

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Taiana Cezar Milani**

**DIAGNÓSTICO DA VARIABILIDADE ESPACIAL E VERTICAL DA  
FERTILIDADE DO SOLO**

Frederico Westphalen, RS  
2020

**Taiana Cezar Milani**

**DIAGNÓSTICO DA VARIABILIDADE ESPACIAL E VERTICAL DA  
FERTILIDADE DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus de Frederico Westphalen, RS, como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Agrônoma**.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Antônio Luis Santi

Frederico Westphalen, RS  
2020

**Taiana Cezar Milani**

**DIAGNÓSTICO DA VARIABILIDADE ESPACIAL E VERTICAL DA  
FERTILIDADE DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus de Frederico Westphalen, RS, como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Agrônoma**

---

**Antônio Luis Santi**  
(Presidente/Orientador)

---

**Marcos Toebe**  
(Comissão examinadora de TCC)

---

**Volmir Sergio Marchioro**  
(Comissão examinadora de TCC)

Frederico Westphalen, RS  
2020



30 analyze the spatial and vertical variability of soil fertility in the 13 areas participating in the  
31 Building and Challenging Productivity Project. The analyzes were carried out in no-till areas,  
32 distributed in 13 municipalities in the North of RS. The areas were georeferenced and soil  
33 samples were collected in a sampling grid considering one point per hectare, totaling 1,266  
34 collection points in the 0.0-0.15 m and 0.15-0.30 m layers. For each sample point, 8 sub-  
35 samples were taken around the georeferenced point, up to 10 meters away. The analysis of the  
36 soil samples was carried out and it was detected that the superficial layer tends to have higher  
37 nutrient contents due to the management method. Most of the levels are medium to high. The  
38 techniques used to know the spatial and vertical variability of soil fertility contribute to the  
39 rational management of the soil, plant and atmosphere, controlling crop yield more precisely.  
40 Key words: Spatial and vertical variability, Precision agriculture, Productivity.

41

## 42 INTRODUÇÃO

43 O sistema de plantio direto (SPD) trouxe diversos benefícios para agricultura,  
44 principalmente na conservação dos recursos naturais, resultando na redução da perda de solo e  
45 água. O SPD está fundamentado em três pilares básicos, sendo eles: o revolvimento mínimo do  
46 solo, a conservação de cobertura vegetal ou palhada na superfície do solo e a diversificação de  
47 espécies vegetais cultivadas em rotações (Casão Junior et al. 2012). Os efeitos refletem em  
48 alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que resultam em um sistema  
49 produtivo de qualidade (Castoldi et al. 2012).

50 Os solos brasileiros apresentam boas propriedades físicas, mas quimicamente são solos  
51 com baixa fertilidade natural. No entanto, quando melhorados quimicamente, apresentam  
52 grande potencial agrícola, possibilitando alta tecnificação e produtividade. Diante disso, a  
53 correção da acidez do solo é o primeiro passo para a correção química, pois resulta no  
54 fornecimento de cálcio, magnésio e íons OH na solução do solo, neutralizando  $H^+$  e o  $Al^{3+}$

55 tóxico, que precipita em  $\text{Al}(\text{OH})_3$  não tóxico às plantas, aumentando os valores de pH em água  
56 e saturação por bases, além de reduzir os teores de saturação de alumínio (Aguiar 2019).

57 Para obtenção de informações e avaliação de disponibilidade de nutrientes nas áreas de  
58 cultivo, deve-se realizar a análise de solo. Juntamente com essa prática, denota-se a importância  
59 da agricultura de precisão (AP) para diagnosticar as principais limitações e necessidades de  
60 cada propriedade. De acordo com Pinheiro (2016), a AP constitui um conjunto de técnicas que  
61 permitem o gerenciamento localizado dos cultivos, promovendo a otimização dos custos para  
62 produção agrícola, em razão de que são definidos manejos adequados para obter resultado  
63 máximo da cultura.

64 Segundo Ronquin (2010), os nutrientes principais, também chamados de  
65 macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), são absorvidos pela planta em maior proporção quando  
66 comparado aos micronutrientes (B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl e Mn). Os macro e micronutrientes se  
67 encontram nos minerais, na matéria orgânica e dissolvidos na solução do solo, onde a planta  
68 cresce, absorvendo os nutrientes através das raízes. Entretanto, os nutrientes podem estar em  
69 uma forma que as raízes não conseguem absorver, assim, para que se tornem disponíveis as  
70 plantas, o solo deve ser bem manejado.

71 O fósforo (P) é um elemento constituído por compostos derivados do ácido ortofosfórico  
72 e, menos comum, dos pirofosfatos (Santos et al. 2008). Os fatores ambientais que controlam a  
73 atividade dos microrganismos, fazem parte da dinâmica do fósforo no solo, os quais imobilizam  
74 ou liberam os íons ortofosfato, e às propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo  
75 (Santos et al. 2008). O SPD proporciona aos solos, em função do tempo de cultivo, maiores  
76 concentrações de P na forma lábil, e ao decorrer dos anos menor participação da forma não-  
77 lábil em uma mesma classe de solo (Tokura et al. 2002).

78 O potássio (K) é um dos macronutrientes mais demandados pela planta depois do  
79 nitrogênio, sendo um mineral com alta mobilidade. Segundo Kinpara (2003), os solos

80 brasileiros, em sua maioria, possuem carência em K. Isso se deve ao fato de que este nutriente  
81 precisa estar em sua forma solúvel para ser absorvido pela planta, a qual possui facilidade em  
82 lixiviação no perfil de solo. Este nutriente é responsável pelo balanço iônico nas células  
83 vegetais, além de participar de funções regulatórias, como por exemplo o controle osmótico dos  
84 estômatos.

85 Como estratégia no SPD, são utilizadas plantas de cobertura com alta capacidade de  
86 absorver K e de produzir matéria seca (MS), deixando uma fonte expressiva deste nutriente  
87 para as culturas sucessoras (Castoldi et al. 2012). Se conduzida de forma adequada, esta prática  
88 pode também reduzir perdas desse nutriente por lixiviação, pois ele permanece a maior parte  
89 do tempo no tecido vegetal vivo, ficando protegido de tal perda (Rosolem et al. 2010).

90 Os macronutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) apresentam importância  
91 para as culturas e são exigidos em grandes quantidades. Segundo Tiecher et al. (2016), o enxofre  
92 é encontrado na forma orgânica e para que a demanda por este macronutriente seja suprida, é  
93 de extrema importância o teor de matéria orgânica e sua mineralização no solo. O cálcio no solo  
94 comporta-se como cátion bivalente ( $\text{Ca}^{2+}$ ), podendo ser fortemente adsorvido aos colóides,  
95 absorvidos pelas plantas e organismos do solo, estar na solução do solo, ou ser lixiviado. O  
96 conteúdo de cálcio no solo é função do material de origem do mesmo (rocha), sendo  
97 influenciado pela sua textura, teor de matéria orgânica e pela remoção das culturas (Sengik  
98 2003).

99 A inter-relação entre os nutrientes cálcio e magnésio na nutrição vegetal está relacionada  
100 às suas propriedades químicas próximas, como o raio iônico, valência, grau de hidratação e  
101 mobilidade, fazendo com que haja competição pelos sítios de adsorção no solo, e na absorção  
102 pelas raízes. Como consequência, a presença de um pode prejudicar os processos de adsorção  
103 e absorção do outro, fato ocorrente para os íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (Orlando Filho et al. 1996).

104 Além dos macronutrientes que apresentam importância no crescimento e  
105 desenvolvimento de plantas, há os micronutrientes, que são exigidos em menores quantidades  
106 pelas plantas. Com base em Tiecher et al. (2016), na maioria dos solos encontrados no Rio  
107 Grande do Sul e Santa Catarina, denota-se quantidades naturais suficientes para as demandas  
108 das culturas.

109 Dentre estes micronutrientes, exemplifica-se o Boro (B), geralmente encontrado na  
110 forma de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) principalmente nas camadas mais superficiais do solo, onde  
111 ocorre sua formação que está associada à presença de matéria orgânica (Santos 2017). Em solos  
112 com pH neutro, o boro encontra-se na solução do solo e pode ser absorvido tanto pelas raízes  
113 quanto pelas folhas. Nesse contexto, esse micronutriente é importante para formação de novos  
114 tecidos, por constituir a parede celular e membrana plasmática, participando da divisão celular  
115 que ocorre nas plantas.

116 Contudo, o interesse em avaliar a qualidade do solo tem aumentado por considerá-lo  
117 aspecto fundamental na manutenção e na sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.  
118 Considera-se que a fertilidade do solo seja um dos principais fatores responsáveis pela baixa  
119 produtividade das áreas destinadas para a produção de grãos. Isto pode ocorrer em função das  
120 adubações utilizadas não suprirem as quantidades exportadas de nutrientes (Varaschini 2012).  
121 Nesse contexto, o estudo teve como objetivo avaliar a fertilidade do solo, espacial e vertical,  
122 através do georreferenciamento e de coletas de solo em grid amostral em áreas de plantio direto.

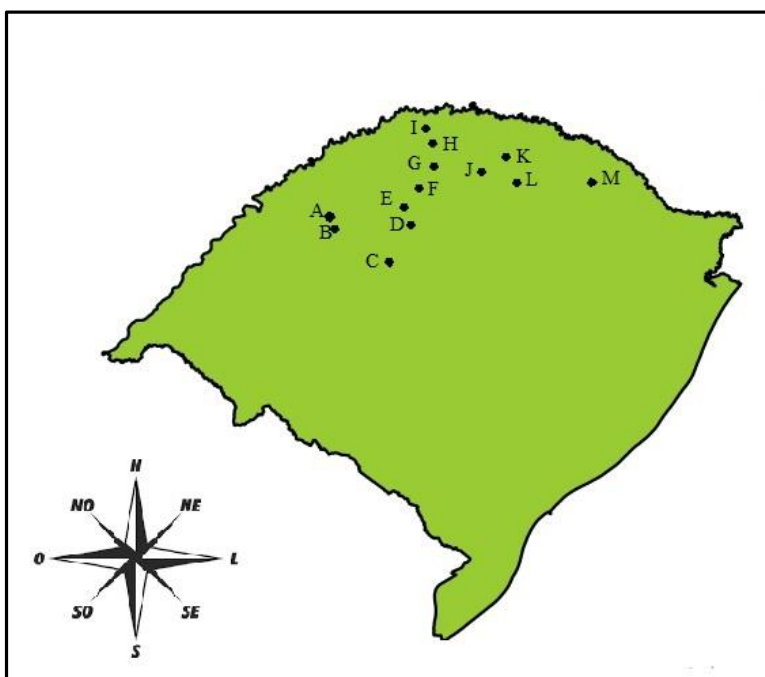
123

## 124 MATERIAL E MÉTODOS

125 O estudo foi realizado dentro do Projeto Construindo e Desafiando a Produtividade (CDP),  
126 em 13 áreas de lavouras comerciais manejadas com Agricultura de precisão, dispostas na região  
127 norte do Rio Grande do Sul (Figura 1), no decorrer do ano de 2018. Para tanto, com o auxílio  
128 da empresa ConnectFARM, realizou-se o georreferenciamento das áreas e coletas de solo em



129 *grid* amostral considerando um ponto por hectare. Nas 13 áreas totalizou-se 1.266 pontos de  
130 coletas nas camadas de 0,0 a 0,15 m e 0,15 a 0,30 m por meio do equipamento SoloDrill da  
131 Falker® acoplado em um quadriciclo. Para cada ponto amostral foram retiradas 8 sub-amostras  
132 ao redor do ponto georreferenciado, em até 10 metros de distância, para reduzir o efeito da meso  
133 e microvariabilidade, resultantes da aplicação de fertilizantes na linha da semeadura ou outro  
134 possível problema de manejo do passado.



135  
136 Figura 1 – Localização das 13 áreas experimentais do norte do Estado do Rio Grande do Sul  
137 onde foi realizado o estudo: São Miguel das Missões (A e B), Tupanciretã (C), Cruz Alta (D),  
138 Pejuçara (E), Condor (F), Palmeira das Missões (G) Boa Vista das Missões (H), Seberi (I),  
139 Sarandi (J), Quatro Irmãos (K), Coxilha (L), Capão Bonito do Sul (M).

140 As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solo da UFRGS e após  
141 processadas. Os dados foram analisados pela equipe técnica do LAPSul e da empresa  
142 ConnectFARM, empregando a estatística descritiva e a distribuição das observações em  
143 intervalos de classes sugeridos para o estudo e entendimento da disponibilidade de cada  
144 nutriente em diferentes camadas, utilizando o programa de planilha eletrônica Excel 2019.

145

146 RESULTADOS E DISCUSSÃO

147 Ao observar os valores de médias dos atributos químicos, identifica-se que as maiores  
 148 médias estão encontradas na camada de 0,00 m a 0,15 m (Tabela1), o que é justificado pelas  
 149 constantes calagens e adubações realizadas superficialmente nas propriedades.

150 Tabela1. Análises descritivas dos atributos químicos de solo nas camadas de 0,00 a 0,15 m e 0,15 a  
 151 0,30 m.

Atributos Químicos	Desvio						
	Média	Mediana	Moda	padrão	Variância	Mínimo	Máximo
Profundidade de 0,00 a 0,15 m							
pH em água	5,43	5,40	5,50	0,34	0,12	3,80	6,50
P (mgdm <sup>-3</sup> )	11,08	9,40	11,00	7,30	53,25	1,60	64,00
K (mgdm <sup>-3</sup> )	152,41	148,50	144,00	64,07	4105,04	36,00	400,00
M.O (%)	3,12	3,10	3,10	0,59	0,35	0,70	5,50
Ca (cmolcdm <sup>-3</sup> )	6,44	6,40	6,00	1,57	2,46	2,40	17,70
Mg (cmolcdm <sup>-3</sup> )	2,75	2,70	2,60	0,81	0,66	0,90	10,80
CTC (cmolcdm <sup>-3</sup> )	14,90	14,40	14,10	3,25	10,59	7,46	34,90
Saturação de bases (%)	65,00	67,00	68,00	11,09	123,09	16,00	92,00
Saturação por alumínio (%)	1,97	0,00	0,00	3,53	12,45	0,00	30,30
Rel.Ca/Mg	2,42	2,30	2,10	0,50	0,25	1,50	7,70
S (mgdm <sup>-3</sup> )	17,33	14,00	11,00	12,24	149,82	0,00	175,00
B (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,56	0,50	0,50	0,17	0,03	0,00	1,40
Profundidade de 0,15 a 0,30 m							
pH em água	5,29	5,30	5,40	0,37	0,14	4,00	6,60
P (mgdm <sup>-3</sup> )	5,51	4,10	2,30	5,41	29,25	0,40	100,00
K (mgdm <sup>-3</sup> )	102,06	88,00	68,00	57,40	3294,29	24,00	371,00
M.O (%)	2,50	2,50	2,40	0,56	0,31	0,60	4,80
Ca (cmolcdm <sup>-3</sup> )	5,09	5,00	5,30	1,67	2,78	1,60	14,30
Mg (cmolcdm <sup>-3</sup> )	2,28	2,20	2,00	0,86	0,74	0,60	9,80
CTC (cmolcdm <sup>-3</sup> )	13,54	12,90	11,10	3,79	14,37	6,44	39,10
Saturação de bases (%)	57,12	59,00	64,00	13,36	178,61	10,00	89,00
Saturação por alumínio (%)	5,66	2,45	0,00	8,12	65,97	0,00	41,80
S (mgdm <sup>-3</sup> )	21,41	16,00	13,00	14,93	222,76	0,00	95,00
B (mgdm <sup>-3</sup> )	0,49	0,50	0,50	0,18	0,03	0,00	1,20

152

153 Com relação ao teor de P nas áreas estudadas, na camada de 0,00 m a 0,15m, 20,54% das  
 154 amostras apresentaram valores no intervalo de 0 a 5 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 2), sendo considerado

155 extremamente baixo para a expressão do potencial produtivo das culturas (CQFS-RS/SC,  
156 2016). No entanto 14,06% das amostras estavam com teores acima de  $18 \text{ mg.dm}^{-3}$  tido pela  
157 equipe técnica do Projeto CDP como necessária para atingir altas produtividades.

158 A preocupação é que quando se analisa a camada de 0,15 a 0,30 m essa percentagem sobe  
159 para 60,50% das áreas com valores inferiores a  $5 \text{ mg.dm}^{-3}$  e apenas 2,58% estavam com teores  
160 acima de  $18 \text{ mg.dm}^{-3}$ , o que demonstra haver limitação vertical e a necessidade de se pensar  
161 estratégias para melhorar os teores de P no perfil de solo, sendo o P, um macronutriente de  
162 baixa mobilidade no solo. (Santos et al. 2008).

163 O teor de potássio no solo apresenta grande contribuição, quase 80% das amostras analisadas  
164 da camada mais superficial (79,06%) apresentaram valores superiores a  $90 \text{ mg dm}^{-3}$  de potássio  
165 e mesmo na camada inferior a 0,15 m esse elemento permaneceu com 48,80% das amostras  
166 acima desse valor, considerado adequado para uma boa expressão do potencial produtivo,  
167 resultando em baixa necessidade de correção desse elemento (1,58%) (Figura 2). Uma das  
168 razões para que isso ocorra deve-se a esforços da consultoria e dos produtores em utilizar  
169 fórmulas de fertilizantes mais concentrados com potássio, além do manejo com planos de  
170 rotação de culturas altamente eficazes na ciclagem deste nutriente.

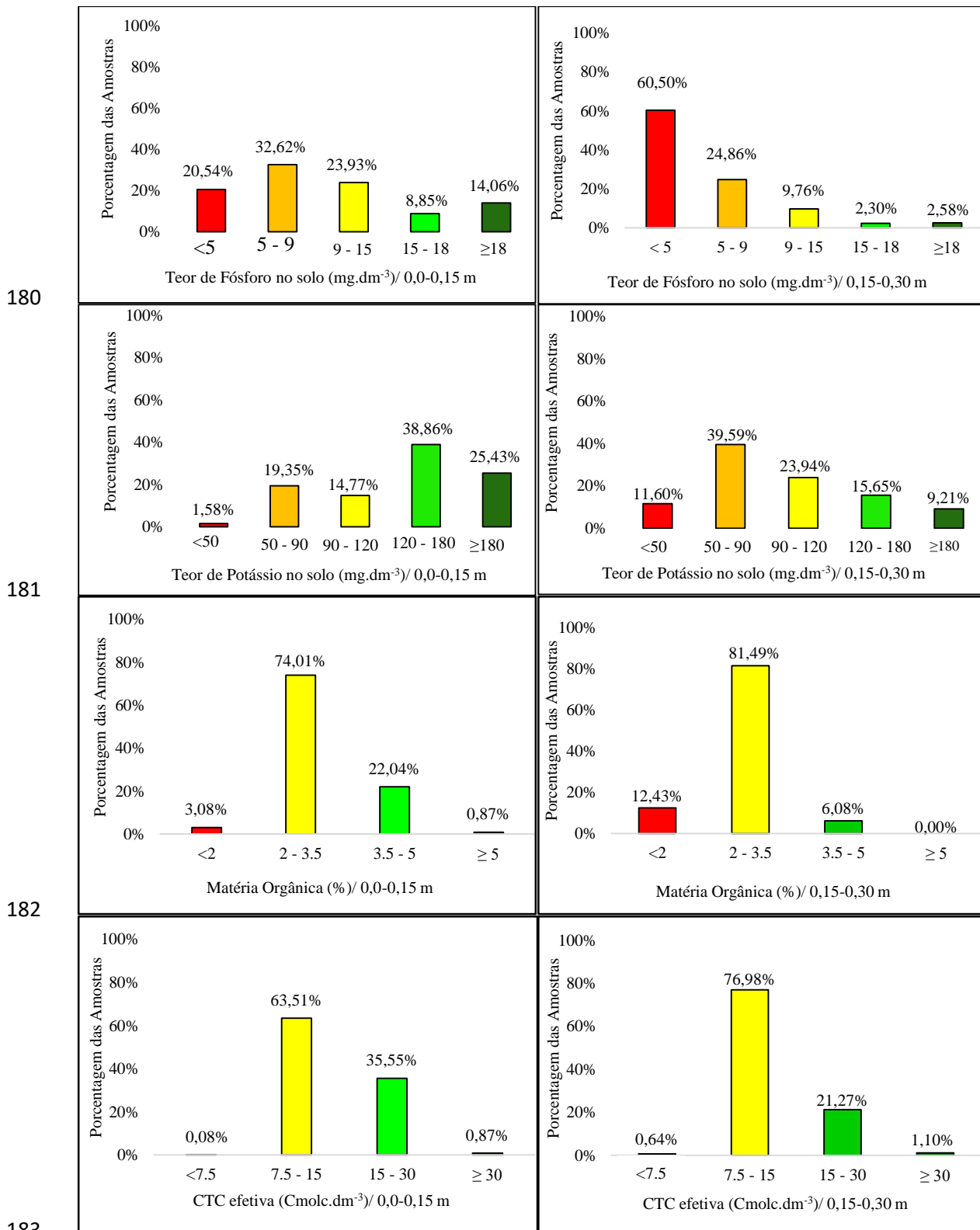
171 De acordo com os teores de matéria orgânica, altera-se as propriedades físicas, químicas e  
172 biológicas do solo, interferindo no crescimento e desenvolvimento das plantas. Sendo assim, é  
173 possível observar na maioria das áreas, teores médios de MO (2-3,5%) em ambas camadas  
174 (Figura 2) (CQFS-RS/SC, 2016). Na maior parte das áreas analisadas o teor de matéria orgânica  
175 pode ser melhorado, nas camadas mais superficiais e mais profundas.

176

177

178

179



184 **Figura 2:** Teores de fósforo no solo, potássio no solo, matéria orgânica no solo e CTC efetiva  
 185 do solo nas camadas 0,00 a 0,15 m e 0,15 a 0,30 m em 13 áreas de lavoura no norte do RS.

186 Em relação a CTC do solo, tanto na camada mais superficial quanto na camada mais  
 187 profunda, a maioria das áreas estão com teores médios. Teores altos são atingidos em 35,55%

188 e 21,27% das amostras nas camadas mais superficiais e mais profundas, respectivamente. Altos  
189 teores de CTC influenciam na estabilidade do solo, disponibilidade de nutrientes, no pH do solo  
190 e a reação do solo com fertilizantes (Pavinato & Rosolen 2008). Com isso o teor que se deseja  
191 atingir para ótimo desenvolvimento das culturas é maior ou igual  $30 \text{ Cmolc.dm}^{-3}$  (Figura 2).

192 Mesmo na camada mais profunda (0,15 a 0,30 m) não há um número expressivo de amostras  
193 com valores baixos de CTC, demonstrando que nas áreas estudadas é possível melhorar  
194 rapidamente a fertilidade, isso porque são maiores as de cátions, como cálcio, magnésio,  
195 potássio que são nutrientes essenciais para as plantas. Para que os teores da CTC do solo passem  
196 de baixo e médio para alto é preciso investir em manejo conservacionista, combinando a forma  
197 e a característica da adubação utilizada.

198 Ao observar os resultados de pH em água, denota-se que 41% das amostras estão com valores  
199 médios de pH (5,5-6,0) na camada superficial, reduzindo para 30,29% na camada mais  
200 profunda. Por outro lado, 56% das áreas estão com valores baixos na camada superficial e  
201 66,39% na camada de 0,15 a 0,30 m (Figura 3). Para o bom desenvolvimento das principais  
202 culturas da região Sul, o pH adequado é de 5,5-6,0. Segundo Faquin (2005), os macronutrientes,  
203 têm sua disponibilidade aumentada a valores de pH próximos a neutralidade (6,0-6,5). Sendo  
204 assim, nota-se a necessidade de calagem na maioria das áreas analisadas para que os valores de  
205 pH fiquem próximos a neutralidade, contribuindo para o desenvolvimento das culturas.

206 Semelhante aos valores de pH em água, a saturação por base é considerada baixa em 41,07%  
207 e 52,30% das amostras nas camadas 0-15 cm e 15-30 cm respectivamente (Figura 3). Esse  
208 resultado demonstra a necessidade de aumentar a saturação de bases (V%) na maioria das áreas  
209 analisadas para que se obtenha melhores produtividades das culturas. Foram obtidos valores  
210 médios em 51,3% das amostras na camada 0,00 a 0,15 m e 29,10% das áreas em camada mais  
211 profunda. Segundo Ronquin (2010) a maioria das culturas apresenta boa produtividade quando  
212 no solo é obtido valor V% entre 50 e 80% e valor de pH entre 6,0 e 6,5. No entanto há

213 necessidade de corrigir os valores para 80%, elevando a fertilidade do solo e a disponibilidade  
214 de Ca, Mg e K, diminuindo assim os teores de alumínio trocável.

215 A saturação de alumínio, está alta em apenas 3,87% das amostras na camada 0,00 a 0,15 m.  
216 (Figura 3). Esse valor aumenta na camada mais profunda do solo para 19,71% das amostras. A  
217 maioria das amostras estão com valores baixos em ambas camadas, correspondendo com os  
218 valores de pH em água e saturação de bases. O ideal para que a fertilidade vertical do solo seja  
219 melhorada, é que aproximadamente 53% e 65% das amostras analisadas alcancem valores <1%  
220 nas camadas de 0,00 a 0,15 m e 0,15 a 0,30 m, respectivamente (CQFS-RS/SC, 2016).

221 Os teores de boro (figura 3), são considerados de médio a alto na maior parte das áreas  
222 estudadas, para ambas camadas amostradas de acordo com CQFS-RS/SC (2016). Por outro  
223 lado, apenas 3,0% e 2,67% das áreas amostradas de 0-15 cm e 15-30 cm, estão com o teor de  
224 boro maior ou igual a  $1 \text{ mg.dm}^{-3}$ , resultado que condiz com a expressividade de matéria  
225 orgânica, sendo esta, fonte de boro. Com isso, há necessidade de elevar os teores de boro para  
226 melhorar a variabilidade vertical e o desenvolvimento das culturas.

227

228

229

230

231

232

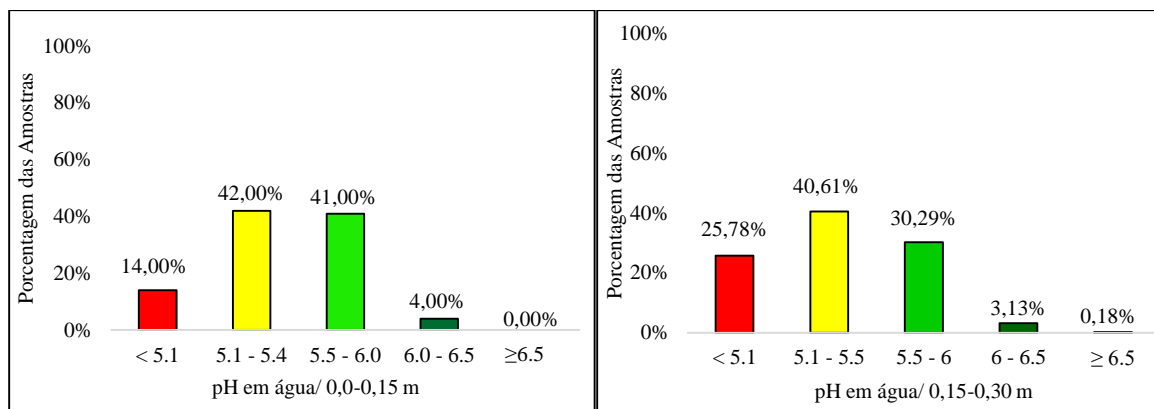
233

234

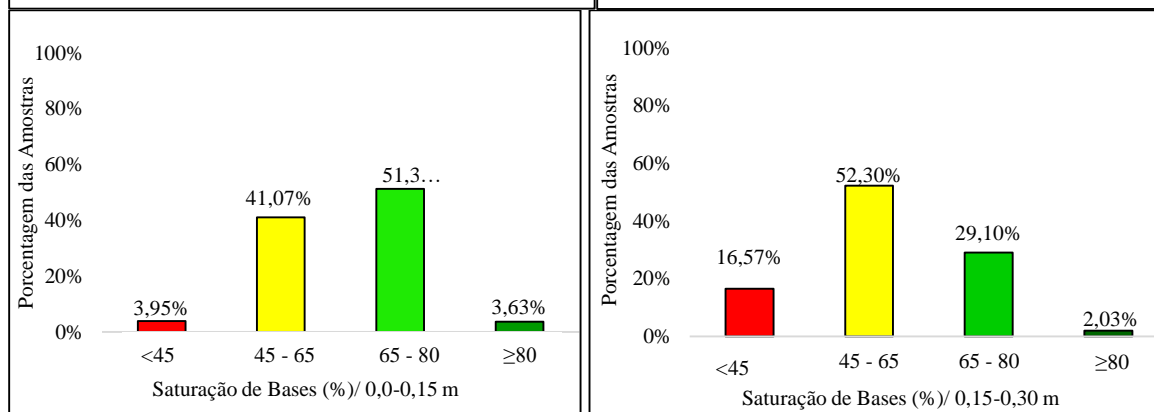
235

236

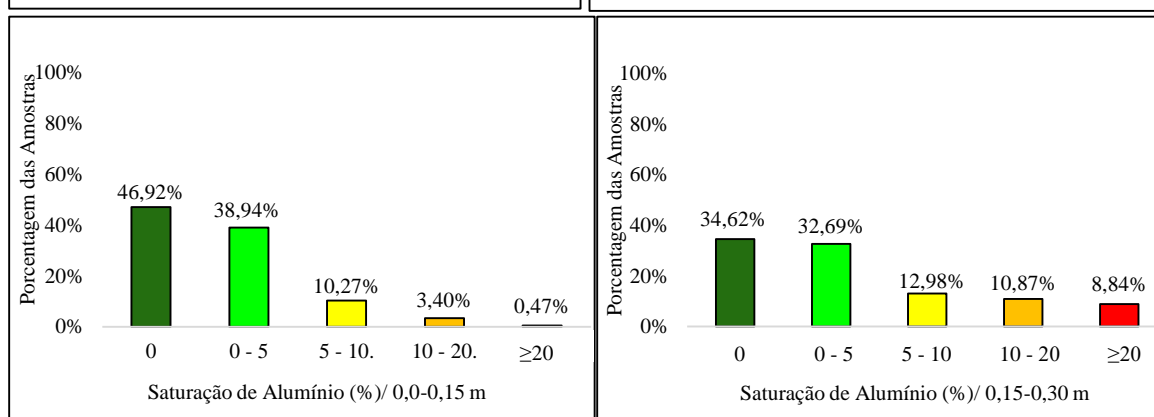
237



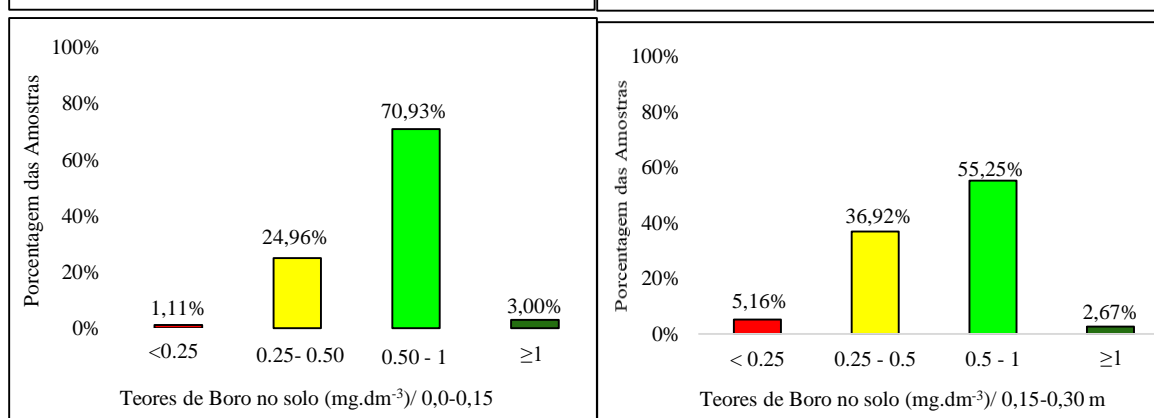
238



239



240



241 Figura 3: Valores de pH em água, Saturação de Bases, Saturação de Alumínio e Boro no solo,  
 242 nas camadas 0,00 a 0,15m e 0,15 a 0,30m em 13 áreas de lavoura no norte do RS.

243 Cálcio, magnésio e enxofre, macronutrientes secundários, são considerados altos na maioria  
244 das amostras em ambas camadas (Figura 4). Na prática, consideram-se satisfatórios os teores  
245 desses nutrientes situados na classe "Médio" (Embrapa 2009). Analisando os teores de cálcio,  
246 82,39% e 52,49% das áreas estão com teores ótimos na camada 0-15 cm e 15-30 cm,  
247 respectivamente, porém, este nutriente não está totalmente disponível para as plantas pois há  
248 uma relação Ca/Mg desequilibrada, observada nos resultados posteriores. Percebe-se que a  
249 camada mais profunda tende a ter menos amostras com teores de Cálcio altos, acima de 5  
250  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ . Isto se justifica pela baixa mobilidade de nutriente no solo que é natural e pelo  
251 fornecimento de Cálcio via calcário aplicado superficialmente.

252 Semelhante aos teores de cálcio, 82,86% das áreas (0-15cm) estão com teores de Mg (Figura  
253 3) maiores que  $2 \text{Cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , reduzindo para 62,15% das áreas nas camadas mais profundas, o  
254 que é considerado ótimo para desenvolvimento das culturas. Avaliando os teores de S (Figura  
255 3), mais da metade das áreas devem ser corrigidas para teores maiores que  $15 \text{mg dm}^{-3}$ , nas  
256 camadas de 0,0-15 cm. Já nas camadas mais profundas, 41,34% das áreas estão com teores  
257 abaixo do ótimo, resultado da característica do nutriente que é altamente sujeito a lixiviação.  
258 Segundo Bottega et al. (2013), os bons resultados observados entre os três macronutrientes  
259 podem ser explicados pelo sistema de manejo adotado nas propriedades, plantio direto com  
260 rotação de culturas.

261 A relação entre Cálcio e Magnésio, é pouco empregada para diagnosticar a fertilidade ou  
262 alguma recomendação desses elementos, quando ambos se encontram em níveis adequados no  
263 solo, como no caso da maioria das amostras de solo avaliadas, sendo que 78.56 e 74.51% das  
264 amostras das camadas 0,00 a 0,15m e 0,15 a 0,30m, respectivamente, estão entre 2 e 3 (Figura  
265 4). Segundo a CQFS-RS/SC (2016), a produtividade da maioria das culturas não é afetada pela  
266 relação cálcio e magnésio variando de 0,5 a 10, quando nenhum dos dois elementos estejam  
267 deficientes no solo.



268 Para a relação Cálcio/Magnésio (Figura 4) o indicado pela CQFS-RS/SC (2016) é uma  
269 relação 3:1, para não haver competição entre Cálcio e Magnésio, assim não provocando excesso  
270 ou deficiência de algum desses elementos na planta. Entretanto 7.74% das amostras na camada  
271 0,00 a 0,15m e 16,02% das amostras na camada 0,15 a 0,30m estão com a relação entre 1 e 2  
272 (Figura 4), sendo considerado ruim, pois há excesso de Magnésio e pouco Cálcio,  
273 proporcionalmente o que pode afetar a absorção de Cálcio da planta.

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

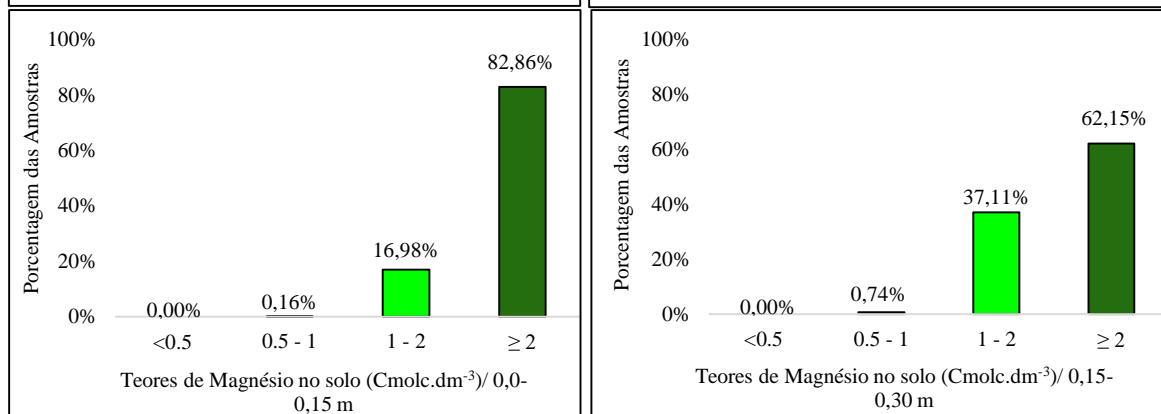
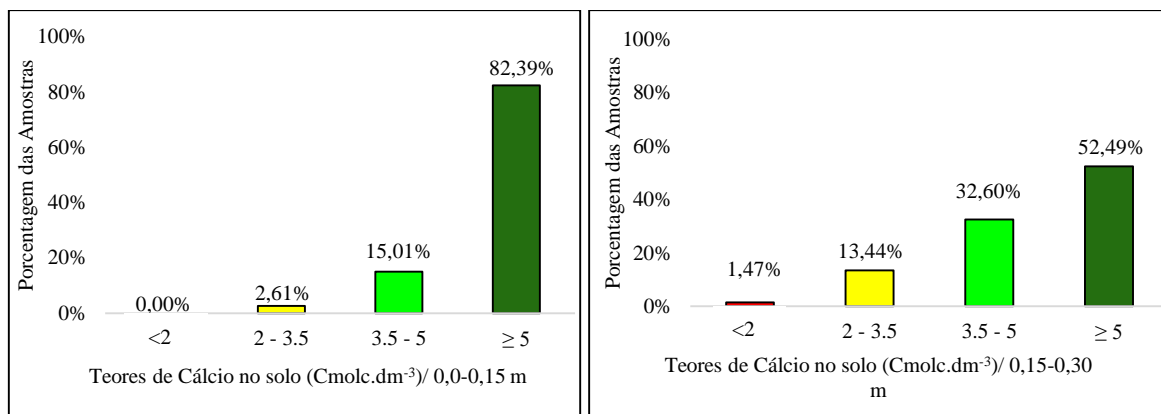
285

286

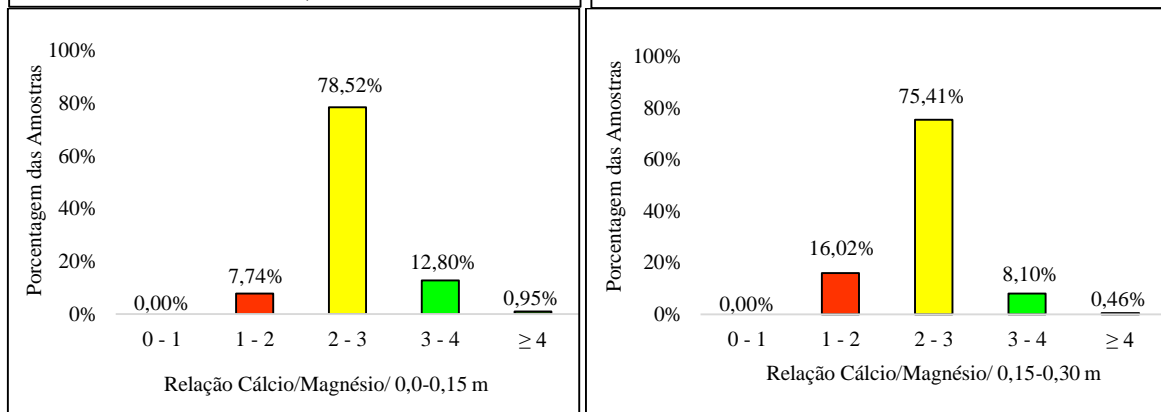
287

288

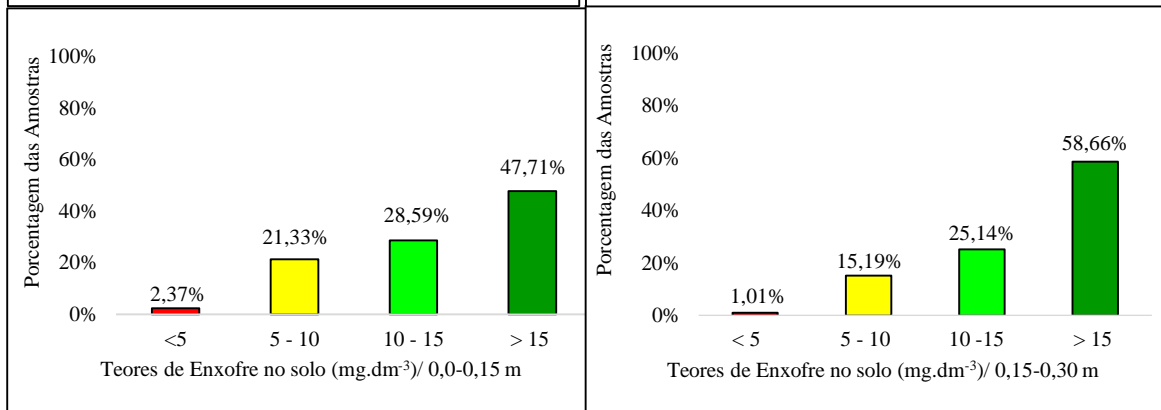
289



290



291



294

295

296 Figura 4: Teores de Cálcio, Magnésio e Relação Cálcio/Magnésio e Enxofre no solo, nas  
 297 camadas 0,00 a 0,15m e 0,15 a 0,30m em 13 áreas de lavoura no norte do RS.

298 CONCLUSÃO

299 Houve variabilidade vertical entre as camadas, o que indica um decréscimo nos teores de  
300 nutrientes conforme o aumento da profundidade de solo, havendo também, variabilidade  
301 espacial entre os pontos. O georreferenciamento de pontos em grid pode ser utilizado para que  
302 a fertilidade do solo seja conhecida.

303

304 REFERÊNCIAS

305 AGUIAR, V. F. *Aplicação de corretivos de acidez e condicionador do solo na implantação de*  
306 *Megathyrsus maximus cv. Mombaça*. 2019. 33 p. Dissertação (Mestrado) -Curso de Pós-  
307 graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri,  
308 Diamantina, 2019.

309 BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A. Variabilidade  
310 espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado  
311 brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.

312 CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G.; LLANILLO, R. F. *Plantio direto no Sul do Brasil:*  
313 *Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização*  
314 *conservacionista*. Londrina: IAPAR, 2012. 77 p. ISBN 978-85-88184-40-4.

315 CASTOLDI, G.; FREIBERGER, M. B.; CASTOLDI, G.; COSTA, C. H. M. Manejo da  
316 adubação em sistema plantio direto. *Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, v. 6, n.  
317 1, p. 62-74, 2012.

318 CQFS - RS/SC. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. *Manual*  
319 *de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 376 p.,  
320 2016.

321 EMBRAPA. Documentos Online Nº 110: Contribuições da Embrapa Trigo e da Embrapa  
322 Transferência de Tecnologia ao desenvolvimento sustentável da reforma agrária no Rio Grande  
323 do Sul – ações e atividades realizadas de 2005 a 2008. In: EMBRAPA TRIGO. *Fertilidade do*  
324 *solo das Unidades de Referência*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. Disponível em:  
325 [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do110\\_7.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do110_7.htm). Acesso em: 10 jan. 2020.

326 FAQUIN, Valdemar. *Nutrição Mineral de Plantas*. 2005. 179 p. Trabalho de Conclusão de  
327 Curso (Especialização) - Curso de Pós-Graduação “*Lato Sensu*” a Distância Solos e Meio  
328 Ambiente, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

329 KINPARA, Daniel Ioshiteru. *A importância estratégica do potássio para o Brasil*. 1. ed.  
330 Planaltina: Documentos Embrapa Cerrado, 2003. 27 p.

331 ORLANDO FILHO, J.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G.  
332 F. Relações K, Ca e Mg de solo, areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. *STAB:*  
333 *Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v. 14, n. 5, p. 13-17, 1996.

334 PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e  
335 liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.  
336 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

337 PINHEIRO, R. Agricultura de Precisão: estudos de uma tecnologia favorável, na suscitação de  
338 melhoras na qualidade de técnicas empregadas no campo por José Paulo Molin. *Revista*  
339 *Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, v. 2, n. 1, p. 53-71, 2016. ISSN:  
340 2448-0452.

341 RONQUIM, C. C. *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões*  
342 *tropicais*. 1. ed. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

343 ROSOLEM, C. A.; SGARIBOLDI, T.; GARCIA, R. A.; CALONEGO, J. C. Potassium  
344 Leaching as Affected by Soil Texture and Residual Fertilization in Tropical Soils. *Journal*  
345 *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 41, p. 1934-1943, 2010.

346 SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do  
347 fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*,  
348 v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

349 SANTOS, E. R. F. *Distribuição dos teores de boro em dois solos de diferentes texturas em*  
350 *função da aplicação localizada de ácido bórico*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)  
351 - Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

352 SENGIK, E. S. *Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas*. Núcleo Pluridisciplinar  
353 de Pesquisa e Estudo da Cadeia Produtiva do Leite, Universidade Estadual de Maringá,  
354 Maringá, 2003.

355 TIECHER, T.; MARTINS, A. P.; PERETTO, É. J. S.; FINK, J.R.; SANTOS, L. S.;  
356 DENARDIN, L. G. O.; TIECHER, T. L. *Evolução e estado da fertilidade do solo no Norte do*  
357 *Rio Grande do Sul e Sudoeste de Santa Catarina*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio  
358 Grande do Sul, 2016. 53 p.

359 TOKURA, A. M.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KURIHARA, C. H.;  
360 ALOVISI, A. A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e  
361 tempo de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 10, p. 1467-1476, 2002.

362 VARASCHINI, A. D. C. *Avaliação da fertilidade do solo na agricultura de precisão*. 2012. 55  
363 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Agronomia, UNIJUÍ - Universidade  
364 Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2012.

365

366