

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE
PRECISÃO**

Elias Abel Barboza

**VARIABILIDADE ESPACIAL MICORRIZICA TEOR DE FÓSFORO NO
SOLO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*)**

Santa Maria, RS
2016

Elias Abel Barboza

**VARIABILIDADE ESPACIAL MICORRIZICA TEOR DE FÓSFORO NO SOLO E
PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO (Zea mays)**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Área de Concentração, Manejo de Sítio Específico de Solo e Planta do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Luis Santi

Santa Maria, RS
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Barboza, Elias Abel

Variabilidade espacial micorrizica teor de fósforo no solo e produtividade da cultura do milho (Zea mays) / Elias Abel Barboza.- 2016.

41 f.; 30 cm

Orientador: Antônio Luis Santi

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, RS, 2016

1. Fungos 2. Colonização 3. Disponibilidade 4. Produção
I. Santi, Antônio Luis II. Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Elias Abel Barboza. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: elias.inovar@hotmail.com

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA COLÉGIO
POLITÉCNICO DA UFSM PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de
Mestrado

**VARIABILIDADE ESPACIAL MICORRIZICA TEOR DE
FÓSFORO NO SOLO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO
MILHO (*Zea mays*)**

elaborada por

Elias Abel Barboza

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agricultura de Precisão

COMISSÃO EXAMINADORA:

Antônio Luis Santi, Dr. (UFSM) (Presidente/Orientador)

Jackson Ernani Fiorin, Dr. (UNICRUZ)

Rodrigo Ferreira da Silva, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 31 de Agosto de 2016

Dedico este trabalho!

A minha noiva.

Aos meus pais.

A empresa Renovagro.

Aos professores do Programa de Pós
Graduação em Agricultura de
Precisão da Universidade Federal de
Santa Maria.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por dar-me força e entusiasmo para continuar sempre firme e forte nos estudos.

Agradeço a meu Pais Ilaci Hulda Barboza e Antonio Francisco Barboza que sempre não negaram esforços para facilitar o acesso aos estudos.

A minha Noiva Andressa Matgge pelo apoio sempre que foi necessário, e pelas palavras de conforto nas horas de dificuldade.

Ao colega de trabalho Renan Migliavacca por sempre estar atuante enquanto estive ausente para os estudos.

A Universidade Federal de Santa Maria, ao Colégio Politécnico da UFSM, ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão e aos Professores pelos ensinamentos compartilhados e dedicação.

Ao Professor orientador Prof. Dr. Antonio Luis Santi pela orientação, disponibilidade de tempo e amizade.

Aos professores e amigos Antônio Luis Santi, Telmo Jorge Carneiro Amado, Elódio Seben, Jackson Ernani Fiorin, Claire Delfini Viana Cardoso pela amizade e apoio sempre que necessário.

A todos amigos que apoiaram no momento de incentivo e decisões importantes na trajetória dos estudos.

O autor.

RESUMO

VARIABILIDADE ESPACIAL DA ATIVIDADE MICORRIZICA E SUA INFLUÊNCIA NA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO E NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*)

AUTOR: Elias Abel Barboza
ORIENTADOR: Antonio Luis Santi

A variabilidade de mapas de fósforo é um problema encontrado na maiorias das áreas cultivadas na região sul do Brasil. Para melhor conhecimento da variabilidade deste elemento se faz necessário o mais estudos das relações do fósforo com outros fatores presentes no solo. Devido a isso o objetivo deste trabalho foi diagnosticar a variabilidade dos teores de fósforo no solo e a suas relações com a porcentagem de infecção micorrizica em raízes de milho (*Zea mays*), e contabilizar se estas relações impactam no potencial produtivo da cultura. As análises de infecção micorrizica e disponibilidade de fosforo foram coletadas no momento de plena antese da cultura devido a maior simbiose entre fungo e planta ser neste momento, a produtividade foi avaliada através de colheita manual. O tamanho do grade foi de 0,33 hectare com 24 pontos amostrais. Após a aquisição dos dados utilizou-se a estatística descritiva para analisa cos dados e foi utilizada a correlação de Pearson para diagnosticar as reações entre as variáveis. Foi verificada grande similaridade entre a variabilidade de fósforo no solo e a variabilidade de infecção micorrizica, conseqüentemente, na produtividade da cultura do milho. Embora mereça mais estudos, há possibilidade de que indiretamente se estime a variação de mapas de fosforo com a porcentagem de fundos micorrizicos presentes. A infecção micorrizica, juntamente com a disponibilidade de fosforo no solo influenciam indiretamente na produtividade da cultura do milho (*Zea mays*).

Palavras-chave: Fungos. Colonização. Disponibilidade. Produção.

ABSTRACT

SPATIAL VARIABILITY OF MYCORRHIZAL ACTIVITY AND INFLUENCE ON PHOSPHORUS AVAILABILITY AND PRODUCTIVITY OF MAIZE (*Zea mays*)

AUTHOR: ELIAS ABEL BARBOZA
SUPERVISOR: ANTONIO LUIS SANTI

Variability of phosphorus maps is a problem found in the majority of cultivated areas in southern Brazil region. For better understanding of the variability of this element is the further study of the phosphorus relations with other factors in the soil is necessary. Because of this the objective of this study was to diagnose the variability of the phosphorus content in the soil and its relations with the percentage of mycorrhizal infection in maize roots (*Zea mays*), and account if these relations impact the productive potential of culture. The analysis of mycorrhizal infection and availability of phosphorus were collected at the time of full anthesis culture due to greater symbiosis between fungus and plant is at this time, productivity was assessed from manual harvesting. The grid size was 0.33 hectare at 24 sampling points. After the acquisition of the data was used descriptive statistics to analyze the data and Pearson correlation was used to diagnose the reactions between the variables. It was found great similarity between phosphorus variability in soil and the variability of mycorrhizal infection consequently productivity of maize. Although deserves more study, there is possibility that indirectly estimate the variation of phosphorus maps with the percentage of mycorrhizal present funds. The mycorrhizal infection, along with the availability of phosphorus in the soil indirectly influence the productivity of maize (*Zea mays*)

Keywords: Fungi. Colonization. Availability. Production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem do local do experimento e seus pontos de coleta e detalhe da grade amostral utilizada	21
Figura 2 – Metodologia de coleta de amostra de Solo.....	22
Figura 3 – Plantas amostradas e suas respectivas amostras antes do envio para o laboratório	23
Figura 4 – Imagem do fungo micorrizico na superfície da raiz.....	26
Figura 5 – Imagem de vesículas formadas pelo fungo micorrizico no tecido radical	26
Figura 6 – Mapa de Fosforo mg/dm ³	31
Figura 7 – Mapa de Porcentagem de colonização Micorizica nas plantas.....	31
Figura 8 – Variabilidade espacial da produtividade da cultura do milho na área experimental.....	32
Figura 9 – Comparação entre mapas temáticos de produtividade, micorrizas, e fósforo	33
Figura 10 – Distribuição espacial dos teores de potássio no solo.....	33
Figura 11 – Distribuição espacial dos teores de cálcio no solo.....	34
Figura 12 – Distribuição espacial dos teores de magnésio no solo	34
Figura 13 – Distribuição espacial dos teores de enxofre no solo	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da estatística descritiva para porcentagem de infecção Micorrizica, Fósforo, e Produtividade	27
Tabela 2 – Estatística descritiva para Argila, pH, Cálcio e Mg	28
Tabela 3 – Resultados estatística descritiva para matéria orgânica (MO), potássio (K), e enxofre (S).....	29
Tabela 4 – Correlação Linear de Pearson entre os atributos químicos do solo, infecção micorrizica e a produtividade.....	30

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 – Índices Pluviométricos e suas distribuições	24
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVOS GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1	AGRICULTURA DE PRECISÃO (AP).....	15
3.2	FÓSFORO NO SOLO.....	16
3.3	MICROORGANISMOS DO SOLO.....	17
3.3.1	Micorrizas	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	21
5	RESULTADO E DISCUSSÃO	26
6	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos maiores desafios da agricultura mundial é desenvolver sistemas agrícolas sustentáveis que possam promover a produção de alimentos saudáveis, energia renovável e fibras em quantidade e qualidade suficiente, com um mínimo de impacto ambiental.

A produção agrícola vem crescendo ano a ano e juntamente com esse crescimento, nota-se que às inovações tecnológicas aplicadas na agricultura foram de proporcional crescimento, indicando que a medida que se fez necessário incrementar a produtividade, novas tecnologias tiveram que ser adotadas.

Para alavancar este crescimento a Agricultura de Precisão (AP) está sendo uma notória ferramenta. Com ela o produtor trabalha buscando a uniformização dos componentes químicos e físicos do solo, aumentando fertilidade de suas áreas, e obtendo maior conhecimento sobre a variabilidade existente em suas lavouras.

Dentro do contexto, a AP permite explorar sobre a variabilidade dos nutrientes em áreas cultivadas, principalmente pelo fato de que a maioria dos solos do Brasil apresentam características de baixa fertilidade. Nesse enfoque, dentro dos principais problemas nutricionais em áreas de uso agrícola, destaca-se o fósforo (P) pois normalmente este é um nutriente que apresenta-se em baixa concentração natural no solo e quando presente, sua disponibilidade para as plantas depende das interações que ocorrem no solo, entre as quais destaca-se a forte interação com as argilas. O fósforo é de extrema importância para o desenvolvimento das plantas, é componente estrutural das células, e também é responsável por ser parte de compostos que fornecem energia como o ATP (GATIBONI, 2003).

O fosforo é o segundo elemento que mais limita produtividade isso é ocasionado por sua dinâmica no solo, esta que apresenta capacidade de formar compostos com alta energia de ligação e com grande dificuldade de serem quebrados, devido a isso mesmo solos com grande quantidade de fosforo podem apresentar pequena disponibilidade deste elemento para as plantas.

Como já relatado, são vários fatores podem interferir direta ou indiretamente na disponibilidade deste nutriente para as plantas. Entre esses fatores estão a biologia e a microbiologia do solo, pois influenciam na dinâmica e consequente disponibilidade de vários nutrientes no solo, inclusive do fósforo. A atividade biológica do solo é uma das maiores responsáveis por realizar a reciclagem do

fósforo, possibilitando uma maior disponibilidade deste nutriente. Microrganismos como fungos micorrizicos tem grande importância na dinâmica dessa disponibilidade. As Micorrizas são fungos que caracterizam-se por estabelecer relações simbióticas com as raízes de plantas, assim proporcionando trocas entre planta e fungo, e aumento da área de exploração nutricional, dentre essas trocas é de grande destaque o aumento do fornecimento de fósforo para as plantas.

A produtividade das culturas é altamente influenciada pelas relações entre agentes químicos, físicos, e biológicos do solo. Solos equilibrados apresentam maior capacidade de manter plantas viáveis mesmo em situações de maior stress ambiental. Assim comprovasse a grande importância para o desenvolvimento de estudos que enfatizem as relações químicas, físicas e biológicas presentes nos solos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAL

O trabalho tem por objetivos diagnosticar a variação dos teores de fósforo no solo e a suas relações com a porcentagem de colonização Micorrizica em raízes de milho (*Zea mays*), além de verificar se estas relações impactam no potencial produtivo da cultura.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Diagnosticar o percentual de colonização micorrizica em raízes de plantas.
- 2- Identificar a variação do elemento fósforo na área analisada.
- 3- Determinar se a relação entre fósforo e micorrizas influencia na produtividade da cultura.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO (AP)

A AP tem como princípio tecnologias aplicadas no manejo da variabilidade espacial e temporal associada à produção agrícola (PIERCE; NOWAK, 1999). Envolvendo a obtenção e processamento de informações detalhadas e georeferenciadas sobre as áreas de cultivo agrícola, visando definir estratégias de manejo mais eficientes (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002).

Segundo Amado e Santi (2007), a AP consiste em monitorar áreas e ou propriedades geograficamente representadas de maneira que se possa fazer modificações benéficas no manejo deste local. Com o sistema de AP é possível fazer o manejo das culturas e propriedades devido a possibilidade de localização e acompanhamento não somente para aplicação de insumos agrícolas mas também para gerenciar vários processos dentro de uma propriedade (AMARAL, 1998).

Além disso Costa (2011), destaca que a AP possibilita uso mais eficiente de insumos agrícolas assim possibilitando redução de impactos ambientais e também maior produtividade dos cultivos.

Para Barbieri et al. (2008), devido a variabilidade espacial de elementos como fosforo potássio e também a saturação de bases é proporcionada a aplicação de fertilizantes e corretivos a taxa variável possibilitando o uso mais eficiente dos mesmos.

A AP é uma ferramenta que proporciona grandes benefícios quando utilizada, sendo assim Pires et al. (2004) destaca que com o uso das estratégias da AP pode-se ter melhor controle da área de cultivo observando a variação do rendimento de grãos, tendo o uso mais eficiente de insumos, proporcionando menor impacto ambiental, otimizando a qualidade do solo, e tendo maior assertividade na tomada de decisão. As técnicas de AP proporcionam uma melhoria na gestão das propriedades e melhoram a eficiência na tomada de decisão sobre os manejos que são praticados na propriedade, benefícios que não seriam aplicados sem as ferramentas de AP (SANTI, 2013).

Para constituir um manejo em AP são associados dados técnicos e ou resultados produtivos, ao posicionamento geográfico da área de coleta destes dados

assim possibilitando interferências localizadas, com finalidade de buscar resultados mais efetivos (NUNES, 2016).

Segundo Cherubim (2014), o tamanho da área representada geograficamente impacta na qualidade da representação da amostragem de solo em AP sendo que quanto menor maior a representatividade.

3.2 FÓSFORO NO SOLO

O elemento fósforo (P) é altamente influenciado pelo processo de intemperismo do solo, com o aumento do intemperismo há uma mudança nas características do solo, como a tendência de se tornar menos eletronegativo isso conseqüentemente mais eletropositivo isso possibilita maior adsorção aniônica, diminuindo a disponibilidade de P (MELGAR et al., 1991).

O solo pode imobilizar até 200 vezes o P que uma planta necessita para produzir, dependendo de seu grau de intemperismo (SBCS, 2007). Para Azevedo et al. (2004), a baixa mobilidade do fosforo se dá pela grande atração que os colóides do solo exercem para este elemento, principalmente em solos com alto intemperismo.

Em solos com grande quantidade de biomassa e ou resíduos orgânicos como solos de mata a disponibilidade de P no solo é muito baixa, pois a maior quantidade deste nutriente está presente em compostos (RHEINHEIMER, 2005).

Segundo Novais et al. (2007), solos com alto grau de intemperismo como solos argilosos possuem grande capacidade de agir como dreno para o P, devido a isso é importante a manutenção de resíduos orgânicos que proporcionem a maior ciclagem deste nutriente pela biomassa do solo.

Para Santi et al. (2012), nutrientes como P e Potássio (K) apresentam alta variabilidade horizontal e vertical em solos com textura argilosa na região noroeste do Rio Grande do Sul.

Para Rheinheimer et al. (1998), após a adoção do sistema de plantio direto o P passou a ser utilizado basicamente em camadas mais superficiais do solo, está possibilitando aumento de níveis de P em superfície, também pode-se observar maior variabilidade de formas de P no solo isso devido a maior presença de compostos orgânicos que podem disponibilizar ou adsorver o P nesta camada.

Almeida et al. (2003), destaca que a disponibilidade de P quando aplicado em áreas agrícolas é muito baixa devido à grande quantidade de formas de P que não possuem labilidade para solução do solo.

Nogueira e Cardoso (2000) evidenciam que a atividade de fungos micorrizicos juntamente com doses equilibradas de fertilizantes pode apresentar a maior eficiência e sustentabilidade na disponibilidade nutricional de plantas de soja (*Glycine max*). O fósforo é um dos elementos que apresenta maior variabilidade em sua disponibilidade em solos agrícolas. Isso porque a sua disponibilidade está ligada a muitas variáveis no solo, como pH, Textura, Mineralogia e diversidade Biológica.

Esse elemento tem grande resposta muito a diferenciais biológicos no solo, como fungos responsáveis pela disponibilidade de fósforo às plantas que são as micorrizas (RESENDE et al., 2006).

Zaia (2009) apresenta resultados importantes relacionando a disponibilidade de P com a ciclagem biológica no solo, mostra que as possíveis interações do fósforo no solo são devidas às ciclagens do nutriente e em constante alteração tendo como resultado formas de P orgânicas e inorgânicas que são disponíveis na solução do solo.

Guerra et al. (1995), destaca que a atividade biológica tem papel indispensável para disponibilidade de fósforo em solos agrícolas em solos cultivados com plantas como braquiárias a disponibilidade chega a 15 Kg de $P_2 O_5$ por ano.

3.3 MICRORGANISMOS DO SOLO

Os microrganismos do solo possuem função muito importante para a manutenção da fertilidade, a vida que mantém a atividade dos processos metabólicos no solo direta ou indiretamente, quanto mais a microfauna está ativa a manutenção e ciclagem de nutrientes acontece com maior ênfase (DE-POLLI et al., 1999).

Segundo Cardoso et al. (1992), o desenvolvimento da comunidade microbiana na rizosfera é influenciada pelas plantas, assim como as plantas também são influenciadas pelos produtos originados pelo metabolismo microbiano.

Os microrganismos do solo são responsáveis pelas reações de transformações da matéria orgânica do solo, tendo como função o controle dos processos de mineralização e imobilização dos nutrientes no solo, além de produzir

compostos estáveis denominadas substâncias húmicas, importantes para a estabilidade produtiva dos solos (CALEGARI, 1992).

Para Farinas (2011), são diversas as formas pelas quais os microrganismos transformam a rizosfera: afetam a formação das raízes, modificam a permeabilidade das células das raízes e o metabolismo radicular, estimulam ou inibem a produção e liberação de compostos orgânicos pelas raízes, alteram a disponibilidade de nutrientes às plantas.

A atividade biológica do solo é fortemente influenciada pela presença de raízes, resíduos e materiais orgânicos em decomposição, na rizosfera, observa-se uma intensa atividade microbiológica, em razão da presença dos exsudatos e secreções radiculares que constituem a principal fonte de carbono para os microrganismos (ZILLI et al., 2003).

O tamanho da população de algumas espécies de microrganismos não é muito importante quanto à manutenção da biodiversidade, isso ocorre pois a abundância é reflexo da flutuação das populações microbianas a curto prazo, influenciados por adição pontual de resíduos orgânicos ou pela presença de umidade (DOS REIS; MENDES, 2007).

Segundo Moreira e Siqueira (2002), os micro e macro organismos do solo possuem funções muito importantes para manutenção da fertilidade, as principais funções são a mineralização de compostos orgânicos a produção de húmus a ciclagem de nutrientes a produção de compostos provocando a agregação do solo.

O crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas tem grande relação com a condição biológica dos solos, a diversidade de compostos orgânicos presentes em um solo possibilita maior ciclagem de microrganismos ocasionando maior disponibilidade de nutrientes (NOVAIS et al., 2007). Quando o solo apresenta-se em equilíbrio possui diversos microrganismos que que influenciam em sua fertilidade (LAMBAIS, 2000).

A agricultura e suas modificações no modo de trabalhar com os solos proporcionam alterações diretas na atividade biológica do solo, normalmente proporcionando diminuição e desequilíbrio da biota do solo, acarretando em surgimento de novas moléstias relacionadas ao solo e desequilíbrio na vida (FRANCO, 2009).

3.3.1 Micorrizas

A importância das interações entre fungos e plantas foi demonstrada a muito tempo por Marx e Brian (1975), com a seguinte expressão: “Plantas não têm raízes, elas têm micorrizas”, se referindo ao fato de que, em condições naturais, a maioria das espécies de plantas se encontra associada a determinados fungos numa interação mutualística do tipo micorrízica - grego: mico (fungo) e riza (raiz).

Dentre os diversos benefícios da atividade microbiológica está a simbiose, esta que se dá com a relação mutualística entre plantas e microrganismo heterotróficos (STEFFEN et al., 2015).

Antonioli (2014) destaca que a relação entre as micorrizas e plantas é o maior exemplo de simbiose entre raízes de plantas e fungos do solo, nesta relação o fungo fornece a planta melhores condições de acesso a nutrientes e água.

Uma das principais atividade dos fungos é realizar a função heterotrófica sobre os restos vegetais depositados no solo, da formação de relações simbióticas mutualista denominadas micorrízicas e parasíticas com as raízes da maioria das plantas, sendo ainda importantes agentes de controle biológicos de outros fungos e nematoides (SIQUEIRA; DOBEREINER, 1992).

Ferreira da Silva (2007) demonstra a eficiência de fungos micorrizicos em disponibilizar nutrientes e agua para espécies florestais do Rio Grande do Sul.

Fungos micorrizicos incrementam a absorção de nutrientes, em especial de fosforo, também aumentam a tolerância das plantas a diversos tipos de estresses, proporcionando condições mais eficientes de crescimento e reprodução (SIQUEIRA et al., 1994).

A associação de micorrizas aumenta o teor de fosforo nas plantas também possibilita maior disponibilidade deste nutriente nas proximidades das raízes, esse benefício e evidenciado principalmente quando as plantas encontram-se na antese (CHU, 1993; CAMARGO et al., 1990).

Fungos micorrizicos também influenciam diretamente a forma e quantidade de raízes do sistema radicular das plantas, o sistema radicular da maioria das plantas e um dos benefícios mais relatados tem sido a maior absorção de P pelas plantas micorrizadas (BRESSAN et al., 2016).

Segundo Gomes et al. (2004), plantas com sistema radicular reduzido apresentam características de serem mais dependentes da infecção micorrizica e quanto maior o sistema radicular menor está dependência.

O crescimento e desenvolvimento das micorrizas é diretamente afetado pela concentração de P quanto maior a concentração deste nutriente no meio menor o desenvolvimento dos fungos, as maiores concentrações acontecem quando o P no solo encontra-se em níveis baixos e médios, as raízes e pelos radiculares também apresentam este comportamento (BRESSAN; VASCONCELOS, 2002).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Irmãos Barboza, Localizada no município de Não Me Toque, Rio Grande do Sul localizada entre as coordenadas $-28^{\circ}28'15''$ e $-28^{\circ}28'00''$ S e $52^{\circ}52'45''$ e $52^{\circ}52'15''$ W, (Figura 1). Área estudada apresenta um Latossolo Vermelho Típico (SANTOS et al., 2013), com relevo de aspecto plano.

Figura 1 – Imagem do local do experimento e seus pontos de coleta e detalhe da grade amostral utilizada

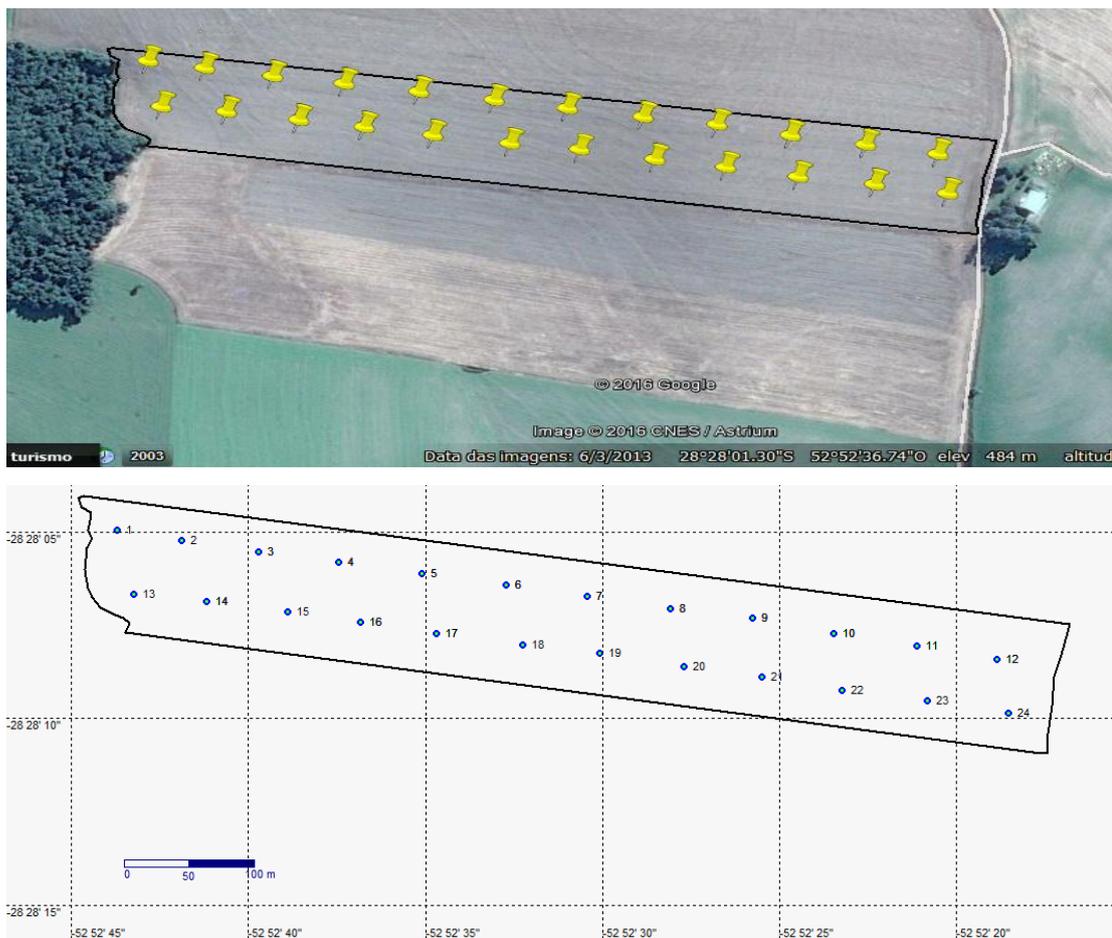


Figura 2 – Metodologia de coleta de amostra de Solo



A área experimental possui 8 Hectares e foi dividida em uma grade amostral composta por 24 pontos onde cada ponto representando 0,33 Hectares. Utilizou-se Software Campeiro 7, para formação dos grades amostrais e transferência das informações para o GPS. O aparelho utilizado para coletas e demarcação da área foi o modelo Garmin GPS 72H. A cultura do Milho (*Zea mays*) foi implantada, sobre cobertura de aveia preta (*Avena strigosa*) sendo a semeadura efetuada 50 dias após a dessecação. A semeadora utilizada foi uma Sfil 11000, com espaçamento entre linhas de 0.48m, o híbrido utilizado foi AG9025 com característica de híbrido Superprecoce da marca Agrocere, a data de semeadura foi 12/08/2015, população de semeadura de 82.000 sementes por ha, profundidade de semeadura de 5 cm, a adubação utilizada foi de 395 Kg da formula 9-25-20 (NPK), no sulco de semeadura com 9 cm de profundidade, e 300 Kg de Ureia 45-00-00 divididos em duas aplicações a primeira no estágio fenológico de V4 e a segunda em V8.

A coleta de solo foi realizada no momento de antese da cultura, na data de 17/11/2015. Coletou-se o solo com a pá de corte, na entrelinha da cultura eliminou-se o excesso de resíduos sólidos na superfície e foi coletado a uma profundidade de 0-0.20 m, eliminando as bordaduras com o auxílio de um facão e utilizando somente a fatia central de aproximadamente 0.05m de largura e 20cm de profundidade, as amostras foram identificadas de acordo com a malha amostral e encaminhadas para análise (Figura 3). Realizou-se as análises no laboratório de análise de solos da CCGL (Cooperativa Central Gaúcha Ltda.).

A coleta de raízes para análise de cobertura micorrizica foi realizada na data de 18/11/2015, também no momento de plena antese da cultura. Segundo Antonioli (2015), o momento de maior associação micorrizica é a plena antese da cultura do Milho (*Z. mays*). As análises foram coletadas com o auxílio de uma pá de corte para o arranquei-o de uma planta por ponto amostral com profundidade de 0-30 cm, cada planta foi identificada com o número do ponto amostral e transportada em um saco de plástico até o local com disponibilidade de água para o preparo das amostras. Posteriormente com disponibilidade de água em abundância realizou-se a lavagem do sistema radicular das plantas analisadas até as raízes apresentarem a coloração branca, então com o uso de uma pinça para evitar o contato da pele com a amostra, coletou-se as raízes mais finas (pelos radiciais) das plantas. Cada planta coletou-se 10 gramas de raiz, estas para sua melhor conservação foram depositadas em potes de plástico com uma mistura de álcool 40%, mistura que garante a viabilidade do tecido da raiz até o momento das avaliações do laboratório (Figura 3).

Figura 3 – Plantas amostradas e suas respectivas amostras antes do envio para o laboratório

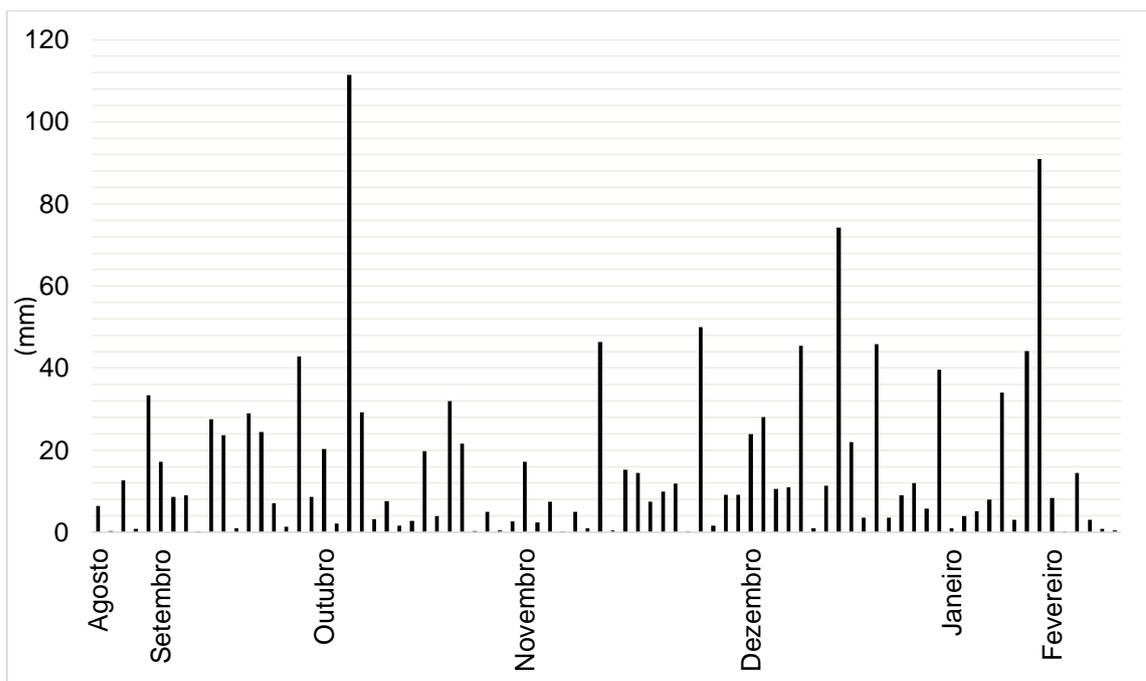


As análises de percentual de cobertura micorrizica foram realizadas segundo metodologia utilizada pelo, Laboratório de Análise Microbiológica da Universidade de Santa Maria – RS, as análises realizadas apresentam somente a quantidade de fungos micorrízicos presente no tecido e não especifica qual o tipo de fungo.

Para determinação da produtividade realizou-se a colheita manualmente, coletando-se as espigas de duas fileiras de 2.5 m para cada linha da cultura mais próximas do ponto amostral, a partir da planta amostrada para análise micorriza. Então realizou-se a debulha das espigas manualmente realizada a pesagem em balança de precisão e determinação da umidade e impurezas.

No gráfico 1 pode-se observar os índices pluviométricos e suas distribuições durante o período do experimento.

Gráfico 1 – Índices Pluviométricos e suas distribuições



A análise dos dados foi realizada pela estatística descritiva, calculando-se as medidas de posição (mínima, média e máxima) e de dispersão (coeficiente de variação, assimetria e curtose). Os valores de coeficiente de variação (CV) foram classificados como baixo ($CV \leq 10\%$), médio ($10 \leq CV \leq 20\%$), alto ($20 \leq CV \leq 30\%$) e muito alto ($CV \geq 30\%$) conforme descrito por Gomes e Garcia (2002). A hipótese de normalidade foi avaliada pelo teste W ($p \leq 0,05$). Para avaliar a relação existente entre os parâmetros avaliados, submetem-se os dados à análise de matriz de correlação linear de Pearson ($p > 0,05$). As análises foram realizadas com *software Statistical Analysis System – SAS 8.0* (SAS Inc, Cary, USA). Para avaliar a relação existente entre os parâmetros avaliados, submetem-se os dados à análise de matriz de correlação linear de Pearson ($p > 0,05$).

Para melhor entendimento dos resultados foram gerados mapas temáticos com auxílio do software CR-Campeiro 7 (Departamento de Geomática, Universidade Federal de Santa Maria, RS). Devido ao reduzido número de pontos avaliados, não foi possível realizar o uso de análises geoestatísticas, procedendo-se, portanto a interpolação dos dados pelo inverso do quadrado da distância conforme recomendado por Coelho et al. (2009).

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

As figuras 4 e 5 demonstram a colonização na superfície da raiz e também as estruturas do fungo nas paredes internas do tecido radicular, respectivamente.

Figura 4 – Imagem do fungo micorrizico na superfície da raiz

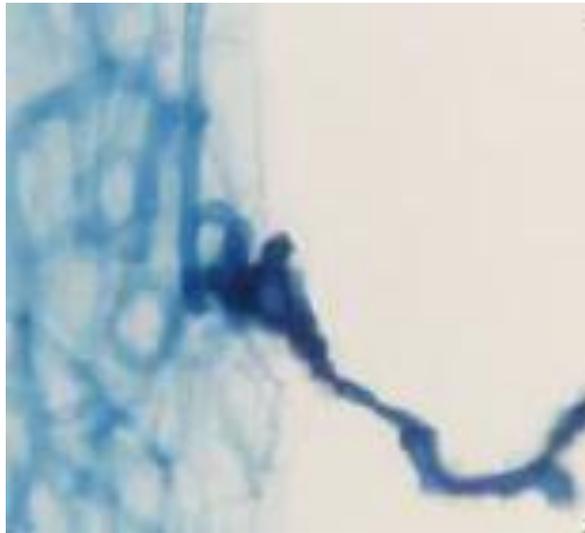
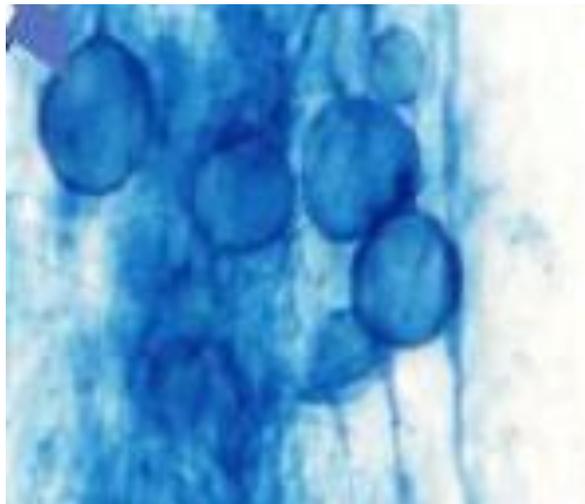


Figura 5 – Imagem de vesículas formadas pelo fungo micorrizico no tecido radical



Na tabela 1 abaixo estão apresentados os resultados obtidos pelas análises química de solo, análise de colonização micorrizica, e resultados de produtividade dos pontos amostrais.

Tabela 1 – Resultados da estatística descritiva para porcentagem de infecção Micorrizica, Fósforo, e Produtividade

Parâmetros estatísticos	Micorrizas (%)	Fósforo (mg dm ⁻³)	Produtividade (Sc ha ⁻¹)
Mínimo	20	4,40	162
Media	69,16	10,37	184,97
Máximo	100	18,10	201,59
Mediana	80	10,85	184,78
Moda	100	6,2	162
DP ¹	31,19	4,37	9,26
Variância	973,18	19,17	85,88
CV (%) ²	45,1	42,22	5,01
Cs ³	-0,47	0,29	-0,41
Ck ⁴	-1,37	-1,16	0,50
W ⁵	0,82*	0,92 ^{ns}	0,97 ^{ns}

¹Desvio Padrão; ²Coeficiente de variação; ³Coeficiente de assimetria; ⁴Coeficiente de curtose; ⁵Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde: * significativo em níveis de p <0,05 e ns não significativo. Quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Os resultados, demonstram que a porcentagem de micorrizas nas raízes das plantas analisadas apresentaram amplitudes de 20 a 100 %, a média foi de 69,16 % apresentando um CV de 45,1 % sendo classificado como muito alto (GOMES; GARCIA, 2002). O valores da porcentagem de micorrizas na area não apresentaram distribuição normal, confirmando-se pelos valores de assimetria e curtose distantes de zero, sendo de -0,47 e -1,37 respectivamente (Tabela 1).

Assim como os dados referentes a porcentagem de micorrizas o elemento fósforo também apresenta alta variabilidade com CV de 42,22 % corroborando com Santi (2012), e uma disponibilidade média de 10,37 mg/dm⁻³, valor considerado alto segundo por CQFS-RS/SC (2004) ambas variáveis apresentam alta variação na área. A produtividade variou de 162 a 201,59 sc/ha⁻¹ com uma produtividade média de 184,97 sc ha⁻¹ e com CV classificado com baixo, sendo de 5,01 %. Os dados de fósforo e a produtividade de grãos seguiram uma distribuição normal, segundo os valores de assimetria e curtose próximos de zero, sendo de 0,29 e -1,16 e -0,41 e 0,50 respectivamente (Tabela 1).

A tabela 2 apresenta os resultados de argila, que apresentou valor de mínimo e máximo de 42 e 66 respectivamente com média de 56.29 %, sendo classificado com classe 2 segundo CQFS-RS/SC (2004) demonstrando que o solo tem

característica argilosa. O CV da argila foi classificado como médio tendendo a baixo sendo de 10,6 % corroborando com resultados de Klein e Camara (2007).

O valores de pH foram compreendidos entre 5,20 a 6 com valor médio de 5,53, sendo classificado como baixo pelo CQFS-RS/SC (2004). O CV foi classificado como baixo, sendo de 4,25. Para ambos os dados de de argila e pH foram considerados de distribuição normal, tendo valores de assimetria e curtose próximos de zero, sendo de -0,51 e -0,04 e 0,29 e -1,01 respectivamente.

Os resultados dos valores de cálcio (Ca) apresentaram amplitude de 10,20 a 5,10 mg dm⁻¹ com média de 6,75 mg/ dm⁻³, e apresentando CV considerado alto sendo de 21,09 %. O Magnésio (Mg) teve valores de mínimo e máximo de 1,70 e 3,10 mg dm⁻¹ e média de 2,25 mg dm⁻¹, e apresentando um CV de 17,46 %, considerado como médio. Semelhante aos resultados de Ca e Mg, deste estudo (BARBIERI et al., 2008) também obtiveram resultados Para o teste de normalidade, os valores de Ca e Mg divergiram, sendo que para o Ca os valores não apresentaram distribuição normal o que somente foi observado para o Mg.

Tabela 2 – Estatística descritiva para Argila, pH, Cálcio e Mg

Parâmetros estatísticos	Argila (%)	pH	Ca (cmol/ dm ⁻³)	Mg (cmol/dm ⁻³)
Mínimo	42	5,20	10,20	1,70
Media	56.29	5,53	6.75	2.25
Máximo	66	6	5,10	3,10
Mediana	57	5,55	6.3	2.15
Moda	57	5,30	5.2	2.1
DP ¹	5.96	0,23	1.42	0.39
Variância	35.06	0,06	2.02	0.15
CV (%) ²	10.6	4,25	21.09	17.46
Cs ³	-0,51	0,29	1.14	0,46
Ck ⁴	-0,04	-1,01	0,54	-0,57
W ⁵	0,96 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,87*	0,95 ^{ns}

¹Desvio Padrão; ²Coeficiente de variação; ³Coeficiente de assimetria; ⁴Coeficiente de curtose; ⁵Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde: *significativo em níveis de p <0,05 e ns não significativo. Quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Na Tabela 3, os resultados de matéria orgânica (MO) apresentaram amplitude de 2,50 a 3,90 % com média de 3,04 %, sendo considerado de nível médio pela CQFS-RS/SC (2004). O CV foi considerado médio com valor de 11,75 %. Normalmente os níveis de matéria orgânica tendem a não sofrer alterações bruscas

quando o solo e cultivado sob plantio direto. A valores de matéria orgânica na área seguiram o padrão de distribuição normal com valores próximos a média.

O valores de potássio (K) na área variaram de 59 a 270 em mg dm^{-3} com média de $116,91 \text{ mg dm}^{-3}$, e apresentando um coeficiente de variação classificado muito alto de 42.02 % demonstrando sua alta variação o que corrobora com Santi et al. (2012), que confirmam a alta variação desse nutrientes em áreas cultivadas em sistema de plantio direto. Os valores de enxofre (S) apresentaram amplitude de 12,9 a 19 mg dm^{-3} e média de $17,02 \text{ mg dm}^{-3}$ com CV classificado como baixo (9,13). Resultados similares ao que encontrou-se neste estudos também foram encontrados por Zanon et al. (2010). Os valores de potássio e enxofre não seguiram uma distribuição normal da área, mediante a análise dos valores de assimetria e curtose distantes de zero, sendo de 1,54 e 2,85 e -0,91 e 0,55 respectivamente.

Tabela 3 – Resultados estatística descritiva para matéria orgânica (MO), potássio (K), e enxofre (S)

Parâmetros estatísticos	M.O (%)	K (mg dm^{-3})	S (mg dm^{-3})
Mínimo	2,50	59	12,9
Media	3.04	116.91	17.02
Máximo	3,90	270	19
Mediana	3	101.5	17.3
Moda	2.9	59	18.3
DP ¹	0.35	49.13	1.55
Variância	0.12	2414	2.41
CV (%) ²	11.75	42.02	9.13
Cs ³	0,54	1,54	-0,91
Ck ⁴	0,11	2,85	0,55
W ⁵	0.95 ^{ns}	0,86*	0,91*

¹Desvio Padrão; ²Coeficiente de variação; ³Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde: *significativo em níveis de $p < 0,05$ e ns não significativo. Quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Os teores de potássio e de argila tiveram correlações negativas com a colonização micorrizica sendo de -0.33 e -0.24 respectivamente.

A correlação de Pearson Tabela 05 demonstrou que dentre as 36 correlações aplicadas a de maior significância foi a correlação entre a colonização micorrizica e a disponibilidade de Fosforo no solo (0.62), resultado que Bressan et al. (2001) e

Nogueira e Cardoso (2000). Resultado que possibilita uma estimativa de níveis de fósforo no solo relacionando com a atividade micorrizica, desta maneira evidencia-se a atividade destes fungos como fator importante para o equilíbrio nutricional deste elemento.

Tabela 4 – Correlação Linear de Pearson entre os atributos químicos do solo, infecção micorrizica e a produtividade

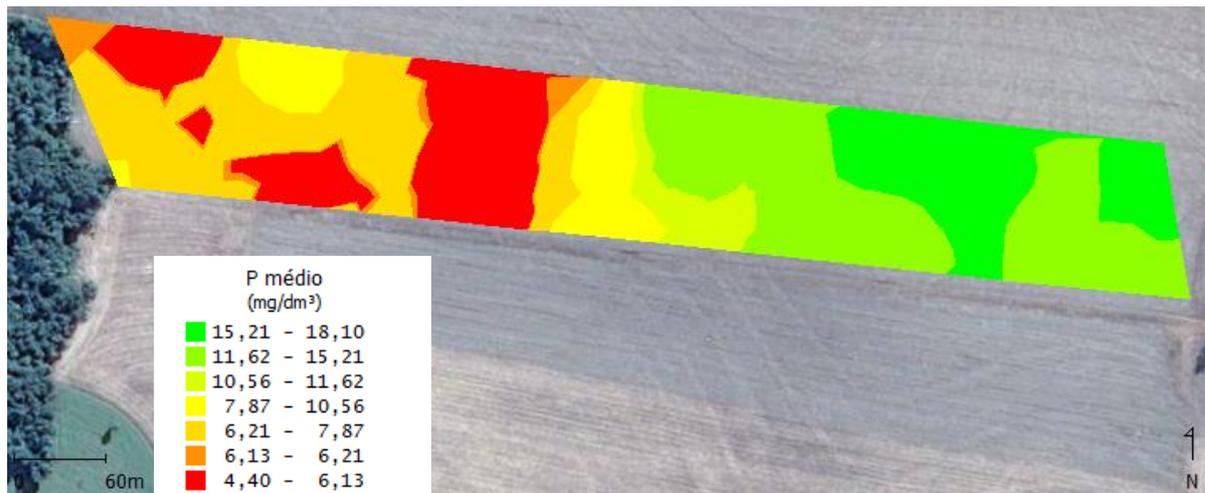
	Mico	Prod	K	Ca	Mg	S	Argila	M.O
P	0,62**	0,31	-0,48*	-0,12	-0,29	-0,01	-0,12	-0,23
Mico		0,32	-0,33	0,00	0,02	0,36	-0,24	0,12
Prod			-0,39*	-0,13	-0,26	0,16	-0,24	0,23
K				0,49*	0,52**	-0,13	-0,13	0,31
Ca					0,83**	-0,03	-0,10	0,41*
Mg						-0,02	-0,25	0,54**
S							-0,18	0,17
Argila								-0,49**

**significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ respectivamente.

Quanto a produtividade se observou uma baixa variabilidade pois a área em estudo apresenta relevo uniforme isso colabora para uma menor variação produtiva mesmo quando atributos químicos e biológicos não apresentem baixa variabilidade, porém observasse variações negativas em pontos que há menor disponibilidade de fósforo e menor colonização micorrizica resultado que pode ser evidenciado pelos mapas temáticos da área.

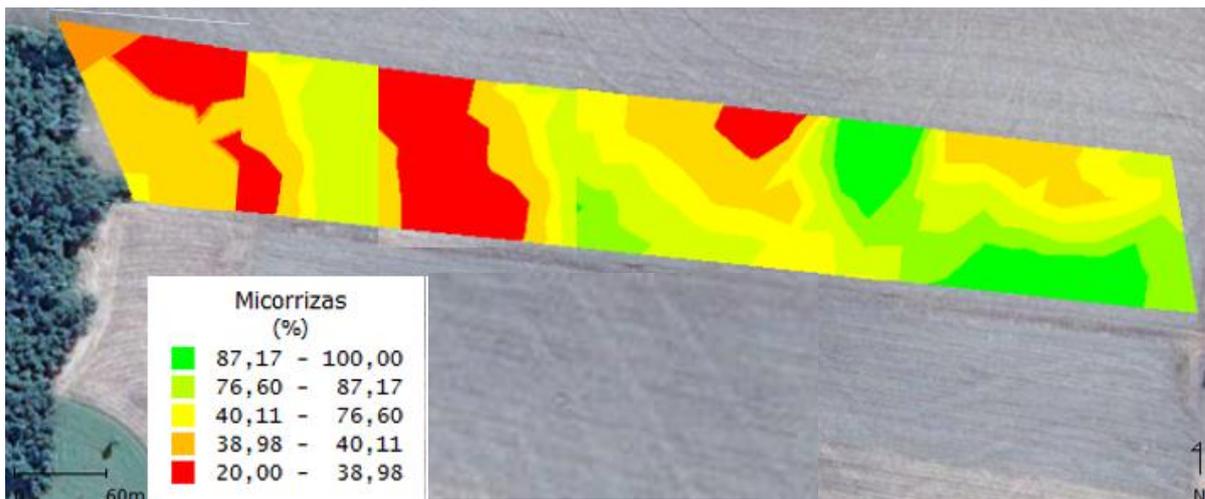
Na Figura 6 está representado o mapa espacial de fósforo demonstrando a alta variação, com variações de 5,6 a 16,1 mg dm⁻³, o que concorda com os resultados encontrados por Santi et al. (2012), em áreas de lavoura anteriormente ao manejo com as técnicas da AP.

Figura 6 – Mapa de Fosforo mg/dm^3



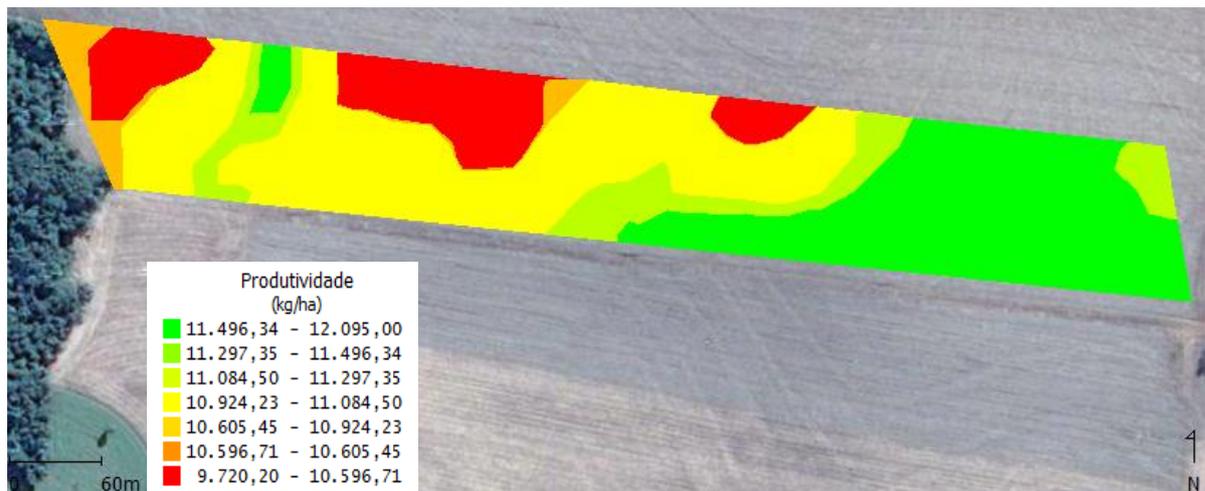
A figura 7 apresenta o mapa de colonização micorrizica, este que assim como o mapa de fosforo também apresenta grande variabilidade. Ambos mapas apresenta grande similaridade visual confirmando a dependência de ambas variáveis.

Figura 7 – Mapa de Porcentagem de colonização Micorrizica nas plantas



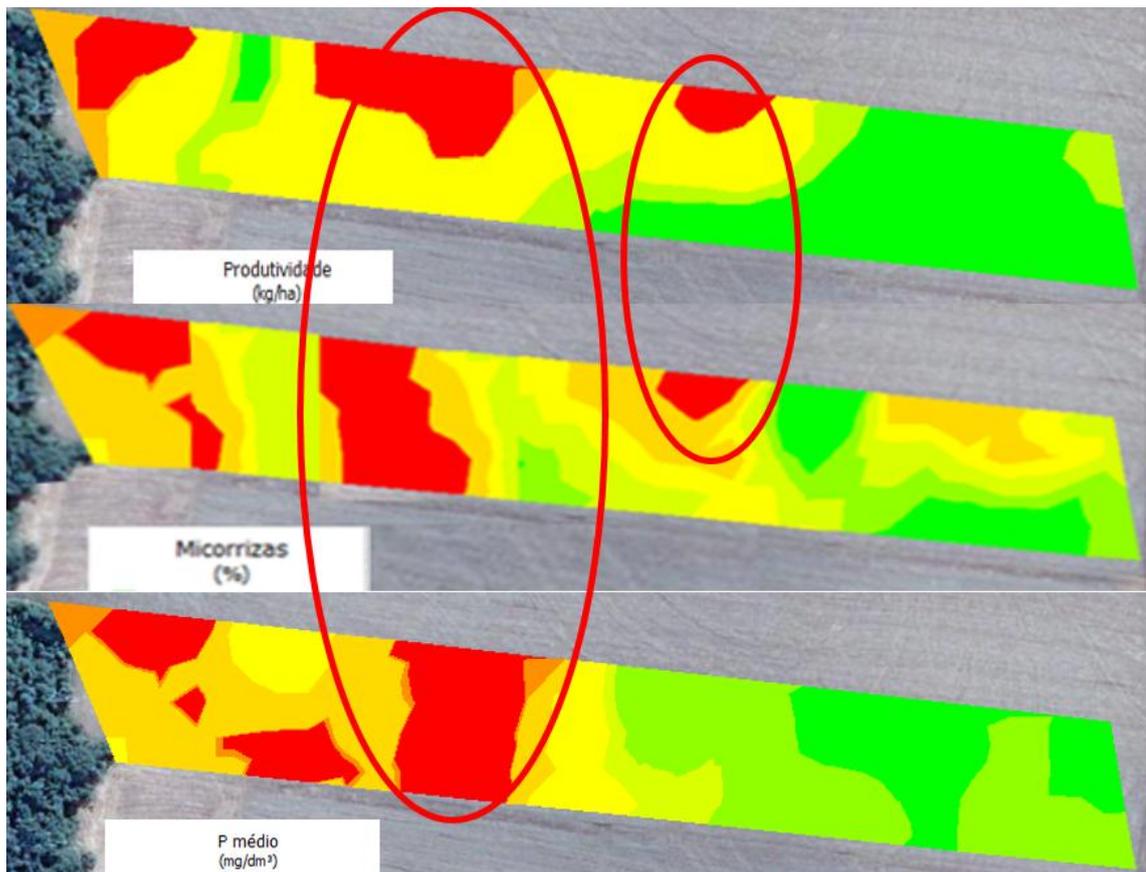
A figura 8 demonstra mapa de variabilidade da produtividade da área analisada, as menores produtividades são oriundas de locais de menores concentrações de fosforo e micorrizas, este comportamento também foi alcançado por Chu (1993) e Camargo et al. (1990).

Figura 8 – Variabilidade espacial da produtividade da cultura do milho na área experimental



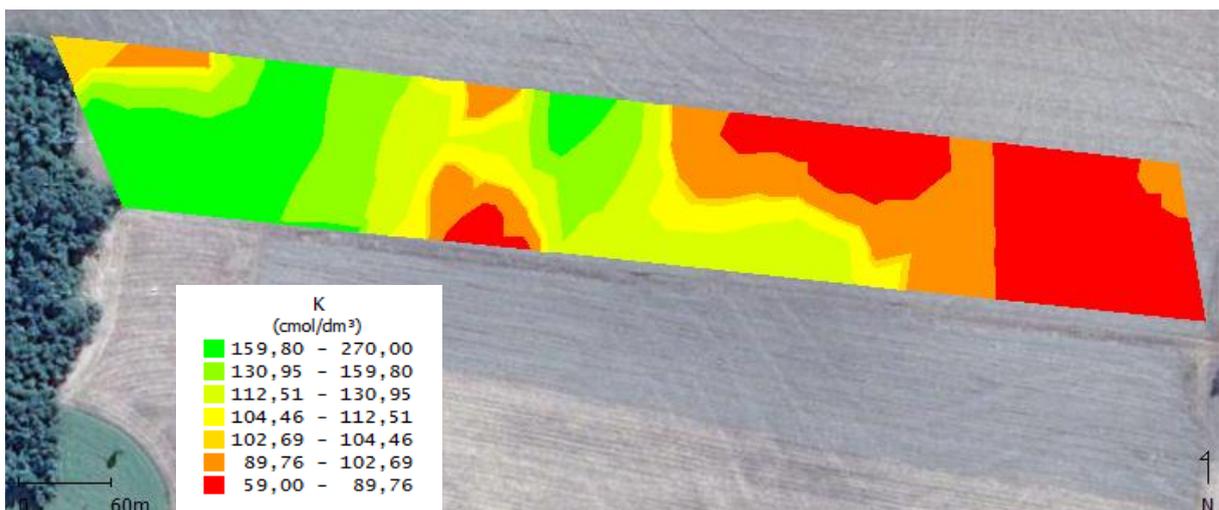
Na figura 9 é possível visualizar uma comparação entre os mapas temáticos de produtividade, micorrizas e fósforo. Pode-se destacar que a produtividade teve uma resposta relacionada com as variações de ambos os fatores, porém em alguns pontos teve maior similaridade com as variações do mapa de colonização micorrizica.

Figura 9 – Comparação entre mapas temáticos de produtividade, micorrizas, e fósforo



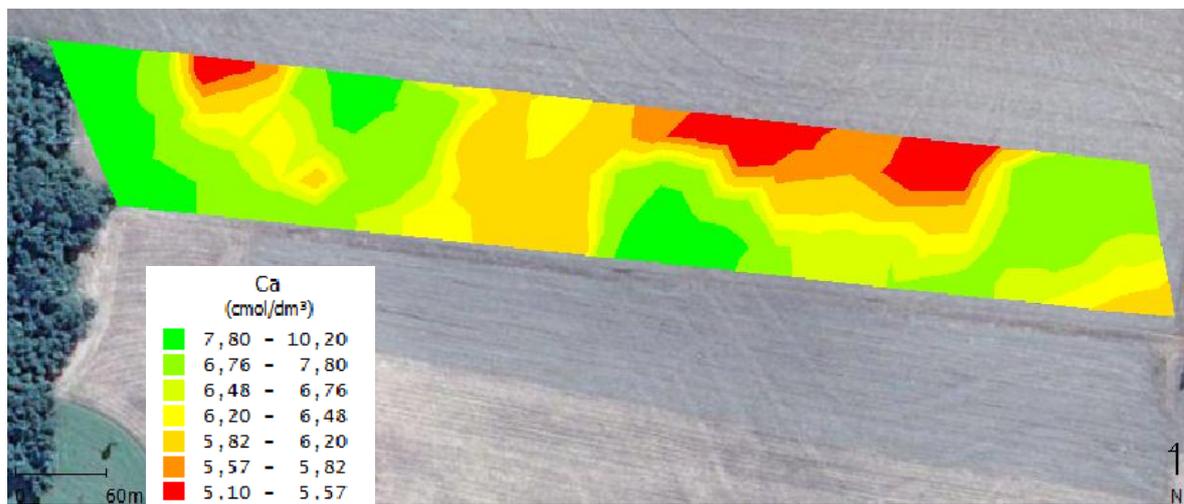
A figura 10 apresenta que o potássio possui dependência espacial forte resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2008). corroborando com os resultados observados por Corá et al. (2004) e Santi et al. (2012).

Figura 10 – Distribuição espacial dos teores de potássio no solo



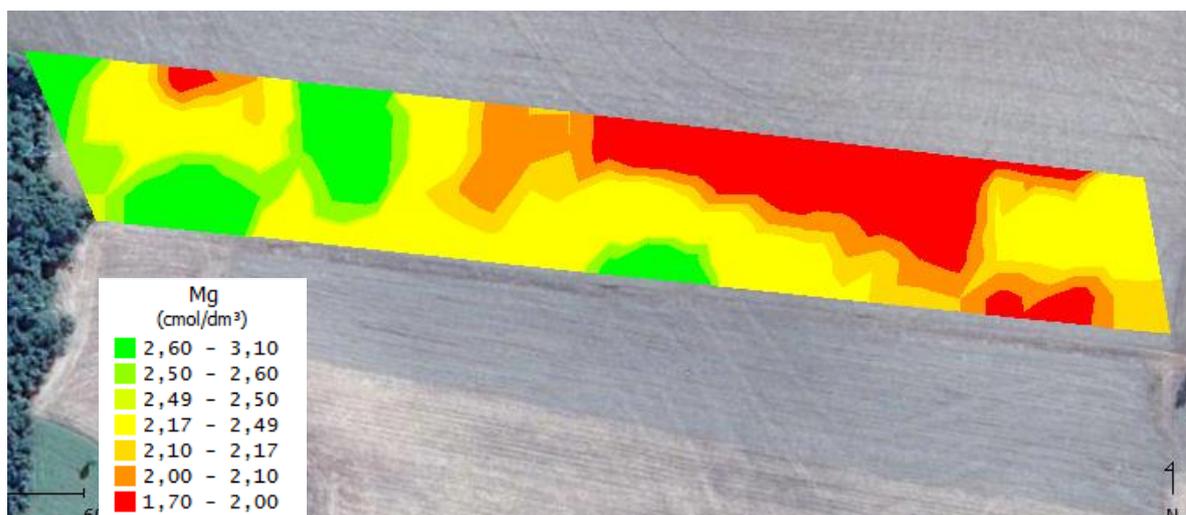
Na figura 11 apresenta-se o mapa de cálcio que demonstra menor variabilidade em comparação com o mapa de potássio. Souza et al. (2004), atribuem a menor variabilidade do cálcio ao manejo do solo adotado através da calagem ou adubação, o que pode ter contribuído para manter caracterizando uma continuidade maior na distribuição desta variável.

Figura 11 – Distribuição espacial dos teores de cálcio no solo



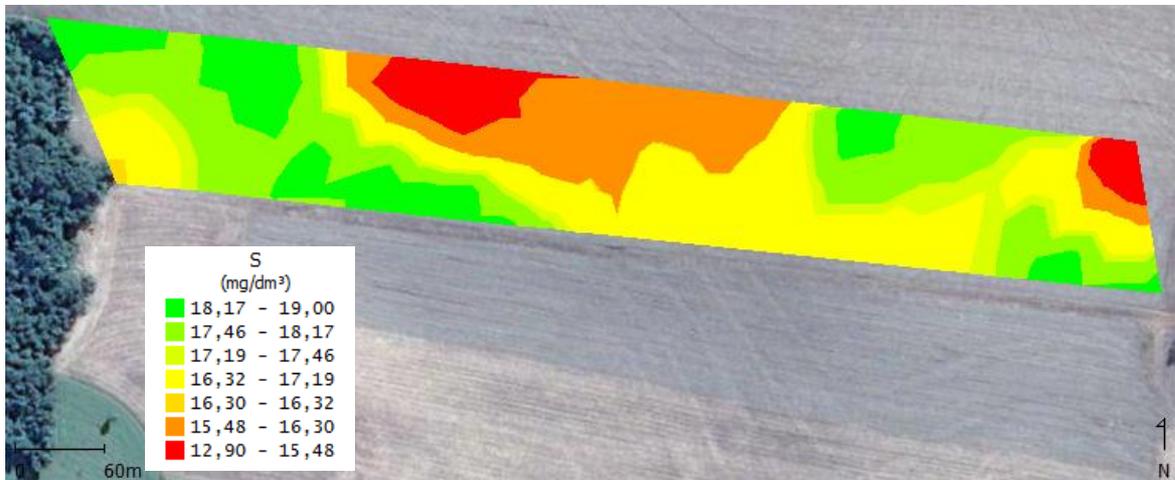
A Figura 12 demonstra o mapa de magnésio este que teve comportamento similar com o mapa de cálcio. Santos et al. (2012) teve resultado semelhante em seus trabalhos e assim como Souza et al. (2004), também atrelou o resultado ao manejo de calagem já aplicados na área em anos anteriores.

Figura 12 – Distribuição espacial dos teores de magnésio no solo



A figura 13 destaca o mapa do elemento enxofre, este que apresentou uma baixa variação quando comparado com os mapas de fósforo e potássio, resultado que corrobora com resultados já apresentados por Gorgen et al. (2012).

Figura 13 – Distribuição espacial dos teores de enxofre no solo



6 CONCLUSÕES

Verificou-se grande variação na colonização micorrizica das raízes de nos diferentes pontos estudados.

O elemento fósforo assim como a colonização micorrizica também apresentou uma grande variação no solo.

Foi verificada grande similaridade entre a variabilidade de fosforo no solo e a variabilidade de infecção micorrizica, conseqüentemente, na produtividade da cultura do milho.

Embora mereça mais estudos, há possibilidade de que indiretamente possa estimar a variação de mapas de fosforo com a variabilidade da presença de fungos micorrizicos no sistema radical das plantas de milho (*Zea mays*).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. A.; TORRENT, J.; BARRON, V. **Química de solos com carga variável**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 50p.
- AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L. **Agricultura de precisão aplicada ao aprimoramento do manejo do solo**. Passo Fundo, Berthier, 2007.
- AMADO, T. J. C. et al. **Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1101-1110, ago. 2007.
- AMARAL, E. **Mapeamento da colheita mecanizada de grãos utilizando um sistema de posicionamento global**. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Concentração de Máquinas Agrícolas), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1998.
- ANTONIOLLI, Z. I. **Orientações para melhor representação de análises micorrízicas**. Orientação Laboratório de Microbiologia Universidade Federal de Santa Maria. 2014.
- AZEVEDO, W. R. et al. Disponibilidade de fósforo para o arroz inundado sob efeito residual de calcário, gesso e esterco de curral aplicados na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 995-1004, 2004.
- BARBIERI, D. M.; JÚNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 645-653, out./dez. 2008.
- BRESSAN et al. **Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 36, n. 2, p. 315- 323, fev. 2001.
- BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J. O.; VASCONCELLOS, C. A.; PURCINO, A. A. **Desenvolvimento do sistema radicular do milho (*zea mays* L.): efeitos da micorriza e do p. C4**. Embrapa Milho e Sorgo, C.P. 151, 35701-970, Sete Lagoas, MG. Disponível em: [https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/484022/1/Desenvolvimentosi stema.pdf](https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/484022/1/Desenvolvimentosi%20stema.pdf). Acesso em: 28 agosto 2016.
- CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1992. 37p. (Boletim Técnico, 35)
- CAMARGO, I. P.; SOUZA, M.; CARVALHO, J. G.; OLIVEIRA, E. **Doses e fontes de fósforo e de fungos micorrízicos sobre a nutrição mineral do limoeiro ‘Cravo’ até a repicagem**. Pesq. Agropec. Bras., 25:1465-1470, 1990.
- CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, S. S. A Rizosfera. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Eds.). **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 41-58.

CHERUBIN, M. R. et al. **Eficiência de malhas amostrais utilizadas na caracterização da variabilidade espacial e fósforo e potássio.** *Ciência Rural*, v. 44, n. 3, p. 425-432, 2014. Disponível em: Acesso em: 2 jun. 2016. doi: 10.1590/S0103-84782014000300007.

CHU, E. Y. **Inoculação de fungos micorrízicos em plântulas de acerola (Malpighia glabra L.).** Belém, EMBRAPA/CPATU, 1993. 15p. (Boletim de Pesquisa, 149)

COELHO, E. C. Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos. *Acta Science Agronomy*, v. 31, p. 165-174 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i1.6645>>. Acesso em: 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DE SOLO (CQFS-RS/SC). **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.

CORÁ, J. E.; ARAÚJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERARDO, J. M. G. Â. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 1013-1021, 2004.

COSTA, C. C. G.; MARTINS, J. M. Impacto da Agricultura de Precisão na Economia Brasileira. *Revista de economia e agronegócio*, v. 10, n. 2, 2011.

DE-POLLI, H.; GERRA, J. G. M. C. **N e P na biomassa microbiana do solo, Fundamentos da Matéria Orgânica do solo.** Ecosistemas Tropicais e Sbtropicais, Porto Alegre, Genisis 1999, p. 389-411.

DOS REIS, JR., F. B.; MENDES, I. de C. **Biomassa Microbiana do solo.** Planlatina: EMBRAPA Cerrados, 2007. 38 p. (Série documentos 205).

FARINAS, C. S. **A Parede Celular Vegetal E As Enzimas Envolvidas Na Sua Degradação.** São Carlos: EMBRAPA Instrumentação, 2011. 16 p.

FERREIRA, R. da S. **Tolerância De Espécies Florestais Arbóreas E Fungos Ectomicorrízicos Ao Cobre.** Tese De Doutorado, Santa Maria, RS, Brasil, 2007

FILHO, OSVALDO GUEDES, Dissertação Mestrado, **Variabilidade espacial e temporal de mapas de colheita e atributos do solo em um sistema de semeadura direta.** Campinas, SP 2009.

FRANCO-CORREA, M. Utilización de lós actinomicetos em processos de biofertilizacion. *Revista Peruana de Biología.* v. 16, n. 2, p. 239-242 dez 2009.

GATIBONI, LU. C. **Disponibilidade De Formas De Fósforo Do Solo Às Plantas.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, 2003.

GOMES et al. **Fungos Micorrízicos na Rizosfera de Genótipos de Milho (*Zea mays* L.) Contrastantes quanto à Eficiência na Absorção de Fósforo Embrapa Milho e Sorgo**, CP 151, 35701-970, Sete Lagoas, MG. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Botânica, CP 486, 31270-901, Belo Horizonte, MG. 2004.

GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ. 309p. 2002.

GORGEN, B. R. et al. **Distribuição e variabilidade Espacial de Enxofre Sob Diferentes Manejos da Adubação**, FERTBIO 2012.

GUERRA, J. G. M. et al. **Conteúdo de fósforo da biomassa microbiana de um solo cultivado com *Brachiaria decumbens* Stapf**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 30, p. 543-551, 1995. Disponível em: [https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/484022/1/Desenvolvimentosi stema.pdf](https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/484022/1/Desenvolvimentosi%20stema.pdf). Acesso: 06 jun. /2016.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 221-227, 2007.

LAMBAIS, M. R. Regulation of plant defense-related genes in arbuscular mycorrhizae. In: PODILA, G. K.; DOUDS Jr., D. D. (Eds.). **Current advances in mycorrhizae research**. St. Paul, APS Press, 2000. p. 45-59.

MARX, D. H.; BRYAN, W. C. **Growth and ectomycorrhizal development of loblolly pine seedlings in fumigated soil infested with the fungal symbiont *Pisolithus tinctorius***. Forest science, Washington, v. 21, p. 245-254, 1975.

MELGAR, R. J.; SMYTH, T. J.; CRAVO, M. S.; SANCHEZ, P. A. Doses e épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado para milho em latossolo amarelo da Amazônia Central. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 15, p. 289-296, 1991.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. v. 1, 625p

NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **R. Bras. Ciência. Solo**, v. 24, p. 329-338, 2000.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. **Fósforo. Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-537.

NUNES, J. L. da S. **Georeferenciamento e Agricultura de Precisão**. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/AgriculturaPrecisao.aspx>. Acesso em: 07 jun. /2016.

PIERCE, F. J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Advances in Agronomy**, v. 67, p. 1-85, 1999.

PIRES, J. L. F. et al. **Discutindo agricultura de precisão – aspectos gerais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 18p. Embrapa Trigo. Documentos Online n 42.

RESENDE, A. V. et al. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, p. 453-466, 2006.

RHEINHEIMER, D. S. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 562-569, 2005.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 4, p. 713-721, 1998.

SANTI et al. Distribuição horizontal e vertical de fósforo e potássio em área manejada com ferramentas de Agricultura de Precisão. **Revista Plantio Direto**, maio/junho de 2012.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; SILVA, V. R. da; BASSO, C. J.; DELLA FLORA, L. P.; CHERUBIN, M. R.; EITELWEIN, M. T. **Infiltração de água no solo, determinada por diferentes métodos, como indicador do potencial produtivo em dois Latossolos manejados com agricultura de precisão**. *Interciencia*, v. 37, p. 204-208, 2012.

SANTI, O. G. R. **Eficiência de aplicação de insumos a taxa variável na correção do solo e uniformização da produtividade da cultura da soja através de mapas de agricultura de precisão**. 2013. 78 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Mecanização Agrícola - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

SANTOS, E. O. de J.; GONTIJO, I.; NICOLE, L. R. Variabilidade espacial de cálcio, magnésio, fósforo, potássio no solo e produtividade da pimenta-do-reino, **Rev. bras. eng. agríc. ambient**. Campina Grande, v. 16, n. 10, oct. 2012.

SANTOS, H. G. dos et al. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. **Rev. ampl.** Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SILVA, F. M. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, p. 231-241, 2008.

SIQUEIRA PAULA, M. A. J. O.; DOBEREINER, J. Ocorrência de fungos micorrízicos vesícula arbusculares e de bactérias diazotróficas na cultura da batata-doce. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 17, p. 319-419, 1992.

SIQUEIRA, J. O.; MICORRIZAS. PP. 151-194. IN: R.S. ARAÚJO & M. HUNGRIA (Eds.), **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA- CNPAF, EMBRAPA-CNPSO, EMBRAPA-SPI, 1994.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1763-1771, 2004.

STAMFORD, N. P. et al. (Eds.). **Ecologia e manejo de fitopatogenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005, p.61-91.

STEFFEN, R. B. et al. **Efeito do Penergetic® P e Penergetic® K no estímulo à micorrização em raízes de soja**. Laboratório de Microbiologia do solo Universidade de Santa Maria, 2015.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 159-163, 2002.

WELLINGTON BRESSAN E CARLOS ALBERTO VASCONCELLOS, **Alterações morfológicas no sistema radicular do milho induzidas por fungos micorrízicos e fósforo**., *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 37, n. 4, p. 509-517, abr. 2002.

ZAIA, F. C. **Fósforo Orgânico Do Solo Em Sistemas Agroflorestais De Cacau No Sul Da Bahia**. Tese de Doutorado, CCTA/UENF, 070, 2009.

ZANÃO JÚNIOR LUIZ ANTÔNIO QUINTÃO LANA, REGINA MARIA, EDNALDO CARVALHO GUIMARÃES & JOSEFA MONTEIRO DE ARAÚJO PEREIRA, **Variabilidade Espacial Dos Teores De Macronutrientes Em Latossolos Sob Sistema Plantio Direto**, *R. Bras. Ci. Solo*, 34:389-400, 2010

ZILLI JERRI ÉDSON, NORMA GOUVÊA RUMJANEK, GUSTAVO RIBEIRO XAVIER, HEITOR LUIZ DA COSTA COUTINHO, MARIA CRISTINA PRATA NEVES, **Diversidade Microbiana Como Indicador De Qualidade Do Solo**, *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, set./dez. 2003.