos fertilizantes, neste estudo esse efeito não foi observado. A adição de cama aviária proporcionou aumentos nos teores solúveis de C dois dias após a aplicação do resíduo, porém esse efeito foi pouco expressivo, não representando nenhum ganho no crescimento da planta.

## 5.5 CONCLUSÕES

O rendimento de matéria seca de trigo não varia em função dos fertilizantes testados.

Os fertilizantes orgânicos e organominerais apresentam liberação mais lenta de P, e a dinâmica de liberação de N e K não sofre variação entre tratamentos.

Os teores de micronutrientes no solo não são influenciados de maneira significativa pela aplicação de fertilizantes organominerais e orgânicos.

O fertilizante organomineral pode ser utilizado em substituição à adubação mineral, porém não apresenta melhorias adicionais em relação às demais fontes.

## **6 CAPÍTULO 2. RESPOSTA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTES NAS CULTURAS DE FEIJOEIRO E TRIGO EM CAMBISSOLO HÚMICO NA REGIÃO SERRANA CATARINENSE**

### **6.1 RESUMO**

A utilização de fertilizantes químicos é predominante nas culturas de feijoeiro e trigo, mas pode ser substituída por resíduos orgânicos, especialmente dejetos animais e fertilizantes organominerais. Os adubos organominerais, caracterizados pela mistura de resíduos orgânicos e fertilizantes minerais, ainda necessitam ser melhor avaliados quanto aos seus impactos sobre atributos químicos do solo e resposta no rendimento de plantas. O objetivo do estudo foi avaliar a resposta de fertilizantes químicos, orgânicos e organominerais no rendimento de trigo e feijão, e alterações de atributos químicos do solo. O experimento foi instalado na fazenda experimental do CAV/UEDESC, em Lages, em um Cambissolo Húmico, o qual apresentava altos valores de matéria orgânica, e teores de P e K classificados como baixos e muito altos, respectivamente. Os tratamentos foram: FOM 100, com 100% da adubação na forma de organomineral; CA 10, mesma quantidade de cama aviária utilizada em FOM 100; FM 90, mesma quantidade de adubo mineral utilizada em FOM 100; CA 100, 100% da adubação na forma de cama aviária; FM 100, 100% da adubação na forma de adubo mineral; FM 150, 150% da adubação na forma de adubo mineral; FOM 150, 150% da adubação na forma de organomineral; e TEST: tratamento sem adubação. Inicialmente cultivou-se feijoeiro, semeado em dezembro de 2015 e, posteriormente, trigo, semeado em julho de 2016. Avaliou-se durante o estudo o rendimento das culturas, tanto de massa seca como de grãos, bem como atributos químicos do solo, analisados ao final de cada cultivo, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. Não houve variação no rendimento de grãos e de massa seca da parte aérea entre os fertilizantes testados. No solo apenas houve diferenças entre tratamentos para o P, o qual foi maior no tratamento CA 100. O fertilizante organomineral, assim como a cama aviária, pode ser utilizado no cultivo de feijão e trigo, não apresentando, contudo, ganhos adicionais em relação à adubação mineral.

### **6.2 INTRODUÇÃO**

As culturas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) e do trigo (*Triticum aestivum*) estão entre as mais importantes no setor agrícola brasileiro. A boa resposta agrônômica dessas culturas, assim como das demais, depende de diversos fatores, com destaque para a adubação, sendo este fator fundamental para o bom desenvolvimento e rendimento de espécies agrícolas (BERTI et al., 2007).

A principal fonte de adubação utilizada na produção de grãos é a mineral. Além da alta concentração de nutrientes e da elevada solubilidade, os adubos minerais resultam em rapidez e agilidade no momento da aplicação. A alta solubilidade pode trazer problemas como a baixa eficiência de alguns elementos, especialmente o P por adsorção e/ou precipitação, principalmente em solos com predomínio da fração argila e óxidos (BARRON et al., 1988), além da capacidade de alguns fertilizantes causarem acidificação do solo (BARCELLOS et al., 2015).

Em relação à adubação orgânica, sua principal limitação provém da baixa concentração de nutrientes, exigindo grandes doses para satisfazer as necessidades nutricionais das plantas, gerando maiores gastos com transporte e aplicação (ALCARDE et al., 1998). Dentre os diversos benefícios ao solo destaca-se o aumento no teor de nutrientes, como P, K (BARCELLOS et al., 2015), Ca, Mg (CERETTA et al., 2003), além de alguns micronutrientes (ANDREOLA et al., 2000<sup>1</sup>). A presença de compostos orgânicos pode reduzir os teores de alumínio trocável no solo (HUE & LICUDINE, 1999).

Como alternativa para melhorar a eficiência dos fertilizantes minerais e aumentar a concentração de nutrientes dos orgânicos, surgiram no mercado os chamados fertilizantes organominerais (ALCARDE, 2007), resultantes da mistura de adubos químicos e resíduos orgânicos, além de outros produtos alternativos, como o calcário (WIETHOLTER et al., 1994). Dentre os benefícios ao solo pode-se destacar a possível redução da adsorção específica de P, pela presença de frações lábeis de C, os quais podem bloquear os sítios de adsorção por complexação com Al, Fe e Ca (GUPPY et al., 2005). O uso desses fertilizantes pode, também, reduzir as perdas de N pela presença de frações mais recalcitrantes do elemento ligadas a compostos orgânicos (TEJADA et al., 2005).

Alguns estudos à campo já avaliaram a resposta agrônômica de fertilizantes organominerais, em comparação a outras fontes, no rendimento de culturas agrícolas anuais (ANDREOLA et al., 2000; CAI, QIN, 2006; PAULETTI et al., 2008; COSTA et al., 2011<sup>1</sup>; LANA et al., 2014). Cultivando feijoeiro e milho em um Nitossolo catarinense, Andreola et al. (2000<sup>2</sup>) não encontraram diferenças em rendimento pela adubação com fertilizantes químicos, orgânicos e organominerais, utilizando a cama aviária como fonte orgânica, atribuindo esse

resultado, em parte, a fatores inerentes ao solo utilizado, principalmente à decomposição e liberação de nutrientes pela matéria orgânica. Costa et al. (2011<sup>1</sup>), em experimento conduzido em Marechal Cândido Rondon/PR sob um Latossolo, observaram maior rendimento de milho na safra de verão quando do uso de adubos minerais, em comparação à adubação orgânica e organomineral, e atribuíram isso a maior solubilidade dos fertilizantes minerais; a produção do milho safrinha, cultivado em sequência, não variou entre os fertilizantes, indicando um possível efeito residual dos adubos orgânicos e organominerais. Em condições similares, também cultivando em um Latossolo paranaense, Lana et al. (2014) não obtiveram diferenças no rendimento de milho adubado com fosfato monoamônico e fertilizante organomineral. Avaliando a produtividade de culturas sob influência de adubação mineral, orgânica e a associação destas, em um Latossolo no Paraná, Pauletti et al. (2008) não obtiveram diferenças significativas, indicando que ambas podem ser utilizadas e a escolha por uma ou outra deve ser feita segundo outros critérios, como disponibilidade e custos por unidade de nutriente e/ou de aplicação. Cai & Qin (2006) avaliaram a resposta de diferentes culturas agrícolas à adubação mineral, orgânica e mista, em experimento conduzido entre 1990 e 2003 na China, e obtiveram rendimentos mais regulares com a adubação mineral, porém concluem que o uso associado destes com fontes orgânicas pode ser vantajoso sob o ponto de vista ambiental e de segurança alimentar.

A avaliação de diferentes fontes de fertilizantes, objetivando a resposta agrônômica de espécies agrícolas a campo, fundamenta-se pela necessidade de identificar os reais benefícios de cada fertilizante sobre o crescimento e rendimento de plantas. Com base nisso, o objetivo deste estudo foi avaliar o rendimento e a extração de nutrientes por feijoeiro e trigo, além de alterações de atributos químicos do solo sob influência de fontes de fertilizantes.

## 6.3 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.3.1 Caracterização do local de implantação do experimento

O experimento foi instalado em 2015, na fazenda experimental do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Lages, SC (27°44'54,11" de latitude e 50°05'08,09" de longitude, e 884 metros de altitude). O clima do local é classificado, segundo Koppel, como Cfb, caracterizado como clima temperado, com verão ameno e precipitações pluviométricas distribuídas uniformemente ao longo dos meses do ano, sem presença de estação seca.

O solo é classificado como Cambissolo Húmico Alítico típico (EMBRAPA 2013), e apresentava os atributos: 28, 31 e 41% de argila, silte e areia, respectivamente; 4,6 de pH H<sub>2</sub>O; 4,9 de Índice SMP; 5,1% de matéria orgânica; 7,9 e 186,8 mg dm<sup>-3</sup> de P e K, respectivamente; 2,9, 5,6 e 3,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al, Ca e Mg trocável, respectivamente; 15,6, 10,9, 13,9 e 26,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H+Al, soma de bases, CTC efetiva e CTC pH 7, respectivamente; e 21,5 e 41,1% de saturação por alumínio e saturação por bases, respectivamente. Para neutralização da acidez do solo utilizou-se calcário dolomítico com 90% de PRNT, o qual apresentava 29% de óxido de Ca e 19% de óxido de Mg, objetivando elevar o pH a 6,0. Todo o calcário foi distribuído uniformemente, em uma única aplicação, na superfície do solo, e posteriormente incorporado na camada de 0-20 cm. Destaca-se que a área no qual se implantou o estudo vinha sendo mantida, nos últimos anos, sob pousio e sem receber qualquer tipo de interferência agrícola e pecuária.

### 6.3.2 Delineamento e descrição dos tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), com oito tratamentos e quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Os tratamentos foram aplicados em parcelas de 12 m<sup>2</sup> (3 x 4 m), totalizando uma área de 384 metros quadrados. As fontes avaliadas foram, a cama aviária como fertilizante orgânico, o fosfato monoamônico (MAP), ureia e cloreto de potássio (KCl) como fonte mineral, e um adubo organomineral composto pela mistura industrial de 60% de cama aviária e 40% de MAP. A caracterização química da cama aviária, do MAP e do organomineral consta na tabela 1, e seguiram metodologias propostas por Tedesco et al., (1995) e MAPA (2007).

Os oito tratamentos testados foram: FOM 100, com 100% da recomendação de NPK na forma de organomineral; CA 10, apresentando a mesma quantidade de cama aviária utilizada no primeiro tratamento; FM 90, com a mesma quantidade de adubo mineral presente no primeiro tratamento; CA 100, com 100% da recomendação de NPK suprida por cama aviária; FM 100, com 100% da recomendação de NPK na forma mineral; FM 150, com 150% da recomendação de NPK na forma mineral; FOM 150, com 150% da recomendação de NPK na forma organomineral; TEST, tratamento sem adubação. As doses utilizadas dos fertilizantes referem-se aos valores de nutrientes para as culturas atingirem o rendimento de 2,5 Mg ha<sup>-1</sup> de feijão e 3 Mg ha<sup>-1</sup> de trigo, de acordo com as recomendações da CQFS-RS/SC (2004). Para todos os fertilizantes a quantidade aplicada foi baseada na necessidade de P, com as necessidades adicionais de N e K sendo supridas com ureia e cloreto de potássio,

respectivamente. Também se destaca, que inicialmente foram calculadas as quantidades de N, P e K supridas pelo fertilizante orgânico, e posteriormente para as demais fontes.

### 6.3.3 Implantação e avaliações na cultura do feijoeiro

A cultura do feijoeiro foi semeada no dia 14 de dezembro de 2015, utilizando-se a cultivar Uirapuru, desenvolvida pela IAPAR. Utilizou-se espaçamento de 0,5 metros entre linhas, com 10 sementes por metro linear, resultando em uma densidade de 200 mil sementes por hectare. A semeadura foi feita manualmente, onde inicialmente foi aberto o sulco com auxílio de enxada; o adubo para cada tratamento foi distribuído na linha de semeadura e coberto com uma camada de em torno de 5 cm de solo. Após, as sementes foram distribuídas nas linhas e cobertas com solo. Foram aplicados, na semeadura, 43,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 43,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para os tratamentos que receberam 100% da quantidade de NPK exigida. Não foram realizadas aplicações de fertilizantes em cobertura.

Durante a condução do experimento foram realizados os seguintes tratos fitossanitários: aplicação de 2 L ha<sup>-1</sup> de herbicida glyphosate após o término da semeadura, e aplicação de inseticida sistêmico pertencente aos grupos químicos neonicotinóide e piretróide no dia 4 de janeiro contra vaquinha (*Diabrotica speciosa*), na dose de 0,5 L ha<sup>-1</sup>. Além disso, foram feitas duas aplicações, de modo preventivo, de fungicida composto pelos grupos químicos estrobilurina e triazol em 12 de janeiro e 4 de fevereiro, ambas na dosagem de 0,5 L ha<sup>-1</sup>.

Quando o feijoeiro encontrava-se no pleno florescimento foi realizada a coleta de plantas para análise de matéria seca e posterior avaliação dos teores de nutrientes em tecido. Foram coletadas três plantas nas linhas centrais de cada parcela. As plantas foram secas em estufa com temperatura de 60°C até peso constante. Após pesado o tecido foi moído em moinho tipo “Willey” e passaram por digestão úmida sulfúrica no qual determinou-se os teores de N, P, K, Ca e Mg (TEDESCO et al., 1995). Posteriormente determinou-se a quantidade dos nutrientes acumulados pela parte aérea da planta pela multiplicação dos teores com o rendimento de massa seca. No mesmo período realizou-se a análise da arquitetura radicular das plantas. Essa avaliação consistiu da coleta de amostras de solo na camada de 0-10 cm, utilizando cilindros metálicos. As coletas foram feitas na linha de semeadura, entre duas plantas. Após a coleta, realizou-se a separação das raízes por meio da lavagem. Posteriormente, as raízes foram dispostas em papel branco graduado e fotografadas. As imagens foram avaliadas pelo software Safira 1.1, no qual determinaram-se o comprimento, a área superficial e volume de raízes,

agrupados em quatro grupos de diâmetros de raízes (<0,31; >0,31 e <0,63; >0,63 e <0,95; >0,95).

A colheita do feijoeiro foi realizada por meio da máquina trilhadora acoplada a trator. Para avaliação da produtividade de grãos foram coletadas 45 plantas da parte central de cada parcela e os grãos coletados passaram por limpeza prévia, para eliminação de fragmentos de solo e restos orgânicos, pesados e o rendimento calculado em quilogramas por hectare, com a umidade de grãos corrigida para 13%. Das mesmas amostras foram contabilizados 400 grãos por parcela e pesados, sendo este valor posteriormente convertido para mil sementes, para determinação do peso de 1000 grãos. Esses grãos foram digeridos por meio da digestão úmida sulfúrica (TEDESCO et al., 1995), analisando-se a concentração de P por espectrofotometria a 882 nm (MURPHY; RILEY, 1962), N por destilação, K por fotometria de chama e Ca e Mg por fotometria de absorção atômica (TEDESCO et al., 1995). Avaliou-se também o número de vagens e número de grãos por planta, em que a metodologia consistiu da coleta de 5 plantas na parte central de cada parcela, as quais foram contabilizadas.

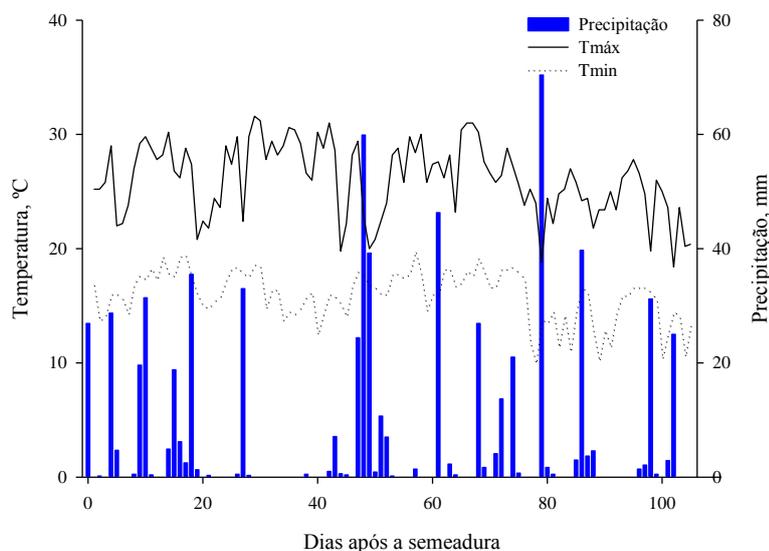
Após a colheita, realizou-se coleta de solo, nas camadas de 0-10 e de 10-20 cm, para caracterização química, na qual, avaliou-se: P disponível, cuja extração seguiu metodologia descrita em Tedesco et al. (1995) e determinação por espectrofotometria a 882 nm (MURPHY; RILEY, 1962), K, Ca e Mg trocáveis por absorção atômica (TEDESCO et al., 1995), além de pH H<sub>2</sub>O, Índice SMP, soma de bases (SB), CTC efetiva (CTC efet.), CTC pH7, acidez potencial (H + Al), saturação por bases (V) e carbono orgânico total (COT) (TEDESCO et al., 1995).

Calculou-se também o índice de eficiência agrônômica (IEA) para as quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea e exportados pelos grãos de feijão, utilizando-se a equação abaixo, utilizou-se o tratamento FM 100 como base do cálculo, ou seja, com eficiência 100%, por essa ser a forma de adubação normalmente empregada pelos agricultores.

$$\text{IEA (\%)} = \frac{(\text{Abs. fonte} - \text{Abs. testemunha})}{(\text{Abs. FM 100} - \text{Abs. testemunha})}$$

Na figura 1 são apresentados os dados diários de precipitação e de temperaturas máxima e mínima, observados durante o cultivo do feijoeiro. Foram contabilizados 673 mm de chuva durante o período. As médias de temperatura máxima e mínima, para os 104 dias entre a semeadura e a colheita, foram de 26,1 e 15,9 °C, respectivamente.

Figura 1 – Valores de precipitação e temperaturas máxima e mínima, observados diariamente, entre a semeadura e a colheita do feijoeiro.



Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017, com dados fornecidos pela EPAGRI-CIRAM.

Após a colheita do feijão, realizou-se a semeadura, a lanço, de aveia-preta, cultivar Embrapa 139, realizada no dia 6 de abril. Utilizou-se uma densidade média de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de sementes. A mesma foi dessecada no dia 7 de julho para a posterior implantação da cultura do trigo. Na aveia-preta, antes da dessecação, estimou-se a quantidade de massa seca produzida.

#### 6.3.4 Implantação e avaliações na cultura do trigo

Os 8 tratamentos testados para o feijoeiro, nas mesmas parcelas, foram reaplicados para a cultura do trigo (cultivar BRS Marcante), a qual foi semeada nos dias 20 e 21 de julho de 2016, em processo manual, similar à semeadura do feijão. Utilizou-se espaçamento de 0,2 metros entre linhas, e densidade de 330 sementes por metro quadrado. A adubação seguiu os mesmos processos utilizados na cultura do feijoeiro, utilizando-se para esta cultura  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $26 \text{ Kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Em relação ao N, dos  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  exigidos pela cultura, apenas  $26 \text{ kg ha}^{-1}$  foram aplicados na semeadura; os  $34 \text{ kg ha}^{-1}$  restantes foram aplicados em cobertura, na forma de ureia, no dia 13 de setembro, quando a cultura encontrava-se em estágio de perfilhamento. Todos os 8 tratamentos receberam a aplicação de N em cobertura, inclusive o tratamento testemunha, esse manejo foi adotado para evitar possíveis influências das doses aplicadas de N em cobertura, o que poderia mascarar o efeito da adubação em semeadura.

Entre o período da germinação até a colheita da cultura do trigo, foram realizadas três aplicações de fungicida: as duas primeiras aplicações foram realizadas nos dias 4 e 14 de

outubro, utilizando dosagem 0,5 L ha<sup>-1</sup> de fungicida à base dos grupos químicos estrobilurina e triazol, e a última aplicação foi realizada no dia 27 de outubro, com a utilização de 0,75 L ha<sup>-1</sup> de outro fungicida composto pelos grupos químicos estrobilurina e triazol.

Para avaliar a resposta da cultura aos tratamentos, durante o crescimento do trigo, avaliou-se a altura de plantas a cada 15 dias, até a planta apresentar estabilização em seu crescimento. Essas medidas foram realizadas por meio da avaliação em 7 pontos de cada parcela, cujas medições foram feitas com uma régua graduada, desde o ponto de inserção do caule no solo até a altura das folhas esticadas ou da espiga, no florescimento. Também avaliou-se o perfilhamento das plantas, em uma área de um metro linear de cada parcela. Para análise de massa seca total da parte aérea, foram coletadas as plantas do mesmo local utilizado na análise de perfilhos, em um metro linear por parcela, sendo essa coleta realizada quando a cultura encontrava-se em pleno florescimento. Após cortadas, as plantas passaram por secagem em estufa a 60 °C de temperatura até peso constante. Posteriormente as plantas foram moídas e passaram por digestão úmida sulfúrica, determinando-se os teores de N, P, K, Ca e Mg, conforme descrito por Tedesco et al. (1995). A colheita do trigo realizou-se no dia 6 de dezembro de 2016, utilizando-se colhedora de parcelas, sendo amostrada uma área de 3,6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>.

Após a colheita foi realizada coleta de solo, nas camadas de 0-10 e de 10-20 cm de profundidade, para caracterização química, na qual avaliou-se: P disponível, cuja extração seguiu metodologia descrita em Tedesco et al. (1995) e determinação por espectrofotometria a 882 nm (MURPHY; RILEY, 1962); K, Ca e Mg trocáveis (TEDESCO et al., 1995); além de pH H<sub>2</sub>O, Índice SMP, soma de bases (SB), CTC efetiva (CTC efet.), CTC pH7, acidez potencial (H + Al), saturação por bases (V) e carbono orgânico total (COT) (TEDESCO et al., 1995).

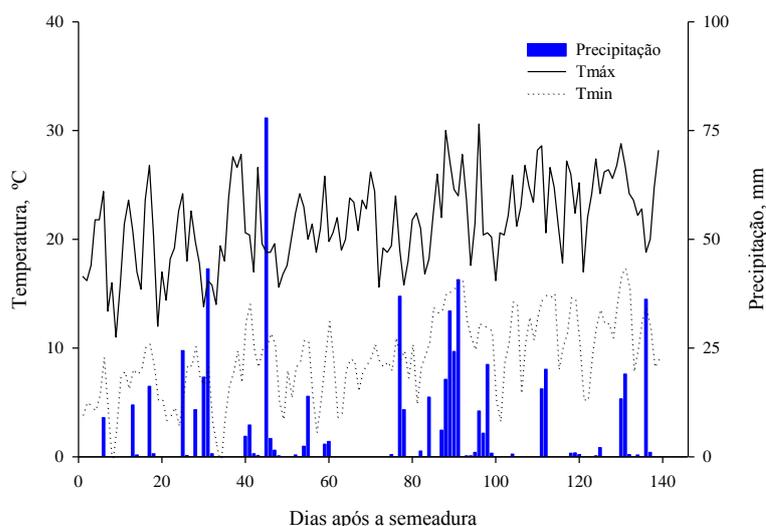
Calculou-se também o índice de eficiência agrônômica (IEA) para as quantidades de N, P e K acumulados na parte aérea, e exportados pelos grãos de trigo, utilizando-se a equação abaixo, utilizou-se o tratamento FM 100 como base do cálculo, ou seja, com eficiência 100%, por essa ser a forma de adubação normalmente empregada pelos agricultores.

$$\text{IEA (\%)} = \frac{(\text{Abs. fonte} - \text{Abs. testemunha})}{(\text{Abs. FM 100} - \text{Abs. testemunha})}$$

Os valores diários de precipitação e de temperaturas máxima e mínima, do período entre a semeadura e a colheita do trigo, podem ser observados na figura 4. Foram contabilizados 592 mm de chuva durante o período. As médias de temperatura máxima e mínima, para os 138 dias

entre a semeadura e a colheita, foram de 21,5 e 9,1 °C, respectivamente. Foram observados apenas dois eventos de geada, os quais foram considerados de baixa e moderada intensidade. Além disso, essas geadas ocorreram durante o período vegetativo da planta, não causando qualquer prejuízo ao desenvolvimento e rendimento da cultura.

Figura 2 - Valores de precipitação e temperaturas máxima e mínima, observados diariamente, entre a semeadura e a colheita do trigo.



Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017, com dados fornecidos pela EPAGRI-CIRAM.

### 6.3.5 Análise estatística dos dados coletados

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey com uma probabilidade de erro de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

## 6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.4.1 Rendimento e extração de nutrientes pela cultura do feijoeiro

O rendimento médio de massa seca da parte aérea do feijão variou entre 2719 (TEST) a 6787 kg ha<sup>-1</sup> (FM 90) (tabela 19). Para os tratamentos onde adicionou-se 90, 100 e 150% da dosagem de NPK recomendada para a cultura não houve qualquer diferença estatística, nem para o aumento da dose tampouco entre as fontes. Para o rendimento de grãos os valores

variaram entre 1875 kg ha<sup>-1</sup> (TEST) e 4224 kg ha<sup>-1</sup> (FM 150). Todos os tratamentos que receberam 90, 100 e 150% da dose exigida de fertilizante não diferiram estatisticamente, diferindo apenas ao tratamento testemunha. O rendimento médio de feijão neste estudo ficou bem acima do observado nas médias brasileiras (CONAB, 2016), possivelmente em função da calagem realizada e dos elevados teores de matéria orgânica presentes no solo. A não variação em rendimento de culturas agrícolas à utilização de diferentes fontes de fertilizantes, também foi observada por Andreola et al. (2000<sup>2</sup>), os quais atribuíram isso, dentre outros fatores, à matéria orgânica influenciando a resposta da cultura por meio da decomposição e liberação de nutrientes. A presença de altos teores de matéria orgânica no solo, pode mascarar possíveis efeitos adicionais gerados pela presença de substâncias húmicas em fertilizantes orgânicos ou organominerais (HERRERA et al., 2016).

Tabela 19 - Rendimento de matéria seca da parte aérea e rendimento de grãos do feijoeiro nos tratamentos avaliados.

Tratamento	Massa seca	Rendimento de grãos
		kg ha <sup>-1</sup>
FOM 100	6283,43 a	3432,88 ab
CA 10	4993,82 ab	2993,55 b
FM 90	6787,15 a	3590,07 ab
CA 100	5461,38 a	3339,99 ab
FM 100	5178,48 a	3318,91 ab
FM 150	6639,99 a	4223,85 a
FOM 150	6699,93 a	3738,09 ab
TEST	2718,91 b	1874,72 c
CV, %	19,33	14,03

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). ns: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

O peso de mil grãos variou entre 225 e 248 gramas, e os sete tratamentos que receberam algum tipo de adubação foram estatisticamente iguais, diferindo, contudo, da testemunha. Para o número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem, as diferenças entre os tratamentos não foram estatisticamente significativas (tabela 20).

Tabela 20 - Número de vagens por planta, grãos por planta, grãos por vagem e peso de mil grãos, da cultura do feijoeiro, nos tratamentos avaliados.

Tratamento	Nº vagens/planta	Nº grãos/planta	Nº grãos/vagem	P 1000, g
FOM 100	17,45 ab	81,65 <sup>(ns)</sup>	4,63 <sup>(ns)</sup>	245,53 a
CA 10	18,20 ab	90,35	5,03	239,98 a
FM 90	21,15 ab	106,80	5,08	246,99 a
CA 100	18,80 ab	89,65	4,78	248,18 a
FM 100	18,35 ab	88,35	4,81	244,83 a
FM 150	22,85 a	105,70	4,67	248,45 a
FOM 150	18,80 ab	90,90	4,86	243,20 a
TEST	13,45 b	64,20	4,77	224,86 b
CV, %	21,42	20,60	8,13	3,91

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os teores de N, K, P, Ca e Mg na parte aérea do feijoeiro constam no ANEXO 9. Para os valores de P, K, N, Ca e Mg acumulados pela parte aérea do feijoeiro (tabela 21), os tratamentos com 100 e 150% dos nutrientes exigidos pela cultura foram estatisticamente iguais entre si. Em ordem decrescente, os nutrientes exigidos em maiores quantidades pelo feijoeiro foram o K, N, Ca, Mg e P. Utilizando a cultivar de feijoeiro “Pérola”, na região de Botucatu/SP, Perez et al. (2013) observaram um comportamento similar, com os maiores valores absorvidos de N e K, seguidos, em valores inferiores, por P, Ca e Mg.

Tabela 21 - Quantidades acumuladas de P, K, N, Ca e Mg na parte aérea do feijoeiro nos tratamentos avaliados.

Tratamento	P	K	N	Ca	Mg
	kg ha <sup>-1</sup>				
FOM 100	14,26 a <sup>(1)</sup>	157,10 a <sup>(ns)</sup>	136,19 a <sup>(ns)</sup>	37,54 <sup>(ns)</sup>	24,54 a <sup>(ns)</sup>
CA 10	8,51 ab	131,52 ab	92,66 ab	37,00	20,00 ab
FM 90	13,32 a	174,68 a	134,28 a	47,58	25,18 a
CA 100	13,66 a	129,68 ab	107,15 ab	48,19	23,83 ab
FM 100	10,22 ab	128,74 ab	98,92 ab	36,46	20,52 ab
FM 150	10,94 ab	173,78 a	125,13 a	60,29	26,96 a
FOM 150	11,6 a	178,83 a	123,35 a	47,92	26,46 a
TEST	5,7 b	70,38 b	51,38 b	21,01	11,82 b
CV, %	24,29	24,76	27,99	41,90	25,03

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os teores de N, K, P, Ca e Mg nos grãos de feijão constam no ANEXO 10. Os maiores valores de P e K exportados pelos grãos foram observados nas plantas cultivadas no solo com aplicação de FM 150, sendo estatisticamente superior aos tratamentos CA 10, FM 100 e TEST para P, e CA 10 e TEST para o K (tabela 22). Para N e Mg, independentemente da fonte e da variação na dosagem, os tratamentos com adubação foram similares, porém superiores à testemunha. Em ordem decrescente, os nutrientes exigidos em maiores quantidades pelos grãos de feijão foram o N, K, P, Mg e Ca. Perez et al. (2013) também observaram que os maiores valores exportados pelos grãos de feijão foram, em ordem decrescente, de N, K, P, Mg e Ca, com destaque para os altos valores de N e K retirados do solo, além do P, o qual é exigido em maiores quantidades pelos grãos em relação ao restante da planta, resultando, ao longo do tempo, na redução dos valores deste nutriente no solo.

Tabela 22 - Quantidades exportadas de P, K, N, Ca e Mg pelos grãos do feijão para os tratamentos avaliados.

Tratamento	P	K	N	Ca	Mg
	kg ha <sup>-1</sup>				
FOM 100	15,66 ab	54,81 ab	110,89 a	1,88 <sup>(ns)</sup>	10,11 a
CA 10	12,31 bc	46,55 bc	92,29 ab	1,72	8,61 ab
FM 90	15,38 ab	57,66 ab	119,33 a	1,80	11,06 a
CA 100	14,95 ab	52,20 ab	104,75 a	1,92	9,28 a
FM 100	14,21 b	52,54 ab	114,55 a	1,53	8,97 a
FM 150	20,03 a	69,14 a	137,00 a	2,06	11,37 a
FOM 150	17,92 ab	61,73 ab	129,70 a	1,42	11,46 a
TEST	7,34 c	29,22 c	54,22 b	1,15	4,60 b
CV, %	15,39	15,62	17,56	35,24	19,97

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

O comprimento, área superficial e volume de raízes, com exceção para o volume no grupo de raízes de maior diâmetro e o total, não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (tabela 23). O maior comprimento foi observado para o grupo de raízes de menor diâmetro. Os maiores valores de área superficial e volume foram observados no grupo das raízes de maior diâmetro. O volume, para o grupo de raízes de maior diâmetro e o total, foi maior nos tratamentos FM 100 e FOM 150. Esperava-se que os tratamentos com adubação orgânica e/ou organomineral pudessem apresentar um crescimento radicular diferenciado, principalmente pela ação das frações de C presentes na composição destes adubos, influenciando

principalmente a emissão de raízes finas e pelos radiculares, resultando em uma maior eficiência na absorção de água e nutrientes pela planta (ZANDONADI et al., 2007; EYHERAGUIBEL et al., 2008). Contudo, esse comportamento não foi verificado.

Tabela 23 - Comprimento, área superficial e volume de raízes, agrupados em quatro diferentes grupos de diâmetros de raízes, para a cultura do feijoeiro, nos tratamentos avaliados.

Tratamento	Diâmetros, em mm				TOTAL
	<0,31	>0,31 e <0,63	>0,63 e <0,95	>0,95	
	Comprimento, m dm <sup>-3</sup>				
FOM 100	12,28 <sup>(ns)</sup>	5,73 <sup>(ns)</sup>	2,98 <sup>(ns)</sup>	5,20 <sup>(ns)</sup>	26,18 <sup>(ns)</sup>
CA 10	11,21	4,83	1,86	2,80	20,70
FM 90	11,44	4,98	2,36	4,28	23,06
CA 100	12,27	5,44	2,68	4,17	24,56
FM 100	12,04	5,52	2,84	6,18	26,59
FM 150	10,06	4,14	1,76	3,54	19,52
FOM 150	11,37	5,02	2,23	4,80	23,43
TEST	6,72	3,26	1,78	2,50	14,26
CV, %	35,38	33,32	35,74	35,16	30,52
	Área superficial, cm <sup>2</sup> dm <sup>-3</sup>				
FOM 100	112,10 <sup>(ns)</sup>	104,44 <sup>(ns)</sup>	81,51 <sup>(ns)</sup>	254,23 <sup>(ns)</sup>	552,28 <sup>(ns)</sup>
CA 10	105,68	90,94	52,36	160,88	409,87
FM 90	106,82	92,99	66,32	234,06	500,20
CA 100	113,45	100,61	74,43	219,41	507,90
FM 100	113,10	103,88	80,30	354,78	652,07
FM 150	93,68	77,13	49,18	204,18	424,18
FOM 150	107,71	95,25	63,39	288,51	554,86
TEST	63,16	61,25	50,27	130,70	28,44
CV, %	35,78	33,52	35,44	35,31	
	Volume, cm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup>				
FOM 100	0,82 <sup>(ns)</sup>	1,52 <sup>(ns)</sup>	1,77 <sup>(ns)</sup>	11,10 b	15,21 b
CA 10	0,79	1,36	1,18	8,86 b	12,19 b
FM 90	0,80	1,38	1,48	11,74 b	15,40 b
CA 100	0,84	1,48	1,64	10,87 b	14,83 b
FM 100	0,85	1,56	1,80	18,94 a	23,15 a
FM 150	0,70	1,14	1,10	11,07 b	14,00 b
FOM 150	0,82	1,44	1,43	16,57 a	20,25 a
TEST	0,47	0,92	1,13	6,30 b	8,82 b
CV, %	36,20	33,91	35,34	38,79	33,02

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

#### 6.4.2 Produção de massa seca da aveia-preta

O rendimento de matéria seca de aveia-preta não diferiu estatisticamente entre as fontes de nutrientes (tabela 24). A produção variou entre 1,6 e 2,1 toneladas por hectare, o que pode ser considerado um baixo rendimento, justificado pelo fato de a cultura não ter atingido o máximo crescimento, sendo dessecada antes do início do florescimento. Por ser uma área mantida por muito tempo sob vegetação nativa, o cultivo da aveia-preta justificou-se pela redução na germinação de plantas espontâneas, possibilitando melhores condições à cultura subsequente.

Tabela 24 - Rendimento de matéria seca da parte aérea da cultura da aveia-preta, para os tratamentos avaliados.

Tratamento	Massa Seca kg ha <sup>-1</sup>
FOM 100	1879,92 <sup>(ns)</sup>
CA 10	1645,11
FM 90	1668,59
CA 100	1967,14
FM 100	1779,29
FM 150	2141,57
FOM 150	1745,74
TEST	1631,69
CV, %	17,94

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

#### 6.4.3 Rendimento e extração de nutrientes pela cultura do trigo

O rendimento de matéria seca do trigo diferiu entre os tratamentos, apresentando variação entre 6332 kg ha<sup>-1</sup> (TEST) e 11292 kg ha<sup>-1</sup> (FM 150) (tabela 25). As maiores produções de matéria seca ocorreram nos tratamentos FM 150, FOM 150 e FOM 100, porém não diferiram estatisticamente para os demais tratamentos com 90, 100 e 150% das quantidades de NPK exigidas pela cultura. O rendimento de grãos variou entre 2776 (TEST) a 5092 kg ha<sup>-1</sup> (FOM 100). Todos os tratamentos com 90, 100 e 150% da dosagem de NPK recomendada para a cultura apresentaram rendimentos iguais estatisticamente, sendo superiores ao tratamento CA 10, e este superior à testemunha. Os rendimentos obtidos foram superiores às médias estadual e nacional (CONAB, 2016). A não variação entre os fertilizantes pode ter influência de diversos fatores, com destaque para os altos teores de matéria orgânica, proporcionando bom estoque de

elementos químicos essenciais e boas propriedades físicas ao solo, estas últimas permitindo bom armazenamento de água (PAULETTI et al., 2008).

Tabela 25 - Rendimento de matéria seca da parte aérea (MS) e rendimento de grãos do trigo pelos tratamentos avaliados.

Tratamento	MS	Rendimento
	.....kg ha <sup>-1</sup> .....	
FOM 100	10559,80 a	5092,38 a
CA 10	7498,00 bc	3657,64 b
FM 90	9934,20 ab	4950,99 a
CA 100	9728,50 ab	4600,38 a
FM 100	10077,60 ab	4867,89 a
FM 150	11292,90 a	4661,46 a
FOM 150	11241,90 a	4925,24 a
TEST	6332,10 c	2775,65 c
CV, %	12,52	8,33

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os valores de N, K, P, Ca e Mg na parte aérea do trigo constam no ANEXO 11. Os valores de N, P e Mg acumulados pelo trigo variaram entre tratamentos (tabela 26). De maneira geral, os maiores valores acumulados de N e P pela planta, seguiram uma tendência pela quantidade aplicada desses elementos, com os maiores valores sendo observados nos tratamentos com 150% da dose de NPK, não diferindo estatisticamente, contudo, para os tratamentos com 90 e 100% da exigência da cultura. Os maiores valores absorvidos de Mg foram observados nos tratamentos CA 100 e FM 150, sendo superiores estatisticamente apenas para a testemunha. Em ordem decrescente, os nutrientes exigidos em maiores quantidades pelo trigo foram o N, K, P, Mg e Ca. As quantidades de nutrientes exigidas pela cultura podem variar de acordo com a cultivar utilizada, porém os maiores teores na planta ocorrem normalmente para N e K (GARGANTINI et al., 1973).

Tabela 26 – Quantidades acumuladas de P, K, N, Ca e Mg na parte aérea do trigo para os tratamentos avaliados.

Tratamento	P	K	N	Ca	Mg
	kg ha <sup>-1</sup>				
FOM 100	18,67 abc	100,2 <sup>(ns)</sup>	142,84 abc	1,32 <sup>(ns)</sup>	7,49 ab
CA 10	9,39 bc	66,18	95,74 bc	1,17	6,08 ab
FM 90	17,07 abc	100,1	135,66 abc	1,34	8,2 ab
CA 100	19,92 ab	101,97	123,2 abc	2,1	8,94 a
FM 100	16,32 abc	108,54	136,24 abc	1,76	7,86 ab
FM 150	24,94 a	100,82	177,68 a	1,43	9,1 a
FOM 150	24,49 a	108,05	164,32 ab	1,57	8,84 ab
TEST	7,02 c	57,27	89,98 c	1,54	5,44 b
CV, %	28,6	23,31	23,10	64,5	18,89

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os valores de N, P, K, Ca e Mg nos grãos de trigo podem ser observados no ANEXO 12. Os valores de N, P, K, Ca e Mg não variaram estatisticamente para os tratamentos com 100 e 150% dos valores de NPK exigidos pelo trigo (tabela 27). Os nutrientes mais exigidos pelos grãos de trigo, em ordem decrescente, são o N, K, P, Mg e Ca.

Tabela 27 - Quantidades exportadas de P, K, N, Ca e Mg pelos grãos do trigo para os tratamentos avaliados.

Tratamento	P	K	N	Ca	Mg
	Kg ha <sup>-1</sup>				
FOM 100	17,34 ab	25,45 a	128,54 a	0,55 a	4,30 a
CA 10	10,44 cd	16,64 bc	99,87 bc	0,22 ab	3,29 a
FM 90	15,77 ab	23,76 ab	128,7 a	0,31 ab	4,46 a
CA 100	16,81 ab	25,82 a	103,6 abc	0,29 ab	4,19 a
FM 100	13,73 bc	25,58 a	115,14 ab	0,32 ab	4,36 a
FM 150	16,18 ab	24,57 a	121,17 ab	0,37 ab	4,36 a
FOM 150	17,97 a	27,18 a	125,57 ab	0,33 ab	4,55 a
TEST	6,68 d	12,32 c	83,39 c	0,15 b	1,63 b
CV, %	12,38	12,37	10,08	48,19	15,21

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

A altura das plantas de trigo variou entre tratamentos, havendo também interação destes com os diferentes períodos de amostragem. As equações representando o comportamento do trigo no tempo (ANEXO 13). A altura das plantas nos tratamentos com adubação mineral e organomineral foram, na maioria das amostragens (tabela 28), iguais, porém superiores aos tratamentos com adubação orgânica e testemunha. O menor crescimento das plantas com a adubação orgânica pode estar vinculado à liberação mais lenta de seus nutrientes, devido à presença de compostos orgânicos de menor labilidade (LOURENÇO et al., 2013).

Tabela 28 - Altura das plantas de trigo, avaliadas em diferentes períodos após a semeadura da cultura, para os tratamentos avaliados.

Tratamento	Dias após a semeadura do trigo							
	22	35	44	54	65	85	98	114
	.....cm.....							
FOM 100	7,0 <sup>(ns)</sup>	16,9 a	21,9 a	32,0 ab	42,6 ab	76,0 ab	97,0 a	97,8 a
CA 10	7,0	15,7 ab	18,1 cd	27,2 cd	35,8 c	63,5 d	90,5 bc	87,0 cd
FM 90	7,5	17,4 a	21,9 a	32,4 ab	42,1 ab	74,3 b	97,0 a	97,5 ab
CA 100	6,5	16,1 ab	18,9 bc	29,2 bc	39,1 bc	68,4 c	95,0 ab	91,8 bc
FM 100	7,2	16,6 a	21,3 ab	32,9 ab	42,3 ab	74,0 b	97,3 a	96,0 ab
FM 150	7,5	17,4 a	23,4 a	35,0 a	45,4 a	79,7 a	99,7 a	100,0 a
FOM 150	7,8	16,8 a	22,6 a	34,0 a	44,5 a	78,0 ab	98,0 a	98,5 a
TEST	7,0	14,5 b	16,1 d	24,7 d	30,8 d	58,1 e	86,9 c	83,5 d
CV, %	8,52	5,43	5,24	5,88	4,69	2,75	2,08	2,67

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Houve variação do número de perfilhos por planta entre os tratamentos. O maior número de perfilhos foi observado nos tratamentos com as maiores dosagens de NPK aplicadas, FOM 150 e FM 150, diferindo estatisticamente apenas para a testemunha (tabela 29). Orso et al. (2014) não observaram qualquer variação no perfilhamento de trigo em função de doses e fontes de N aplicadas, e destacam que o perfilhamento possui relação mais próxima com a população de plantas. Não houve qualquer diferença no peso de 1000 grãos entre os tratamentos, o qual variou entre 33,04 e 34,84 gramas.

Tabela 29 - Número de perfilhos por planta de trigo e peso de 1000 grãos para os tratamentos avaliados.

Tratamento	Nº de perfilhos	P 1000, g
FOM 100	2,09 ab	34,18 <sup>(ns)</sup>
CA 10	1,80 ab	33,61
FM 90	2,14 ab	34,46
CA 100	1,98 ab	33,96
FM 100	2,14 ab	33,54
FM 150	2,25 a	34,76
FOM 150	2,28 a <sup>(1)</sup>	34,84
TEST	1,52 b	33,04
CV, %	15,24	3,13

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

#### 6.4.4 Alterações de atributos químicos do solo após o cultivo de feijoeiro e trigo

Os maiores teores de P no solo foram observados no tratamento CA 100, na camada 0-10 cm após os dois cultivos e na camada 10-20 cm após o cultivo de trigo (tabela 30). Contudo, todos os demais tratamentos com 90, 100 e 150% do P recomendado para as culturas não diferiram estatisticamente para o tratamento CA 100. A maior disponibilidade observada no tratamento com 100% da adubação na forma orgânica, pode indicar que houve uma liberação mais tardia do elemento, devido à presença de frações mais recalcitrantes de P ligadas aos compostos orgânicos (TEJADA et al., 2005). Além disso, a presença de ácidos húmicos e fúlvicos na cama aviária pode reduzir ou retardar a adsorção de P no solo (ANDRADE et al., 2003; GUPPY et al., 2005). O aumento da disponibilidade de P na camada subsuperficial, com a adubação com cama aviária, pode ser devido à movimentação em perfil do P preferencialmente na forma orgânica (EGHBALL et al., 1996).

Tabela 30 - Teores de P (Mehlich 1) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo, nos tratamentos avaliados.

Tratamento	P inicial	P após feijão	P após trigo
	.....mg dm <sup>-3</sup> .....		
Camada 0-10 cm			
FOM 100	8,35 <sup>(ns)</sup>	13,32 abc	13,10 ab
CA 10	8,26	7,35 c	7,28 b
FM 90	8,52	10,13 bc	12,64 ab
CA 100	8,60	24,33 a	26,28 a
FM 100	7,90	12,52 abc	10,45 ab
FM 150	6,34	20,76 ab	17,82 ab
FOM 150	7,32	11,75 abc	20,19 ab
TEST	8,16	6,09 c	5,44 b
CV, %	21,19	40,79	48,98
Camada 10-20 cm			
FOM 100	6,61 <sup>(ns)</sup>	6,26 <sup>(ns)</sup>	4,17 ab
CA 10	7,76	4,09	4,02 ab
FM 90	8,55	6,35	4,08 ab
CA 100	5,78	5,11	5,73 a
FM 100	5,44	5,37	3,85 ab
FM 150	7,66	7,05	2,78 b
FOM 150	7,55	6,13	4,48 ab
TEST	5,34	4,24	2,93 ab
CV, %	43,08	35,72	30,97

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Não foram observadas diferenças entre tratamentos para o K disponível no solo, em nenhuma das amostragens e das camadas avaliadas (tabela 31). Como já destacado, os valores desse elemento presentes no solo são classificados como muito altos, justificando a não resposta das plantas por esse nutriente, mesmo nas condições onde pequenas doses foram aplicadas. Além disso, o elemento encontra-se sob forma solúvel nos fertilizantes, inclusive na cama aviária (CQFS – RS/SC, 2004; CQFS – RS/SC, 2016).

Tabela 31 - Teores de K (Mehlich 1) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, nos tratamentos avaliados.

Tratamento	K inicial	K após feijão	K após trigo
	.....mg dm <sup>-3</sup> .....		
	Camada 0-10 cm		
FOM 100	231,50 <sup>(ns)</sup>	229,50 <sup>(ns)</sup>	278,00 <sup>(ns)</sup>
CA 10	237,00	197,00	237,50
FM 90	22,50	191,00	248,50
CA 100	212,50	196,00	256,50
FM 100	225,50	204,00	275,50
FM 150	231,50	214,50	267,00
FOM 150	215,50	196,00	290,00
TEST	211,00	174,00	209,50
CV, %	16,89	18,29	15,47
	Camada 10-20 cm		
FOM 100	229,00 <sup>(ns)</sup>	224,00 <sup>(ns)</sup>	145,00 <sup>(ns)</sup>
CA 10	187,00	144,00	131,50
FM 90	197,50	156,50	129,00
CA 100	190,00	180,00	148,50
FM 100	167,50	136,00	137,00
FM 150	216,50	171,50	121,00
FOM 150	209,50	156,00	151,00
TEST	210,00	167,50	118,50
CV, %	29,75	28,21	28,21

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Os valores de Ca e Mg no solo, não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos para nenhuma das coletas e camadas avaliadas (tabela 32). A aplicação de calcário dolomítico para neutralizar a acidez do solo elevou os valores dos elementos. Avaliando o comportamento dos elementos com o passar dos cultivos, percebe-se um leve aumento dos teores de Ca e uma pequena redução do Mg, o que pode ser devido a maior exportação de Mg pelos grãos.

Tabela 32 - Teores de Ca e Mg disponíveis no solo, após o feijoeiro, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, para os tratamentos avaliados.

Tratamento	Ca		Mg	
	.....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....			
	0 – 10 cm		10 – 20 cm	
	Após o cultivo do feijão			
FOM 100	7,53 <sup>(ns)</sup>	7,38 <sup>(ns)</sup>	4,29 <sup>(ns)</sup>	3,69 <sup>(ns)</sup>
CA 10	7,95	7,91	3,81	3,49
FM 90	7,41	7,24	4,47	3,70
CA 100	8,24	7,30	5,58	4,47
FM 100	7,96	7,48	4,68	3,86
FM 150	8,12	8,00	5,30	4,62
FOM 150	7,83	7,44	4,53	3,85
TEST	8,62	7,80	5,90	5,18
CV, %	10,32	8,77	26,76	28,83
	Após o cultivo do trigo			
FOM 100	8,51 <sup>(ns)</sup>	7,28 <sup>(ns)</sup>	3,98 <sup>(ns)</sup>	4,01 <sup>(ns)</sup>
CA 10	8,11	7,01	3,81	3,90
FM 90	8,01	6,65	4,34	4,42
CA 100	9,85	7,12	6,49	5,67
FM 100	8,41	6,95	4,54	4,00
FM 150	8,15	6,98	4,42	4,38
FOM 150	8,17	7,00	3,92	4,38
TEST	8,49	6,88	5,63	5,10
CV, %	14,27	10,95	24,64	28,00

FOM 100: 100% organomineral; CA 10: cama aviária em FOM 100; FM 90: adubo mineral em FOM 100; CA 100: 100% cama aviária; FM 100: 100% adubo mineral; FM 150: 150% adubo mineral; FOM 150: 150% organomineral; TEST: testemunha.

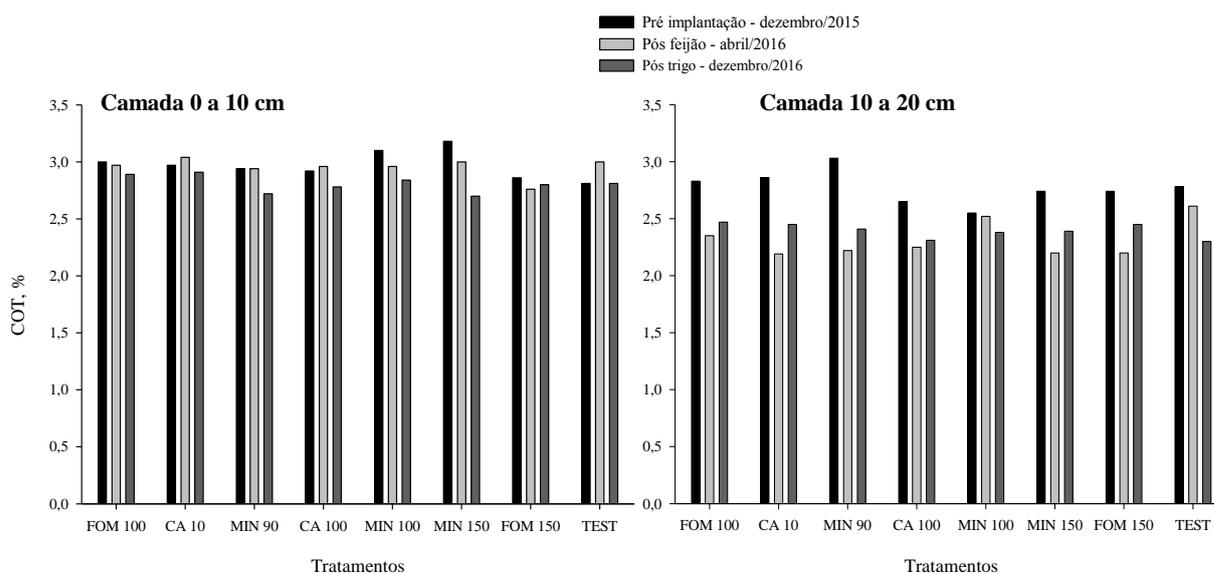
<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Avaliando as camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis: pH água, Índice SMP, SB, CTC efet, CTC pH7, H + Al e V%, avaliadas após o cultivo de feijoeiro (dados não apresentados). De maneira geral, os valores de pH e saturação por bases mantiveram-se elevados após os dois cultivos. Os valores de COT, nas duas camadas avaliadas, não variaram entre os tratamentos, tanto após o cultivo do feijoeiro quanto após o cultivo de trigo (figura 3). Independentemente do tratamento, considerando a média total dos valores observados em cada período de amostragem, observa-se uma tendência de redução dos teores de C, do início do experimento até a última coleta. Na camada de 0 a 10 cm, os valores de COT médios foram de 2,97, 2,95 e 2,81% antes da implantação, após o feijoeiro e após o trigo, respectivamente. Considerando a camada de 10 a 20 cm, para a mesma sequência de amostragem foram verificados 2,77, 3,35 e 2,40%,

respectivamente. Esses valores de C encontrados podem ser classificados como alto e médio para as camadas de 0-10 e de 10-20 cm, respectivamente, de acordo com a CQFS – RS/SC (2016), os quais podem ter contribuído à fertilidade do solo e à baixa variação entre tratamentos.

Figura 3 - Teores de carbono orgânico total (COT) antes da implantação do experimento, após o cultivo do feijoeiro e após o cultivo de trigo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, para os tratamentos avaliados.

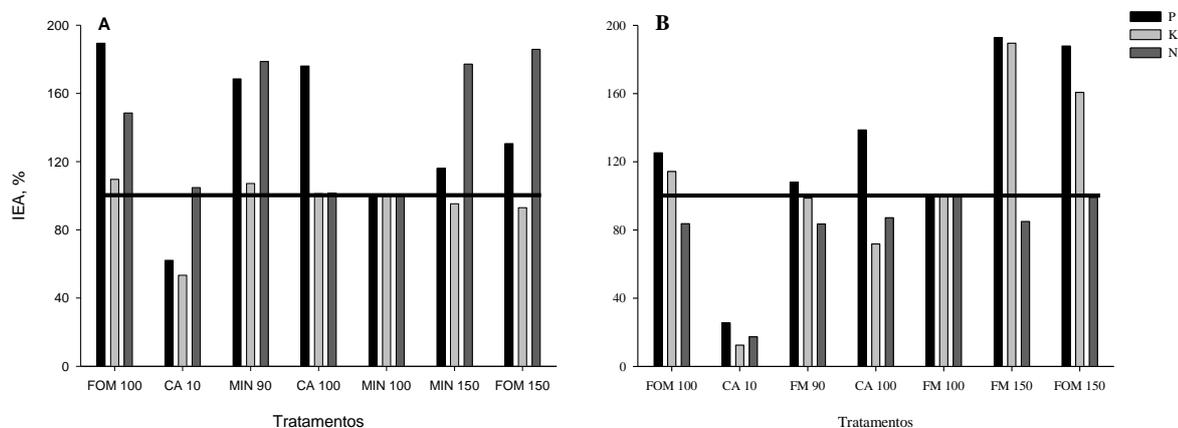


Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

#### 6.4.5 Índices de eficiência da extração de N, P e K pelo feijão e pelo trigo

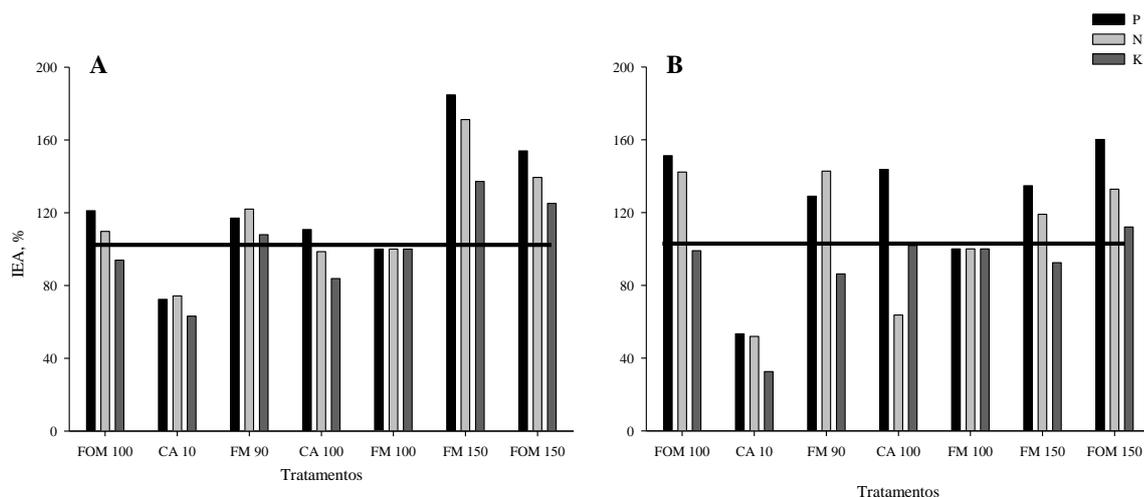
Para a eficiência agrônômica dos fertilizantes testados, por meio do IEA, nos valores de N, P e K acumulados pela parte aérea das culturas de feijoeiro e trigo, todos os tratamentos com 90, 100 e 150% das doses de NPK aplicadas foram similares ou um pouco superiores ao tratamento utilizado como padrão, ou seja, o FM 100 (figura 4). Apenas o tratamento CA 10, onde adicionou-se cerca de 10% do NPK exigido, apresentou eficiência menor. Um comportamento muito similar foi observado quando se analisou a eficiência dos fertilizantes, na exportação dos nutrientes pelos grãos das culturas (figura 5).

Figura 4 - Índice de Eficiência Agronômica (IEA) dos fertilizantes e doses avaliadas, considerando as quantidades de P, N e K exportado pela parte aérea do feijão (A) e pela parte aérea do trigo (B).



Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

Figura 5 - Índice de Eficiência Agronômica (IEA) dos fertilizantes e doses avaliadas, considerando as quantidades de P, N e K exportado pelos grãos do feijão (A) e pelos grãos do trigo (B).



Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

De maneira geral, analisando conjuntamente todos os resultados observados à campo, percebe-se que, quando aplicados com doses equivalentes de N, P e K, os fertilizantes apresentam resposta similar, sem perdas ou ganhos em rendimento entre uma fonte e outra. Similarmente, o uso de diferentes fertilizantes, com adições equivalentes de nutrientes, não produziram alterações relevantes nos atributos químicos do solo. Única exceção observada foi para o P, o qual foi maior quando utilizou a cama aviária, contudo não trazendo qualquer ganho de rendimento às culturas.

## 6.5 CONCLUSÕES

Os fertilizantes orgânicos, minerais e organominerais, quando usados em doses equivalentes, apresentaram a mesma eficiência no rendimento do feijoeiro e trigo.

A aplicação de fertilizantes orgânicos, minerais e organominerais não alteraram os teores de nutrientes no solo, exceto pela maior disponibilidade de P com a adubação com cama aviária.

## 7 CONCLUSÕES GERAIS

A adubação com cama aviária ou com fertilizante organomineral permite uma solubilização mais lenta do P, em comparação à adubação mineral. A liberação de N e K não varia entre os fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais.

O crescimento de trigo, sob condições de ambiente controlado, não varia entre os fertilizantes testados.

O fertilizante organomineral e a cama aviária não alteram os teores de micronutrientes no solo.

Os fertilizantes orgânicos, minerais e organominerais, quando usados em doses equivalentes, apresentaram a mesma eficiência no crescimento e rendimento das culturas de feijoeiro e trigo sob condições de campo.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados observados, para as condições deste estudo, apesar de ainda serem considerados parciais, devido ao curto tempo de avaliação, mostram que os fertilizantes orgânicos, minerais e organominerais apresentam boa e similar resposta, não havendo restrição do uso de um ou outro. A partir disso, pode-se inferir que o principal aspecto a ser observado, com o uso da adubação, é o fornecimento de dosagens adequadas de nutrientes. Assim, a escolha do fertilizante a ser aplicado deve seguir critérios como disponibilidade e preço, o que varia para as diferentes regiões produtoras e também questões relativas aos custos de transporte, armazenamento e aplicação das diferentes fontes de fertilizantes.

O uso de fontes alternativas, como a adubação orgânica, principalmente de dejetos animais, bem como os fertilizantes organominerais, provenientes da mistura destes dejetos com fertilizantes químicos, é interessante principalmente pelo aspecto ambiental, pela destinação mais correta desses resíduos. Contudo, deve-se ter o cuidado na hora de recomendar esses

produtos, especialmente os organominerais, sob o ponto de vista técnico. Os resultados encontrados neste estudo, mostram que a resposta destes produtos é similar à encontrada pelos fertilizantes químicos, tradicionalmente utilizados, não havendo ganhos adicionais em rendimento.

Como já destacado, esses resultados são parciais e o experimento à campo continuará sendo conduzido, com outras culturas, possibilitando assim resultados mais consistentes. A condução deste tipo de estudo por períodos prolongados é fundamental e permite que as informações que cheguem aos produtores sejam de melhor qualidade.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J. **Fertilizantes**. In: NOVAIS, R. et al. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, pg. 471-550, Viçosa 2007.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. Associação Nacional Para Difusão de Adubos (ANDA). **OS ADUBOS E A EFICIÊNCIA DAS ADUBAÇÕES**. 3. ed. São Paulo: Anda, 1998.

ANDRADE, F. et al. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em latossolos e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, 1003-1011, Viçosa 2003.

ANDREOLA, F. et al. Propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 24, n. 3, p. 609-620, 2000<sup>1</sup>.

ANDREOLA, F. et al. A Adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 24, n. 4, p. 867-873, 2000<sup>2</sup>.

ANTILLE, D. L. Phosphorus release characteristics from biosolids-derived organomineral fertilizers. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 45, p. 2565-2576, 2014.<sup>1</sup>

ANTILLE, D. L. Effects of biosolids-derived organomineral fertilizers, urea, and biosolids granules on crop and soil established with Riegrass (*Lolium perenne* L.). **Communications in soil science and plant analysis**, v. 45, p. 1605-1621, 2014.<sup>2</sup>

BALDOCK, J. A.; NELSON, P. N. Soil organic matter. In: SUMNER, M. E. (Eds.) **Handbook of Soil Science**. Boca Raton: CRC Press, 2000, p. 25–84.

BARCELLOS, M. et al. Atributos químicos de Latossolo sob plantio direto adubado com esterco de bovinos e fertilizantes minerais. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n.3, p. 263-273, 2015.

BARRON, V.; HERRUZO, M.; TORRENT, J. Phosphate adsorption by aluminous hematites of different shapes. *Soil Science Society of America Journal*, v. 52, p. 647-651, 1988.

BERTI, M. ZAGONEL, J. FERNANDES, E. Produtividade de cultivares de trigo em função do Trinexapacethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.

BISSANI, C.A. et al. **Fertilidade dos Solos e Manejo da Adubação de Culturas**. Gênese, Porto Alegre, 2004. 328 p.

BLUM B. et al. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 627-631, Brasília 2003.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Interpretação de resultados analíticos de fósforo pelos extratores Mehlich 1 e Mehlich 3 em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, número especial, v. 32, p. 2751-2756, 2008.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C.; SCHLINDWEIN, J. A.; Disponibilidade de potássio para as plantas em solos do Sul do Brasil estimada por métodos multielementares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1753-1761, 2010.

BRASIL, **Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009**. Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos e compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Diário Oficial da União do dia 28 de julho de 2009, seção1, p.20.

CAI, Z. C.; QIN, S. W. Dynamics of crop yields and soil organic carbon in a long-term fertilization experiment in the Huang-Huai-Hai Plain of China. **Geoderma**, vol. 136, p. 708-715, 2006.

CANELLAS, L. **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Seropédica e Campos dos Goytacazes, UENF, 2005. 345 p.

CASTRO, R. C. et al. Phosphorus migration analysis using synchrotron radiation in soil treated with Brazilian granular fertilizers. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 150, p. 233-237, 2015.

CERETTA, C.A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.729-735, 2003.

CHEN, Z. et al. Importance of heterotrophic nitrification and dissimilatory nitrate reduction to ammonium in a cropland soil: Evidences from a <sup>15</sup>N tracing study to literature synthesis. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 91, p. 65-75, 2015.

CHIEN, S. H. et al. Review of Maleic-Itaconic acid copolymer purpoted as urease inhibitor and phosphorus enhancer in soils. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 2, p. 423-430, 2014.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de recomendação de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, SBCS/NRS, 2004. 400 p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre, SBCS/NRS, 2016. 376 p.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Monitoramento agrícola – safra 2015/2016, v. 3, n. 12, setembro de 2016.

COSTA, M. S. S. et al. Atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.8, p.810–815, 2011<sup>1</sup>.

COSTA, M. S. S. et al. Nutrição e produtividade da cultura do milho em sistemas de culturas e fontes de adubação. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 249-255, 2011<sup>2</sup>.

CTSBF – Comissão Técnica Sul-Brasileira de Feijão. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira**. EPAGRI, Florianópolis 2012.

CUNHA, G.R. et al. Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.400-414, 2001.

CUNHA, G. **Regiões para trigo no Brasil: ensaios de VCU, zoneamento agrícola e época de semeadura**. In: PIRES, J.; VARGAS, L.; CUNHA, G. Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável. Embrapa Trigo, Passo Fundo 2011.

DURIGON, R. et al. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 983-992, 2002.

EGHBALL, B.; BINFORD, G. D.; BALTENSPERGER, D. D. Phosphorus movement and adsorption soil receiving long-term manure and fertilizer application. **Journal of Environmental Quality**, v. 25, n. 6, p. 1339-1343, 1996.

EGHBALL, B.; GILLEY, J. E.; BALTENSPERGER, D. D. Long-term manure and fertilizer application effects on phosphorus and nitrogen in runoff. **American society of agricultural engineers (T ASABE)**. Vol. 45, n. 3, p. 687-694, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação do Solo - SIBCS**. 3 ed., Brasília –DF, 2013. 353 p.

ERNANI, P. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages, 2016, 254 p.

ERNANI, P. R.; GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, n. p. 161-165, 1983.

EYHERAGUIBEL, B. SILVESTRE, J. MORARD, P. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. **Bioresource Technology**, vol. 99, n. 10, pg. 4206-4212, 2008.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, N. Eficiência agronômica de fertilizantes organominerais sólidos e fluidos em relação à disponibilidade de fósforo. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu-SP, 2014.

FIESC, Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina. **Santa Catarina em Dados – 2014**. v. 24, Florianópolis, 2014. 196 p.

FORNASIERI FILHO, D. et al. Resposta de cultivares de feijoeiro comum à adubação nitrogenada em sistema de plantio direto. **Científica**, v.35, n.2, p.115 - 121, Jaboticabal 2007.

FRANCHINI, J. C. et al. Alterações químicas em solos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, pg. 533-542, Viçosa/MG, 1999.

GARGANTINI, H.; et al. Absorção de nutrientes pelo trigo. **Bragantia**, v. 32, n. 16, 1973.

GATIBONI, L. C. et al. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema de plantio direto. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, pg. 691-699, Viçosa 2007.

GATIBONI, L.C. et al. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1753-1761, 2008.

GEBRIM, F. et al. Lixiviação de cátions favorecida pela presença de ânions inorgânicos e ácidos orgânicos de baixa massa molecular em solos adubados com camas de aviário. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, pg. 2255-2267, Viçosa 2008.

GONET, S. DEBSKA, B. Dissolved organic carbon and dissolved nitrogen in soil under different fertilization treatments. **Plant Soil Environ**, v. 52, n. 2, pg. 55-63, 2006.

GUPPY, C. et al. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Australian Journal of Soil Research**, v. 43, pg. 189-202, 2005.

HAYNES, R.J. & MOKOLOBATE, M.S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. **Nutrient Cycling Agroecosystem**, v. 59, pg. 47-63, 2001.

HERRERA, W. F. B. et al. Crop yields and soil phosphorus lability under soluble and humic-complexed phosphate fertilizers. *Soil Fertility & Crop Nutrition*, v. 108, n. 4, p. 1-11, 2016.

HUE, N. Effects of organic acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. **Soil Science**, v. 152, n. 6, 463-471, 1991.

HUE, N.V. & LICUDINE, D.L. Amelioration of subsoil acidity through surface application of organic manures. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, n. 2, pg. 623-632, 1999.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2011**. v. 39, Rio de Janeiro 2012, 63 p.

JÚNIOR, L. et al. Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p. 1543-1548, 2007.

KALBITZ, K. et al. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. **Soil Science**, v. 165, n. 4, p. 277-304, Baltimore, 2000.

LANA, M. C.; RAMPIM, L.; VARGAS, G. Disponibilidade de fósforo para plantas de milho cultivadas com fertilizante organomineral e fosfato monoamônico. **Gl. Sci Technol**, v. 07, n. 01, p. 26 – 36, Rio Verde, 2014.

LEITE, L. F. C. et al. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 821-832, 2003.

LOMBI, E. et al. Mobility, solubility and lability of fluid and granular forms of P fertiliser in calcareous and non-calcareous soils under laboratory conditions. **Plant and Soil**, v. 269, p. 25-34, 2004.

LOOMIS, R. AMTHOR, J. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 1, p. 1584-1596, 1999.

LOURENÇO, K.S. et al. Crescimento e absorção de nutrientes pelo feijoeiro adubado com cama de aves e fertilizantes minerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 462-471, 2013.

LOURENÇO, K. S. et al. Effect on ammonia volatilization following soil application of poultry litter or organomineral fertilizer, unlike urea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-8, 2016.

LOURENZI, C. R. et al. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquido de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.3, p.233-242, 2016.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de métodos analíticos para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos**. Brasília: MAPA, 2007. 141p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Secretária de política pública, portaria nº 263**, de 22 de dezembro de 2015.

MEHLICH, A. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 15, p. 1409- 1416, 1984.

MENDONÇA, E. MATOS, E. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. UFV, Viçosa 2006. 107 p.

MEURER, E. **Fertilizantes**. In: NOVAIS, R. et al. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, pg. 65-90, Viçosa 2007.

MOÇO, M. K. S. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.

MURPHY, J. RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v 27, p. 31-36, Oxford, 1962.

OLOWOAKE, A. A. Growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as influenced by NPK, jatropha cake and organomineral fertilizer on an Alfisol in Llorin, Southern Guinea Savanna of Nigeria. **Journal of Organic Systems**, v. 10, n. 1, p. 3-8, 2015.

ORSO, G. et al. Comportamento da cultura do trigo sob efeito fontes e doses de nitrogênio. **Cerrado Agrociências**, v. 5, p. 44-52, 2014.

PAULETTI, V. et al. Produtividade de culturas sob diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e de adubo mineral. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 199-205, Curitiba/PR, 2008.

PAVINATO, P., ROSOLEM, C. Disponibilidade de nutrientes no solo – decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, pg. 911-920, Viçosa 2008.

PEREZ, A. A. G.; et al. Extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro adubado com nitrogênio, em diferentes tempos de implantação do sistema plantio direto. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1276-1287, 2013.

PINHEIRO, G. et al. Ácidos orgânicos de baixa massa molar em solos e materiais orgânicos. **Química Nova**, v. 36, n. 3, p. 413-418, 2013.

PINHEIRO, G. SILVA, C. LIMA, J. Soluble carbon in oxisol under the effect of organic residue rates. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, pg. 810-820, Viçosa 2014.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. IPNI: International Plant Nutrition Institute, Piracicaba/SP, 2011. 420 p.

RAO, J. et al. Pelleted organo-mineral fertilisers from composted pig slurry solids, animal wastes and spent mushroom compost for amenity grasslands. **Waste Management**, v. 27, n. 3, pg. 1117-1128, 2007.

REN, T. et al. Effects of Manure and Nitrogen Fertilizer Applications on Soil Organic Carbon and Nitrogen in a High-Input Cropping System. **Plos One**, v. 9, n. 5, 2014.

ROGERI, D. A. et al. Composition of poultry litter in Southern Brazil. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-7, 2016.

ROSA, C. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, pg. 959-967, Viçosa 2009.

RUDRAPPA, L. et al. Long-term manuring and fertilization effects on soil organic carbon pools in a Typic Haplustept of semi-arid sub-tropical India. **Soil & Tillage Research**, v. 88, p. 180-192, 2006.

SANTOS, T. LUCAS JUNIOR, J. Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia. In: ZOOTECH, 2003; **Anais...CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA**, p. 131-141, Uberaba, 2003.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N. Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 715-721, 2009.

SIBANDA, H. YOUNG, S. D. Competitive adsorption of humus acids and phosphate on goethite, gibbsite and two tropical soils. **Journal of Soil Science**, v. 37, n. 2, pg. 197-204, Reading 1986.

SILVA, L. S.; BOHNEN, H. Mineralização de palha de milho e adsorção de carbono, cálcio, magnésio e potássio em substratos com caulinita natural e goethita sintética. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 289-296, 2001.

SILVA, A. A. et al. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 2, p. 254-265, 2015.

SILVA, I. MENDONÇA, E. **Matéria orgânica do solo**. In: NOVAIS, R. et al. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, pg. 471-550, Viçosa 2007.

SMITH, G. H. et al. The effect of organo-mineral fertilizer applications on the yield of winter wheat, spring barley, forage maize and grass cut for silage. **Journal of environmental protection**, v. 6, p. 103-109, 2015.

SOUZA, R. F. et al. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 975-983, 2006.

STROSSER, E. Methods for determination of labile soil organic matter: an overview. **Journal of Agrobiology**, v. 27, n. 2, p. 49-60, 2010.

TEDESCO, M. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 1995, 174 p.

TEJADA, M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. Effects of Application of Two Organomineral Fertilizers on Nutrient Leaching Losses and Wheat Crop. **Agronomy Journal**, v.97, pg.960-967, Madison 2005.

VITORINO, L. B.; SILVA, A. A.; LANA, R. M. Q. Influência da adubação com dejetos orgânicos e adubo mineral sobre o teor de metais pesados no solo e na cana-de-açúcar. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, 1, p. 72-82, Mar. 2012.

WIETHOLTER, S. Efeito de fertilizantes minerais e organominerais nos rendimentos de culturas e em fatores de fertilidade do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 29, n. 5, p. 713-724, maio de 1994.

ZANDONADI, D. CANALLES, L. FAÇANHA, A. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation. **Planta**, v. 225, pg. 1583-1595, 2007.

## 10 ANEXOS

ANEXO 1 - Equações de regressão simples contendo o comportamento de variáveis no tempo para os tratamentos avaliados no estudo.

Tratamento	Equação linear	R <sup>2</sup>	Equação quadrática	R <sup>2</sup>
<b>Rendimento de massa seca total</b>				
FOM 100	$y = 0,096^{**}x - 1,426$	0,93	$y = 0,002^{**}x^2 - 0,06x + 0,49$	0,99
CA 10	$y = 0,045^{**}x - 0,609$	0,94	$y = 0,0007^{**}x^2 - 0,022x + 0,234$	0,99
FM 90	$y = 0,10^{**}x - 1,476$	0,93	$y = 0,002^{**}x^2 - 0,056x + 0,468$	0,99
CA 100	$y = 0,077^{**}x - 1,122$	0,93	$y = 0,001^{**}x^2 - 0,045x + 0,404$	0,99
FM 100	$y = 0,092^{**}x - 1,366$	0,93	ns	-
TEST	$y = 0,038^{**}x - 0,488$	0,94	ns	-
<b>Rendimento de massa seca da parte aérea</b>				
FOM 100	$y = 0,06^{**}x - 0,885$	0,93	$y = 0,001^{**}x^2 - 0,03x + 0,303$	0,99
CA 10	$y = 0,03^{**}x - 0,430$	0,94	$y = 0,001^{**}x^2 - 0,02x + 0,176$	0,99
FM 90	$y = 0,07^{**}x - 1,107$	0,93	$y = 0,001^{**}x^2 - 0,04x + 0,346$	0,99
CA 100	$y = 0,06^{**}x - 0,844$	0,93	$y = 0,001^{**}x^2 - 0,03x + 0,315$	0,99
FM 100	$y = 0,06^{**}x - 0,965$	0,93	$y = 0,001^{**}x^2 - 0,04x + 0,314$	0,99
TEST	$y = 0,02^{**}x - 0,341$	0,94	ns	-
<b>Rendimento de massa seca das raízes</b>				
FOM 100	$y = 0,04^{**}x - 0,541$	0,93	ns	-
CA 10	$y = 0,01^{**}x - 0,179$	0,94	$y = 0,0002^{**}x^2 - 0,005x + 0,059$	0,99
FM 90	$y = 0,02^{**}x - 0,369$	0,93	$y = 0,0004^{**}x^2 - 0,01x + 0,122$	0,99
CA 100	$y = 0,019^{**}x - 0,278$	0,94	$y = 0,0003^{**}x^2 - 0,01x + 0,089$	0,99
FM 100	$y = 0,03^{**}x - 0,401$	0,93	ns	-
TEST	$y = 0,01^{**}x - 0,147$	0,94	ns	-
<b>Teores de P na massa seca total</b>				
FOM 100	$y = -0,019^{**}x + 3,349$	0,60	ns	-
CA 10	$y = -0,02^{**}x + 2,855$	0,36	$y = 0,002^{**}x^2 - 0,174x + 4,791$	0,98
FM 90	$y = -0,024^{**}x + 3,584$	0,60	ns	-
CA 100	$y = -0,02^{**}x + 2,96$	0,42	$y = 0,001^{**}x^2 - 0,158x + 4,683$	0,97
FM 100	$y = -0,017^{**}x + 3,581$	0,88	ns	-
TEST	$y = -0,02^{**}x + 2,88$	0,40	$y = 0,002^{**}x^2 - 0,169x + 4,742$	0,99
<b>Teores de N na massa seca total</b>				
FOM 100	$y = -0,239^{**}x + 43,692$	0,96	ns	-
CA 10	$y = -0,242^{**}x + 43,944$	0,71	$y = 0,010^{**}x^2 - 1,158x + 55,459$	0,99
FM 90	$y = -0,250^{**}x + 43,809$	0,97	ns	-
CA 100	$y = -0,253^{**}x + 44,101$	0,85	ns	-
FM 100	$y = -0,210^{**}x + 43,846$	0,99	ns	-
TEST	$y = -0,21^{**}x + 42,991$	0,73	$y = 0,008^{**}x^2 - 0,964x + 52,474$	0,99
<b>Teores de K na massa seca total</b>				
FOM 100	$y = -0,094^{**}x + 42,581$	0,61	$-0,005^{**}x^2 + 0,341x + 37,110$	0,98
CA 10	ns	-	ns	-
FM 90	ns	-	ns	-
CA 100	ns	-	ns	-
FM 100	ns	-	ns	-
TEST	ns	-	ns	-
<b>Teores de Ca na massa seca total</b>				

FOM 100	$y = 0,012^{**}x + 1,769$	0,27	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,123x + 0,370$	0,97
CA 10	$y = 0,01^{**}x + 1,778$	0,22	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,118x + 0,423$	0,92
FM 90	ns	-	$y = -0,002^{**}x^2 + 0,186x - 0,443$	0,93
CA 100	ns	-	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,140x + 0,142$	0,95
FM 100	ns	-	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,125x + 0,476$	0,96
TEST	$y = 0,016^{**}x + 1,470$	0,44	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,122x + 0,137$	0,96
<b>Teores de Mg na massa seca total</b>				
FOM 100	ns	-	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,122x + 2,087$	0,76
CA 10	$y = 0,006^{**}x + 3,538$	0,10	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,115x + 2,168$	0,90
FM 90	$y = -0,007^{**}x + 4,083$	0,09	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,118x + 2,505$	0,99
CA 100	ns	-	$y = -0,002^{**}x^2 + 0,146x + 2,055$	0,77
FM 100	ns	-	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,126x + 2,332$	0,86
TEST	ns	-	$y = -0,001^{**}x^2 + 0,120x + 2,084$	0,94
<b>P absorvido pela massa seca total</b>				
FOM 100	$y = 0,15^{**}x - 2,007$	0,95	$y = 0,002^{**}x^2 - 0,057x + 0,600$	0,99
CA 10	$y = 0,071^{**}x - 0,879$	0,92	$y = 0,001^{**}x^2 - 0,055x + 0,705$	0,99
FM 90	$y = 0,172^{**}x - 2,420$	0,94	$y = 0,003^{**}x^2 - 0,086x + 0,819$	0,99
CA 100	$y = 0,124^{**}x - 1,734$	0,92	$y = 0,002^{**}x^2 - 0,093x + 0,997$	0,99
FM 100	$y = 0,195^{**}x - 2,722$	0,94	$y = 0,003^{**}x^2 - 0,095x + 0,918$	0,99
TEST	$y = 0,054^{**}x - 0,609$	0,92	ns	-
<b>N absorvido pela massa seca total</b>				
FOM 100	$y = 2,283^{**}x - 31,898$	0,94	$y = 0,038^{**}x^2 - 1,221x + 12,151$	0,99
CA 10	$y = 1,174^{**}x - 14,258$	0,94	$y = 0,020^{**}x^2 - 0,631x + 8,424$	0,99
FM 90	$y = 2,36^{**}x - 33,808$	0,94	$y = 0,039^{**}x^2 - 1,254x + 11,632$	0,99
CA 100	$y = 1,871^{**}x - 25,66$	0,93	$y = 0,032^{**}x^2 - 1,086x + 11,509$	0,99
FM 100	$y = 2,432^{**}x - 34,088$	0,94	$y = 0,040^{**}x^2 - 1,196x + 11,523$	0,99
TEST	$y = 1,011^{**}x - 11,703$	0,94	ns	-
<b>K absorvido pela massa seca total</b>				
FOM 100	$y = 0,260^{**}x + 1,518$	0,98	ns	-
CA 10	$y = 0,124^{**}x + 3,213$	0,92	ns	-
FM 90	$y = 0,285^{**}x + 0,405$	0,98	ns	-
CA 100	$y = 0,246^{**}x + 0,811$	0,99	ns	-
FM 100	$y = 0,26^{**}x + 1,620$	0,97	$y = -0,002^{**}x^2 + 0,468x - 0,997$	0,99
TEST	$y = 0,112^{**}x + 3,303$	0,86	ns	-
<b>Ca absorvido pela massa seca total</b>				
FOM 100	$y = 0,232^{**}x - 3,466$	0,94	$y = 0,004^{**}x^2 - 1,118x + 0,935$	0,99
CA 10	$y = 0,106^{**}x - 1,435$	0,95	$y = 0,002^{**}x^2 - 0,035x + 0,333$	0,99
FM 90	$y = 0,184^{**}x - 2,7$	0,95	$y = 0,003^{**}x^2 - 0,074x + 0,554$	0,99
CA 100	$y = 0,163^{**}x - 2,366$	0,94	$y = 0,002^{**}x^2 - 0,073x + 0,595$	0,99
FM 100	$y = 0,206^{**}x - 3,008$	0,94	$y = 0,003^{**}x^2 - 0,092x + 0,728$	0,99
TEST	$y = 0,091^{**}x - 1,222$	0,96	ns	-
<b>Mg absorvido pela massa seca total</b>				
FOM 100	$y = 0,330^{**}x - 4,848$	0,94	$y = 0,005^{**}x^2 - 0,171x + 1,449$	0,99
CA 10	$y = 0,172^{**}x - 2,294$	0,95	$y = 0,002^{**}x^2 - 0,065x + 0,684$	0,99
FM 90	$y = 0,316^{**}x - 4,618$	0,94	$y = 0,005^{**}x^2 - 0,152x + 1,263$	0,99
CA 100	$y = 0,258^{**}x - 3,684$	0,94	$y = 0,004^{**}x^2 - 0,122x + 1,099$	0,99
FM 100	$y = 0,303^{**}x - 4,358$	0,94	ns	-
TEST	$y = 0,133^{**}x - 1,674$	0,96	ns	-
<b>Teores de P no solo extraídos por M1</b>				
Média	$y = -0,025^{**}x + 12,759$	0,66	ns	-

<b>Teores de K no solo extraídos por M1</b>				
FOM 100	$y = -0,559**x + 132,07$	0,95	ns	-
CA 10	$y = -0,344**x + 111,40$	0,76	ns	-
FM 90	$y = -0,652**x + 141,01$	0,63	$y = -0,019**x^2 + 0,929x + 128,374$	0,82
CA 100	$y = -0,455**x + 136,99$	0,43	ns	-
FM 100	$y = -0,705**x + 143,34$	0,82	$y = -0,017**x^2 + 0,70x + 132,12$	0,98
TEST	$y = -0,346**x + 115,23$	0,77	ns	-
<b>Teores de N mineral no solo</b>				
FOM 100	$y = -0,54**x + 168,789$	0,81	$y = -0,01**x^2 + 0,58x + 159,81$	0,98
CA 10	ns	-	ns	-
FM 90	$y = -0,676**x + 167,38$	0,67	$y = -0,02**x^2 + 1,27x + 151,84$	0,96
CA 100	ns	-	ns	-
FM 100	$y = -0,592**x + 179,61$	0,71	$y = -0,01**x^2 + 0,61x + 170$	0,86
TEST	$y = -0,48**x + 145,79$	0,84		
<b>Teores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mineral no solo</b>				
FOM 100	$y = -0,6**x + 64,46$	0,33	$y = 0,04**x^2 - 4,09x + 92,33$	0,88
CA 10	$y = -0,43**x + 46,06$	0,25	$y = 0,03**x^2 - 3,2x + 68,15$	0,78
FM 90	$y = -0,63**x + 62,67$	0,36	$y = 0,04**x^2 - 3,96x + 89,28$	0,87
CA 100	$y = -0,33**x + 51,75$	0,17	$y = 0,03**x^2 - 3,13x + 74,09$	0,76
FM 100	$y = -0,78**x + 75,33$	0,40	$y = 0,05**x^2 - 4,62x + 106,1$	0,80
TEST	$y = -0,55**x + 49,62$	0,34	$y = 0,04**x^2 - 3,65x + 74,37$	0,88
<b>Teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo</b>				
FOM 100	ns	-	$y = -0,06**x^2 + 4,67x + 67,47$	0,87
CA 10	$y = 0,22**x + 97,998$	0,07	$y = -0,03**x^2 + 3,3x + 73,39$	0,72
FM 90	ns	-	$y = -0,06**x^2 + 5,23x + 62,56$	0,94
CA 100	$y = 0,45**x + 102,12$	0,24	$y = -0,04**x^2 + 3,68x + 76,33$	0,86
FM 100	$y = 0,19**x + 104,28$	0,03	$y = -0,06**x^2 + 5,23x + 63,98$	0,96
TEST	ns	-	$y = -0,04**x^2 + 3,78x + 66,49$	0,86
<b>Teores de Ca no solo</b>				
Média	$y = 0,004**x + 4,544$	0,58	ns	-
<b>Teores de Mg no solo</b>				
Média	$y = 0,004**x + 5,19$	0,30	$y = -0,0001**x^2 + 0,012x + 5,12$	0,39
<b>Valores de H + Al no solo</b>				
Média	$y = 0,012**x + 2,013$	0,90	$y = -0,0001**x^2 + 0,027x + 1,906$	0,96
<b>CTC efetiva no solo</b>				
Média	$y = 0,009**x + 10,253$	0,54	$y = -0,0002**x^2 + 0,024x + 10,139$	0,60
<b>CTC pH 7 no solo</b>				
Média	$y = 0,02**x + 12,28$	0,73	$y = -0,0004**x + 0,053x + 12,015$	0,84
<b>Saturação por bases no solo</b>				
Média	$y = -0,07**x + 83,539$	0,88	$y = 0,0008**x^2 - 0,14x + 84,1$	0,92
<b>Teor de Manganês no solo</b>				
Média	$y = -0,05**x + 64,847$	0,30	$y = 0,003**x^2 - 0,27x + 66,59$	0,54
<b>Teor de Cobre no solo</b>				
Média	$y = 0,008**x + 0,99$	0,74	$y = -0,0002x^2 + 0,026x + 0,85$	0,93
<b>Teor de Zinco no solo</b>				
Média	ns	-	ns	-
<b>Teor de Ferro no solo</b>				
Média	ns	-	$y = -0,01**x^2 + 0,911x + 491,56$	0,21
<b>Valores de pH H<sub>2</sub>O</b>				

FOM 100	$y = -0,003^{**}x + 5,723$	0,16	$y = 0,0003^{**}x^2 - 0,034x + 5,972$	0,81
CA 10	$y = -0,003^{**}x + 5,723$	0,14	$y = 0,0003^{**}x^2 - 0,026x + 5,906$	0,68
FM 90	$y = -0,003^{**}x + 5,763$	0,15	$y = 0,0004^{**}x^2 - 0,034x + 6,007$	0,80
CA 100	$y = -0,003^{**}x + 5,779$	0,18	$y = 0,0002^{**}x^2 - 0,020x + 5,921$	0,53
FM 100	$y = -0,004^{**}x + 5,742$	0,20	$y = 0,0004^{**}x^2 - 0,034x + 5,983$	0,78
TEST	ns	-	$y = 0,0002^{**}x^2 - 0,020x + 5,815$	0,49

#### Valores de Índice SMP

Média	$y = -0,004^{**}x + 6,67$	0,86	$y =$	
<b>Teores de Carbono Solúvel em Água</b>				
FOM 100	$y = -0,86^{*}x + 247,18$	0,28	$y = 0,065^{**}x^2 - 6,264x + 290,348$	0,84
CA 10	ns	-	$y = 0,052^{**}x^2 - 4,207x + 257,596$	0,44
FM 90	$y = -0,96^{*}x + 221$	0,40	$y = 0,061^{*}x^2 - 6,061x + 261,737$	0,98
CA 100	$y = -1,592^{**}x + 261,98$	0,34	$y = 0,086^{**}x^2 - 8,825x + 319,754$	0,70
FM 100	$y = -1,169^{**}x + 222,922$	0,84	ns	-
TEST	$y = -1,22^{**}x + 231,63$	0,59	$y = 0,036^{*}x^2 - 4,261x + 255,890$	0,78

\*significativo a 5% de probabilidade de erro; \*\*significativo a 1% de probabilidade de erro.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

#### ANEXO 2 – Teores de P, na massa seca total do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamentos	2	4	8	15	30	80
.....g kg <sup>-1</sup> .....						
FOM 100	-	-	3,33 <sup>(ns)</sup>	2,24 <sup>(ns)</sup>	3,67 a <sup>(1)</sup>	1,65 <sup>(ns)</sup>
CA 10	-	-	3,63	2,36	1,17 b	1,62
FM 90	-	-	4,14	2,44	2,84 ab	1,79
CA 100	-	-	3,36	2,91	1,20 b	1,65
FM 100	-	-	3,67	3,04	3,10 a	2,21
TEST	-	-	3,47	2,62	1,11 b	1,58
CV, %	-	-	17,30	16,03	29,67	17,30

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). ns: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

#### ANEXO 3 - Teores de N, na massa seca total do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamentos	2	4	8	15	30	80
.....g kg <sup>-1</sup> .....						
FOM 100	-	-	43,53 <sup>(ns)</sup>	38,15 <sup>(ns)</sup>	36,56 ab	24,77 <sup>(ns)</sup>
CA 10	-	-	46,36	41,09	29,38 c	26,70
FM 90	-	-	42,90	40,51	34,16 abc	24,43
CA 100	-	-	41,91	44,01	31,94 abc	24,89
FM 100	-	-	42,74	39,69	38,00 a	26,97
TEST	-	-	45,37	39,71	31,00 bc	27,92
CV, %	-	-	6,23	10,11	6,86	12,14

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). ns: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

ANEXO 4 - Teores de K, na massa seca total do trigo, aos 8, 15, 30 e 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamentos	2	4	8	15	30	80
	.....g kg <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	-	-	39,09 <sup>(ns)</sup>	41,90 <sup>(ns)</sup>	42,78 <sup>(ns)</sup>	34,09 <sup>(ns)</sup>
CA 10	-	-	39,75	41,73	38,02	39,36
FM 90	-	-	35,96	39,44	41,96	34,17
CA 100	-	-	32,91	44,33	36,82	38,90
FM 100	-	-	37,38	46,80	40,80	36,36
TEST	-	-	35,20	43,67	39,50	42,95
CV, %	-	-	6,81	7,47	8,79	13,44

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

ANEXO 5 - Teores de Ca e Mg, na massa seca total do trigo, na média para todos os períodos de avaliação.

Tratamento	Ca	Mg
	.....g kg <sup>-1</sup> .....	
FOM 100	2,16 <sup>(ns)</sup>	3,66 <sup>(ns)</sup>
CA 10	2,12	3,75
FM 90	2,02	3,85
CA 100	2,07	3,84
FM 100	2,20	3,83
TEST	2,02	3,68
CV %	15,10	8,35

<sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

ANEXO 6 - Teores de N, P, K, Ca e Mg na massa seca da parte (MSPA) e das raízes (RAÍZES) do trigo, aos 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamento	P	K	N	Ca	Mg
.....MSPA, em g kg <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	2,13 <sup>(ns)</sup>	46,53 <sup>(ns)</sup>	31,62 <sup>(ns)</sup>	3,16 <sup>(ns)</sup>	3,97 <sup>(ns)</sup>
CA 10	1,87	50,29	31,69	2,92	4,24
FM 90	2,11	41,74	28,45	2,19	3,56
CA 100	1,82	48,26	28,29	2,52	3,67
FM 100	2,59	45,43	32,03	2,79	3,72
TEST	1,80	56,13	33,2	3,18	4,25
CV (%)	15,77	11,41	11,70	23,37	9,88
.....RAÍZES, em g kg <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	0,79 <sup>(ns)</sup>	11,81 <sup>(ns)</sup>	12,43 <sup>(ns)</sup>	1,21 <sup>(ns)</sup>	2,65 <sup>(ns)</sup>
CA 10	1,02	13,05	14,64	1,06	2,77
FM 90	0,84	11,13	12,32	1,04	2,32
CA 100	1,03	10,37	14,07	1,22	2,72
FM 100	1,2	12,36	14,04	0,99	2,31
TEST	1,06	12,72	15,96	1,16	2,29
CV (%)	22,04	10,89	10,47	25,55	12,97

<sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

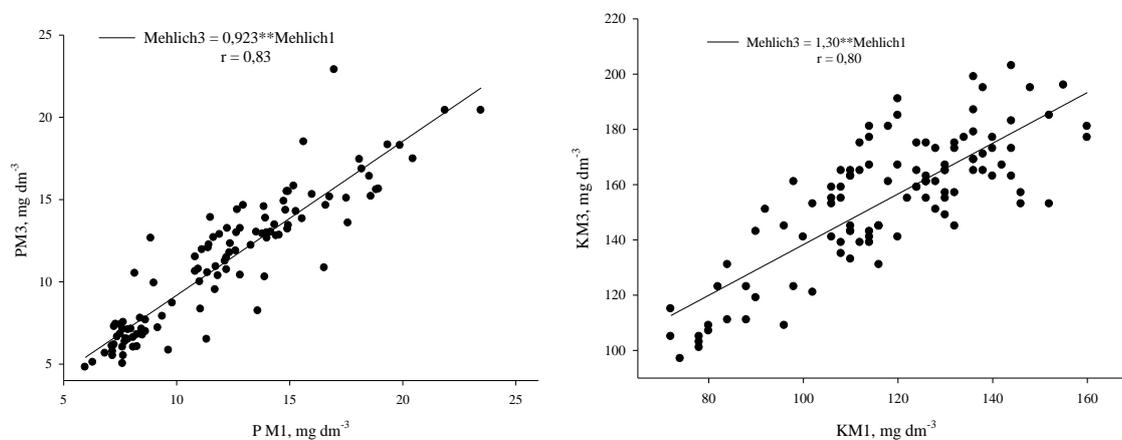
ANEXO 7 - Valores de N, P, K, Ca e Mg absorvidos, na massa seca da parte (MSPA) e das raízes (RAIZ) do trigo, aos 80 dias após a implantação dos tratamentos.

Tratamento	P	K	N	Ca	Mg
.....MSPA, em mg vaso <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	8,68 ab	191,3 ab	129,13 ab	13,06 a	16,44 ab
CA 10	4,18 cd	113,9 b	70,35 bc	6,38 bc	9,43 bc
FM 90	10,55 ab	209,2 a	143 a	11,03 abc	17,94 a
CA 100	7,34 bc	191,7 ab	112,33 abc	9,58 abc	14,28 abc
FM 100	11,47 a	197,6 ab	143,47 a	12,45 ab	16,82 ab
TEST	3,12 d	106,7 b	60,12 c	5,40 c	7,62 c
CV (%)	18,6	19,94	21,18	23,55	21,89
.....RAIZ, em mg vaso <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	1,81 ab	28,5 a	29,78 <sup>(ns)</sup>	2,83 a	6,28 a
CA 10	0,93 b	12,2 ab	13,51	0,99 b	2,59 b
FM 90	1,36 ab	18,6 ab	20,49	1,62 ab	3,8 ab
CA 100	1,36 ab	13,6 ab	18,61	1,62 ab	3,57 ab
FM 100	2,05 a	21,8 ab	25,47	1,69 ab	4,13 ab
TEST	0,83 b	09,9 b	12,54	0,93 b	1,78 b
CV (%)	28,29	35,34	37,34	32,54	32,39

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

ANEXO 8 - Correlação dos valores de P e K extraídos por Mehlich 1 (PM1) e Mehlich 3 (PM3) para os valores encontrados em todos os tratamentos.



\*significativo a 5% de probabilidade de erro; \*\*significativo a 1% de probabilidade de erro.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

ANEXO 9 - Teores (Teor) de P, K, N, Ca e Mg na parte aérea do feijão para os diferentes tratamentos avaliados.

Tratamento	P	K	N	Ca	Mg
.....Teor, em g kg <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	2,30 ab	24,82 <sup>(ns)</sup>	21,88 <sup>(ns)</sup>	5,80 <sup>(ns)</sup>	3,86 <sup>(ns)</sup>
CA 10	1,71 ab	26,03	18,44	7,46	4,01
FM 90	1,93 ab	25,91	19,59	7,05	3,73
CA 100	2,50 a	23,85	19,68	8,74	4,36
FM 100	1,99 ab	24,84	19,18	6,98	3,96
FM 150	1,65 b	26,35	18,26	8,42	4,00
FOM 150	1,73 ab	26,70	18,52	7,23	3,93
TEST	2,07 ab	25,47	19,21	7,97	4,36
CV, %	18,37	15,28	17,21	25,98	9,77

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

ANEXO 10 - Teores (Teor) de P, K, N, Ca e Mg pelos grãos do feijão para os diferentes tratamentos avaliados.

Tratamento	P	K	N	Ca	Mg
	.....Teor, em g kg <sup>-1</sup> .....				
FOM 100	4,57 ab	15,95 <sup>(ns)</sup>	32,42 ab	1,62 <sup>(ns)</sup>	1,62 <sup>(ns)</sup>
CA 10	4,12 ab	15,56	30,95 ab	1,72	1,72
FM 90	4,29 ab	15,95	32,78 ab	1,63	1,63
CA 100	4,50 ab	15,61	31,23 ab	1,70	1,70
FM 100	4,27 ab	15,88	34,43 ab	1,73	1,73
FM 150	4,73 ab	16,40	32,30 ab	1,70	1,70
FOM 150	4,78 a	16,53	34,65 a	1,71	1,71
TEST	3,84 b	15,53	29,16 b	1,69	1,69
CV (%)	8,58	3,90	7,18	4,97	4,97

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

ANEXO 11 - Teores (Teor) de P, K, N, Ca e Mg na parte aérea do trigo para os diferentes tratamentos avaliados.

Tratamento	P	K	N	Ca	Mg
	.....Teor, em g kg <sup>-1</sup> .....				
FOM 100	1,72 abc	9,42 <sup>(ns)</sup>	13,18 <sup>(ns)</sup>	0,12 <sup>(ns)</sup>	0,70 b
CA 10	1,25 bc	8,73	12,84	0,15	0,80 ab
FM 90	1,72 abc	9,97	13,71	0,13	0,82 ab
CA 100	2,06 ab	10,52	12,68	0,21	0,92 a
FM 100	1,61 abc	10,8	13,58	0,16	0,78 ab
FM 150	2,24 a	8,94	15,8	0,13	0,82 ab
FOM 150	2,16 ab	9,62	14,59	0,14	0,79 ab
TEST	1,1 c	9,08	14,29	0,24	0,86 ab
CV, %	22,53	15,67	16,24	56,85	11,53

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

ANEXO 12 - Teores (Teor) de P, K, N, Ca e Mg pelos grãos do trigo para os diferentes tratamentos avaliados.

Tratamento	P	K	N	Ca	Mg
.....Teor, em g kg <sup>-1</sup> .....					
FOM 100	3,42 ab	5,03 <sup>(ns)</sup>	25,16 ab	0,11 <sup>(ns)</sup>	0,84 <sup>(ns)</sup>
CA 10	2,86 bc	4,56	27,37 ab	0,06	0,90
FM 90	3,18 ab	4,79	26,09 ab	0,06	0,90
CA 100	3,65 a	5,61	22,63 b	0,06	0,91
FM 100	2,82 bc	5,26	23,62 b	0,06	0,89
FM 150	3,48 ab	5,26	26,01 ab	0,08	0,94
FOM 150	3,65 a	5,5	25,44 ab	0,07	0,92
TEST	2,42 c	4,44	29,9 a	0,06	0,62
CV (%)	8,81	10,28	8,57	40,79	18,8

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup>: não significativo estatisticamente. CV: coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.

ANEXO 13 - Equações e coeficientes de determinação para a variável altura de plantas do trigo, avaliada durante todo o ciclo da cultura, para os diferentes tratamentos avaliados.

Tratamento	Equação linear	R <sup>2</sup>	Equação quadrática	R <sup>2</sup>
FOM 100	$y = 14,33^{**}x - 15,5$	0,94	$y = 1,1^{**}x^2 + 4,42x + 1,02$	0,96
CA 10	$y = 12,81^{**}x - 14,98$	0,91	$y = 1,23^{**}x^2 + 1,71x + 4,01$	0,95
FM 90	$y = 14,2^{**}x - 15,1$	0,94	$y = 1,13^{**}x^2 + 4,02x + 1,86$	0,96
CA 100	$y = 13,64^{**}x - 15,67$	0,92	$y = 1,19^{**}x^2 + 2,96x + 2,12$	0,95
FM 100	$y = 14,16^{**}x - 15,17$	0,94	$y = 1,05^{**}x^2 + 4,66x + 0,65$	0,96
FM 150	$y = 14,69^{**}x - 15,04$	0,94	$y = 0,96^{**}x^2 + 6,02x - 0,58$	0,96
FOM 150	$y = 14,48^{**}x - 15,1$	0,94	$y = 0,99^{**}x^2 + 5,89x - 0,28$	0,96
TEST	$y = 12,22^{**}x - 14,78$	0,89	$y = 1,42^{**}x^2 - 0,53x + 6,49$	0,94

\*significativo a 5% de probabilidade de erro; \*\*significativo a 1% de probabilidade de erro.

Fonte: elaborada pelo próprio autor, 2017.