

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**SISTEMAS DE IMPLANTAÇÃO DE MILHO
EM PLANOSOLOS DO RIO GRANDE DO SUL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Robson Giacomeli

Santa Maria, RS, Brasil

2015

SISTEMAS DE IMPLANTAÇÃO DE MILHO EM PLANOSOLOS DO RIO GRANDE DO SUL

Robson Giacomeli

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em
Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para a obtenção do grau de

Mestre em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Enio Marchesan

Santa Maria, RS, Brasil.

2015

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

Giacomeli, Robson
SISTEMAS DE IMPLANTAÇÃO DE MILHO EM PLANOSOLOS DO
RIO GRANDE DO SUL / Robson Giacomeli.-2015.
61 p.; 30cm

Orientador: Enio Marchesan
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, RS, 2015

1. Zea mays 2. Rotação de culturas 3. Compactação do
solo 4. Semeadura direta 5. Microcamalhão I. Marchesan,
Enio II. Título.

© 2015

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**SISTEMAS DE IMPLANTAÇÃO DE MILHO
EM PLANOSOLOS DO RIO GRANDE DO SUL**

elaborado por

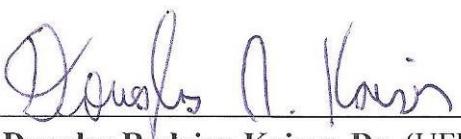
Robson Giacomeli

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA


Enio Marchesan, Dr.
(Presidente/orientador, UFSM)


Paulo Regis Ferreira da Silva, Dr. (UFRGS)


Douglas Rodrigo Kaiser, Dr. (UFFS)

Santa Maria, 06 de outubro de 2015.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Paulo Renato Giacomeli e Loreci Luci Alves Giacomeli,
Pela vida, pelo amor, pelo apoio e incentivo em todos momentos.

A minha irmã, Renata Giacomeli,
Pelo carinho, pela amizade e pelo incentivo.

Dedico e ofereço.

AGRADECIMENTOS

Em especial a Deus, pois sem ele nada seria possível.

À toda minha família, por todo apoio, o incentivo e a compreensão nos momentos de ausência.

Ao meu orientador, professor Enio Marchesan, pelo exemplo profissional, pela orientação, ensinamentos, pela dedicação, pelas oportunidades, pela amizade e estrutura disponibilizada.

Aos bolsistas Maurício L. de Oliveira e Gabriel Donatto, pela amizade e por todo o apoio prestado durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos colegas de pós-graduação Gerson M. S. Sartori, Lucas L. Coelho, Gustavo M. Teló, Guilherme Cassol, Alana C. D. Wadscheer, Lillian M. de Oliveira, Elisa de A. Gollo e Dâmaris S. S. Hansel, pela troca de experiência, amizade e as contribuições com o grupo de pesquisa, nos momentos em que estava no trabalho.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Arroz Irrigado, Isac A. de Castro, Vinicius S. Trivisiol, Marília F. da Silva, Ricardo de Davi, João P. M. Flores, Bruno B. Aramburu, Guilherme Pozzobon, Anelise L. da Silva, Anderson A. Hatschbach, pela amizade, convívio e colaboração nos trabalhos.

Aos professores Douglas R. Kaiser e Paulo R. F. da Silva, pelos ensinamentos passados e as colaborações com o trabalho.

À UFSM, ao programa de Pós-Graduação em Agronomia, aos professores, funcionários, órgãos de fomento à pesquisa, e a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

As instituições UNIPAMPA e UFFS que permitiram a continuidade dos meus estudos, e em especial a UFFS pela possibilidade de utilizar o laboratório de Física do Solo.

Aos colegas de trabalho, que ficaram sobrecarregados, e tornaram possível a continuidade dos meus estudos.

Aos amigos Glauber M. Fipke, Anderson C. R. Marques e Guilherme P. Londero, que foram minha segunda família em Santa Maria durante esse período.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, e não estão citados.

A todos, meu muito obrigado!

EPÍGRAFE

"Você nunca sabe que resultados virão da sua ação.

Mas se você não fizer nada, não existirão resultados."

Mahatma Gandhi

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

SISTEMAS DE IMPLANTAÇÃO DE MILHO EM PLANOSOLOS DO RIO GRANDE DO SUL

Autor: Robson Giacomeli
Orientador: Enio Marchesan
Data: Santa Maria, 06 de outubro de 2015.

Dentre os entraves para obtenção de níveis satisfatórios na produtividade de grãos na cultura do arroz irrigado, destaca-se a resistência de plantas daninhas. A cultura do milho pode ser uma boa alternativa na redução do banco de sementes, além da reciclagem de nutrientes, quebra do ciclo de patógenos e insetos-praga. Porém, a cultura apresenta dificuldades em adaptar-se às condições dos Planossolos, devido à elevada densidade, baixa permeabilidade, reduzida declividade e baixa aeração. Assim, avaliou-se sistemas de implantação para a cultura do milho em Planossolos cultivados com arroz irrigado com o objetivo de proporcionar melhores condições ao desenvolvimento da planta. Conduziram-se experimentos em condições de campo, em Planossolos da região central do estado do Rio Grande do Sul, nas safras agrícolas 2013/14 e 2014/15. O primeiro experimento foi conduzido a fim de avaliar a utilização dos mecanismos haste sulcadora, disco duplo e disco ondulado como sulcadores de deposição de fertilizante na semeadora nos atributos físicos do solo e o desenvolvimento de plantas de milho, nos municípios Santa Maria e Formigueiro. No segundo experimento avaliou-se manejos do solo com escarificação, preparo convencional, semeadura direta, com e sem microcamalhão, em duas safras agrícolas. Avaliou-se a densidade, porosidade, macroporosidade e espaço solo, resistência do solo à penetração mecânica (RP), distribuição do sistema radicular, massa seca, estatura, área foliar e produtividade de grãos de milho. Com relação a produtividade de grãos, os tratamentos com menor RP, maior espaço aéreo e macroporosidade na região do sistema radicular corresponderam a maior produtividade de grãos. A escarificação do solo, semeadura direta com haste sulcadora e semeadura sobre microcamalhão são as melhores alternativas para a semeadura do milho em Planossolos do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: *Zea mays*, rotação de culturas, compactação do solo, semeadura direta, escarificação do solo, microcamalhão.

ABSTRACT

Master's Degree Dissertation
Graduate Program in Agronomy
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

CORN PLANTING SYSTEMS IN IRRIGATED RICE FIELDS

Author: Robson Giacomeli
Adviser: Enio Marchesan
Date: Santa Maria, October 06th, 2015

Among the barriers to obtain satisfactory levels in grain yield of irrigated rice, it is highlighted weed resistance. Crop rotation with corn could be a good alternative to reduces seedbank, improves nutrient cycling and breaks the cycle of pathogens and pests. However, this crop presents difficulty to adapt in Planossolo, due presence of a compacted layer, water excess, and water deficit. The objectives of this study were to evaluate corn tillage systems in irrigated rice fields. The experiments was conducted in field conditions, in Planossolos of central region of the Rio Grande do Sul State during 2013/14 and 2014/15 seasons. The first experiment was conducted in order to evaluate sowing using shanks, sowing using double disks and sowing using notched disks on soil physics and corn growing, across different locations, Santa Maria and Formigueiro. In the second experiment it was evaluated soil physical parameters on different tillage systems deep tillage, conventional and no-till with raised bed and no-raised bed in two seasons. In both experiments, was evaluated soil physical parameters and explanatory variables in corn. It was observed satisfactory results in soil physical properties for the systems with more soil mobilization. The treatments with lower soil penetration resistance, airspace and macroporosity higher in the root system region produced higher grain yield. Deep tillage, no-till with sowing using shank and sowing with raised bed are the best alternatives to corn sowing in Planossos in irrigated rice fields

Key words: Zea mays, crop rotation, soil compaction, no-till, deep tillage, raised bed.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1. Densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo, no sulco de semeadura em dois experimentos de sistemas de semeadura de milho em Planossolos	24
Tabela 2. Estatura de planta e produtividade de massa seca da parte aérea nos estádios V5 e VT, altura de inserção da espiga e produtividade de grãos de milho em dois experimentos de sistemas de semeadura em Planossolos. Santa Maria e Formigueiro, RS. 2014.....	29

ARTIGO II

Quadro 1 - Características químicas e físicas dos solos avaliados na camada de 0,0 - 0,2 m, antes da instalação do experimento. Santa Maria e Formgueiro, RS. 2014.....	39
Quadro 2 - Densidade do solo, porosidade total do solo, macroporosidade do solo e microporosidade do solo em manejos de solo em um Planossolo. Safra 2013/14 e safra 2014/15. Santa Maria, RS. 2015.....	45
Quadro 3 - Resistência do solo à penetração mecânica em manejos de solo em um Planossolo. Safra 2013/14 e Safra 2014/15. Santa Maria, RS. 2015.....	46
Quadro 4 - Estatura e massa seca da parte aérea em V5 e VT, área foliar, número de espigas, altura de inserção da primeira espiga, número de grãos por espiga e produtividade de grãos de milho em diferentes manejos de preparo do solo em um Planossolo. Santa Maria, RS. 2015.....	50

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

- Figura 1. Escarificação do solo, semeadura direta de milho com semeadora equipada com: haste sulcadorado, disco duplo desencontrado, disco ondulado. Semeadora camalhoneira com sulcadora 18
- Figura 2. Precipitação pluvial e temperatura média do ar no ano agrícola de 2013/14, em Santa Maria, e precipitação em Formigueiro, durante o desenvolvimento da cultura do milho..... 20
- Figura 3. Distribuição da resistência do solo à penetração mecânica perpendicular aos sulcos de semeadura, em solo escarificado e semeadura com disco duplo na semeadora, semeadura direta com haste sulcadora e semeadura direta com disco duplo desencontrado em Santa Maria e Formigueiro, RS. 2014..... 26
- Figura 4. Distribuição espacial do sistema radicular de milho no estádio de pendoamento com fotografia de trincheira e desenho das raízes. Santa Maria, RS..... 28

ARTIGO II

- Figura 1 - Representação esquemática dos microcamalhões em corte perpendicular as linhas de semeadura aos 60 dias após a semeadura..... 40
- Figura 2 - Precipitação pluvial e temperatura média do ar nas safras agrícola de 2013/14 e 2014/15 41
- Figura 3 - Resistência do solo à penetração mecânica, e umidade volumétrica nos dias 27/11/14, 04/12/14, 19/12/14, 26/12/14, 06/02/15 e 09/03/15..... 47
- Figura 4 - Espaço aéreo e umidade volumétrica do solo em cinco avaliações semanais posteriores a semeadura nos dias. Santa Maria, RS. 2015..... 49

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
ARTIGO I - Sistemas de implantação de milho em Planossolos	13
Resumo	13
Abstract	14
Introdução.....	14
Material e Métodos	16
Resultados e Discussão	22
Conclusões.....	31
Referências	31
ARTIGO II - Manejo do solo para o cultivo de milho em terras baixas.....	35
Resumo	35
Abstract	36
Introdução.....	37
Material e Métodos	38
Resultados	43
Discussão.....	50
Conclusões.....	54
Referências	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
ANEXOS	59
Anexo A - Normas para submissão de artigo I na revista Pesquisa Agropecuária brasileira. .	60
Anexo B - Normas para submissão de artigo II na Revista Brasileira de Ciência do Solo.	61

INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Sul (RS) possui uma área de cerca de 5,4 milhões de hectares de terras baixas, localizada na região sul do estado. Nas quais predominam os solos classificados como Planossolos, que ocupam aproximadamente três milhões de hectares. Essas áreas possuem como características, baixa permeabilidade e declividade pouco acentuada. Por essa razão, o arroz irrigado é o principal cultivo agrícola nessas áreas, sendo cultivado anualmente 1,1 milhões de hectares, correspondendo a mais de 60% da produção de arroz no Brasil. Neste sentido, a utilização dessas áreas baseia-se no cultivo de arroz irrigado no verão e parte com azevém no inverno ou mesmo com flora nativa, utilizados para fins de pecuária extensiva.

O cultivo de outras culturas agrícolas em áreas de terras baixas na sua grande parte é limitado, visto que as condições do solo limitam a diversidade de culturas agrícolas. No entanto, este monocultivo favorece o aumento em número e quantidade de espécies de plantas daninhas resistentes e de difícil controle aos herbicidas do grupo químico dos ALS, o qual é o mais utilizado nas lavouras de arroz irrigado do RS. Dentre os problemas enfrentados atualmente com plantas daninhas, destaca-se o arroz daninho (*Oryza sativa*), capim arroz (*Echinochloa* sp.) e, nos últimos anos, as ciperáceas (*Cyperus* sp.). Outros problemas decorrentes da ausência de rotação de culturas, são o aumento da pressão de inóculo inicial de patógenos causadores de doenças e de insetos-praga para a cultura do arroz.

A rotação de culturas em áreas de terras baixas é uma alternativa viável para as áreas de produção de arroz irrigado, visto que pode minimizar entraves atuais na produção de arroz, como a redução do banco de sementes de plantas daninhas, quebra do ciclo de doenças e pragas e a melhoria das características físicas e químicas dos solos cultivados com arroz irrigado. A cultura do milho caracteriza-se como um cultivo de interesse em áreas de arroz irrigado, por representar fonte de renda ao produtor através da produção de grãos para comercialização ou como fonte para alimentação de animais. É importante ressaltar que, a grande produção de massa seca e reciclagem de nutrientes refere-se a outros benefícios oriundos do cultivo de milho para cultivos subsequentes.

No entanto, a cultura do milho apresenta dificuldade de adaptação às condições físicas nos solos de terras baixas, devido à elevada densidade, baixa condutividade hidráulica, reduzida declividade e baixa aeração. Além das limitações físicas do solo, oriundas da

formação desses solos, os preparamos consecutivos nessas áreas para receber a cultura do arroz irrigado, associado a condições de elevada umidade do solo, tendem a favorecer o processo de compactação e desestruturação dos solos. Outra ação que contribui para a compactação do solo, refere-se à característica da utilização de parte dessas áreas com a pecuária durante o período do inverno, onde a lotação animal associada à elevada umidade do solo acima da sua capacidade de suporte, acarretam em compactação do solo.

Essa compactação dos solos agricultáveis resulta na alteração da estrutura do solo, com redução da porosidade e aumento da densidade. O aumento da densidade do solo agrava os problemas relacionados à estrutura do solo, resultando numa menor porosidade de aeração e baixa infiltração de água. Além disso, a compactação do solo ocasiona maiores períodos de saturação hídrica, com déficit de oxigênio, bem como, períodos de deficiência hídrica às plantas. Desta forma, reduz a água disponível para as plantas, implica no aumento da resistência mecânica à penetração no solo, restringindo o desenvolvimento radicular. O menor desenvolvimento radicular reduz a capacidade de a planta absorver água, prejudicando o seu desenvolvimento. Como o arroz irrigado é adaptado a condição anaeróbica do solo, após a irrigação, as limitações físicas do solo não são perceptíveis a cultura, visto que, o solo em seu estado físico fluído apresenta menor restrição ao desenvolvimento radicular.

Algumas práticas agrícolas antes da semeadura e/ou no momento da semeadura podem auxiliar na descompactação e drenagem desses solos cultivados com arroz irrigado, e assim viabilizar o cultivo de milho. A semeadura direta, com mecanismos sulcadores para deposição de fertilizantes de maior mobilização do solo, pode ser uma alternativa. Além dos mecanismos sulcadores, a escarificação do solo minimiza o efeito da compactação do solo, diminuindo a densidade e a resistência à penetração mecânica do solo, tendo em vista que estes parâmetros se referem às maiores limitações ao cultivo de milho. O preparo convencional do solo consiste em outra alternativa, pois tende a reduzir a densidade do solo na camada mais superficial. A semeadura de milho sobre microcamalhão é outra alternativa que pode auxiliar na drenagem superficial da água, dado que a drenagem é um dos maiores problemas enfrentados para a rotação de culturas em solos de terras baixas.

Diante disso, objetivou-se nesse trabalho avaliar sistemas de implantação de milho em áreas de arroz irrigado; escarificação mecanizada e diferentes sulcadores em semeadura para cultivo de milho em Planossolos do estado do Rio Grande do Sul (Artigo I) e avaliar parâmetros físicos do solo e o desempenho da cultura do milho em sistemas de manejo do solo em terras baixas. (Artigo II).

ARTIGO I

Sistemas de implantação de milho em Planossolos

6 **Resumo** – O objetivo do trabalho foi avaliar a escarificação mecanizada e diferentes
7 sulcadores em semeadora para cultivo de milho em Planossolos. Dois experimentos foram
8 conduzidos a campo, nos municípios de Santa Maria, RS e Formigueiro, RS. O delineamento
9 experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, com os tratamentos escarificação
10 do solo (ESC) e semedura direta com sulcadores: haste sulcadora (HS), haste sulcadora e
11 mecanismo de acomodação do sulco (HAS), disco duplo desencontrado (DD) e disco
12 ondulado (DO). Em Santa Maria foi adicionado outro tratamento, semedura em
13 microcamalhão com haste (MI). Avaliou-se densidade, porosidade e macroporosidade do
14 solo, resistência do solo à penetração mecânica (RP), distribuição do sistema radicular e
15 produtividade de grãos. Em Formigueiro os tratamentos ESC, HS e HAS resultaram em menor
16 densidade e maior macroporosidade do solo nas camadas de 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m. A RP
17 foi menor no tratamento ESC e no sulco da HS até 0,15 m, onde as raízes se desenvolveram
18 melhor. A produtividade de grãos aumenta em 20 a 25% quando a semedura de milho em
19 Planossolos é realizada sobre microcamalhão, solo escarificado ou semedura direta com
20 haste sulcadora na semeadora.

21 Termos para indexação: *Zea mays*, compactação do solo, haste sulcadora, microcamalhão,
22 rotação de culturas, plantio direto.

23

24 **Corn implementation of systems in Planossolos**

25

26 **Abstract** – The objective this work was to evaluate the deep tillage and different planting
27 systems in a corn seeder in Planosol. Two experiments were conducted in the field, in the
28 cities of Santa Maria and Formigueiro. The experimental design was randomized blocks, with
29 four replications, with the treatments composed by deep tillage (ESC) and no-till using
30 different planting systems: shank (HS); shank plus furrow accommodation mechanism
31 (HAS); double disks (DD); and notched disks (DO). In Santa Maria it was added another
32 treatment that was raised bed systems (MI). It was evaluated bulk density, soil porosity, and
33 soil macroporosity, soil penetration resistance (RP), root system distribution, and grain yield.
34 The ESC, HS, and HAS treatments resulted in lower bulk density and higher soil
35 macroporosity in the 0,05 - 0,10 and 0,10 - 0,20 m layers in Formigueiro. The RP was lower
36 in the ESC treatment and in the furrow of HS treatment until 0,15 m where roots developed
37 better. The maize sowing in Planosols with ESC, MI, HS and HAS improve 20 to 25% grain
38 yield than DD and DO.

39 Terms for indexing: Zea mays, compaction, shank, raised seedbed, crop rotation, no-till

40

41 **Introdução**

42

43 Na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul predominam os Planossolos nas
44 planícies aluviais, o que abrange aproximadamente três milhões de hectares (Bamberg et al.,
45 2009), os quais apresentam horizonte B adensado e praticamente impermeável (Pinto et al.,
46 2004). Nesses solos, as principais culturas agrícolas são o arroz irrigado por inundação na
47 primavera-verão e pastagem com azevém no outono-inverno. Decorrente do monocultivo do
48 arroz, tem aumentado o número de plantas daninhas de difícil controle ou resistentes ou de

49 difícil controle aos herbicidas do grupo químico ALS, dentre elas destaca-se o arroz daninho
50 (*Oryza sativa*), o capim arroz (*Echinochloa* sp.) e algumas espécies da família das ciperáceas
51 (*Cyperus* sp.) (Schaedler et al., 2013; Matzenbacher et al., 2013).

52 A rotação de culturas é uma prática agrícola importante no controle de plantas
53 daninhas, pois reduz o banco de sementes de arroz daninho (Andres et al., 2001). Nesse
54 contexto a cultura do milho é uma alternativa para ser utilizada em rotação com arroz
55 irrigado, pois além de auxiliar no controle de plantas daninhas, quebra do ciclo de doenças e
56 pragas e, contribui na melhoria das propriedades físicas e químicas dos solos cultivados com
57 arroz irrigado (Vernetti Junior et al., 2009). No entanto, quando cultivado em áreas
58 usualmente utilizadas para o arroz irrigado, o milho apresenta dificuldade de adaptação às
59 condições físicas dos solos, em razão dos fatores elevada densidade, aeração deficiente, baixa
60 condutividade hidráulica e baixa capacidade de armazenamento de água (Pinto et al., 2004).
61 Além disso, os preparos sucessivos do solo para a semeadura do arroz irrigado, muitas vezes
62 em condições de elevado conteúdo de água no solo, contribuem para o processo de
63 compactação dos mesmos (Moraes et al., 2013).

64 A compactação resulta na alteração da estrutura do solo, com redução da porosidade
65 e macroporosidade aumentando sua densidade (Reichert et al., 2009; Collares et al., 2011;
66 Marcolin & Klein, 2011) que agrava os problemas relacionados à estrutura dos Planossolos,
67 que resulta em menor porosidade de aeração e baixa infiltração de água (Six et al., 2004).
68 Com isso, nesse tipo de solo a compactação pode causar deficiência hídrica às plantas, pois
69 reduz a faixa de água disponível, bem como implica no aumento da resistência do solo à
70 penetração mecânica, o que pode prejudicar o crescimento e a produtividade da cultura.

71 A realização de práticas agrícolas antes e/ou no momento da semeadura podem
72 auxiliar no alívio da compactação de parte da camada compactada e na drenagem dos
73 Planossolos cultivados com arroz. Os mecanismos de deposição do fertilizante na semeadura-

74 adubadora influenciam diretamente o desenvolvimento da cultura, podendo-se citar o disco
75 duplo, o disco ondulado e a haste sulcadora (Drescher et al., 2011; Modolo et al., 2013). A
76 escarificação do solo anteriormente à semeadura também pode ser uma alternativa para
77 minimizar o efeito da compactação e diminuir a densidade e a resistência do solo à penetração
78 de raízes (Colet et al., 2009). A semeadura sobre microcamalhão é outra alternativa que
79 auxilia na drenagem superficial da água e pode viabilizar o desenvolvimento de culturas de
80 sequeiro em áreas anteriormente cultivadas apenas com a cultura do arroz (Fiorin et al., 2009).
81 O objetivo deste trabalho foi avaliar a escarificação mecanizada e semeadura direta com
82 diferentes sulcadores em semeadura para cultivo de milho em Planossolos.

83

84 **Material e Métodos**

85

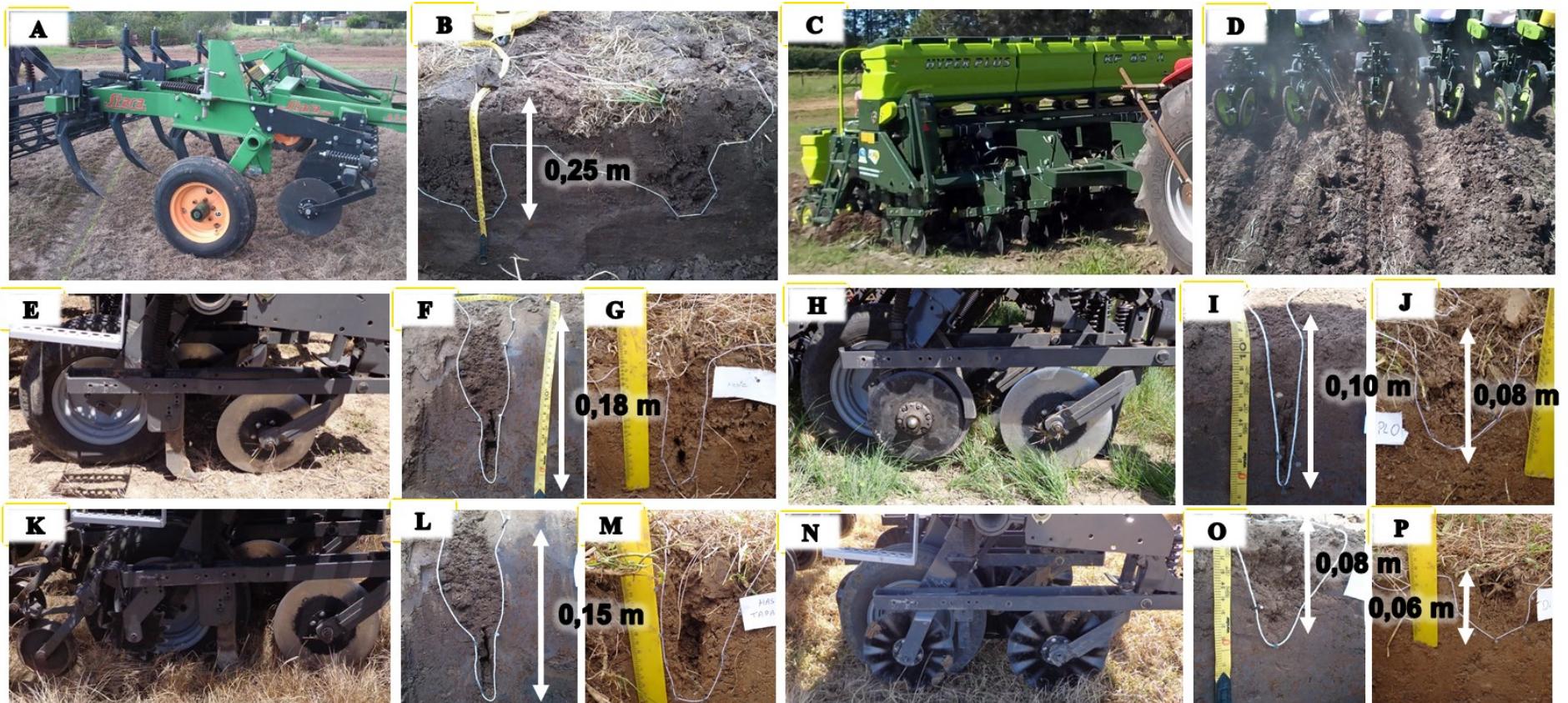
86 Dois experimentos foram conduzidos no campo no ano agrícola 2013/14, na região
87 ecoclimática da Depressão Central, do Estado do Rio Grande do Sul. O clima é caracterizado
88 como subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köeppen (Alvares, 2013), sem
89 estação seca definida e com precipitação média de 1.616 mm ao ano.

90 O primeiro experimento foi conduzido no município de Santa Maria, com as
91 coordenadas geográficas 29°43'S, 53°43"W e 90 m de altitude. O solo é classificado como
92 Planossolo Háplico eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí
93 (Embrapa, 2013), com 0,4 m de horizonte A e com as seguintes características químicas e
94 físicas na camada de 0,0 – 02 m: 5,3 de pH (H₂O 1:1), 62,7% de saturação por bases, 0,3
95 cmolc dm⁻³ de Al, 5,0 cmolc dm⁻³ de Ca, 2,3 cmolc dm⁻³ de Mg, 60,0 cmolc dm⁻³ de K,
96 14,4 cmolc dm⁻³ de P-Mehlich, 9,9 Mg dm⁻³ de S, 19,0 Mg dm⁻³ de MO, 2,54 Mg m⁻³ de
97 densidade de partícula; 0,30 m³ m⁻³ de capacidade de campo e 0,12 m³ m⁻³ de ponto de
98 murcha permanente. A textura do solo nas camadas 0,0 – 0,5, 0,05 – 0,10, 0,10, 0,10 – 0,20 e

99 0,20 – 0,30 m eram respectivamente: 232, 217, 213, 230 g kg⁻¹ de areia; 593, 598, 596 e 586
100 g kg⁻¹ de silte e; 175, 185, 191 e 183 g kg⁻¹ de argila. A área encontrava-se sistematizada em
101 cota zero e recebeu calagem com 3,5 Mg ha⁻¹ de calcário, 45 dias antes da semeadura do
102 milho. Nesta área foi cultivada soja na safra anterior (2012/13) e, antes da soja foi cultivado
103 arroz (2011/12), nas entressafras cultivou-se azevém. Após a colheita do arroz, realizou-se o
104 último preparo, tendo-se constituído por duas gradagens e aplaíramento.

105 O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, e os
106 tratamentos testados foram: semeadura de milho com semeadora equipada com discos duplos
107 em área escarificada 45 dias antes da semeadura à profundidade de 0,25 m, com hastes
108 espaçadas a 0,35 m (ESC) (Figura 1); semeadura do milho com semeadora equipada com
109 haste sulcadora regulada para a profundidade de 0,18 m (HS); semeadura do milho com
110 semeadora equipada com haste sulcadora regulada para a profundidade de 0,15 m com
111 mecanismo de acomodação do sulco (HAS); semeadura do milho com semeadora equipada
112 com disco ondulado de 12 ondas com profundidade de trabalho de 0,08 m (DO); semeadura
113 do milho com semeadora equipada com disco duplo desencontrado com profundidade de
114 trabalho de 0,10 m (DD) e semeadura do milho em microcamalhão, com semeadora equipada
115 com mecanismo para construção do microcamalhão e com haste sulcadora com profundidade
116 de 0,13 m (MI), onde, simultaneamente foi construído o microcamalhão e realizada a
117 semeadura.

118

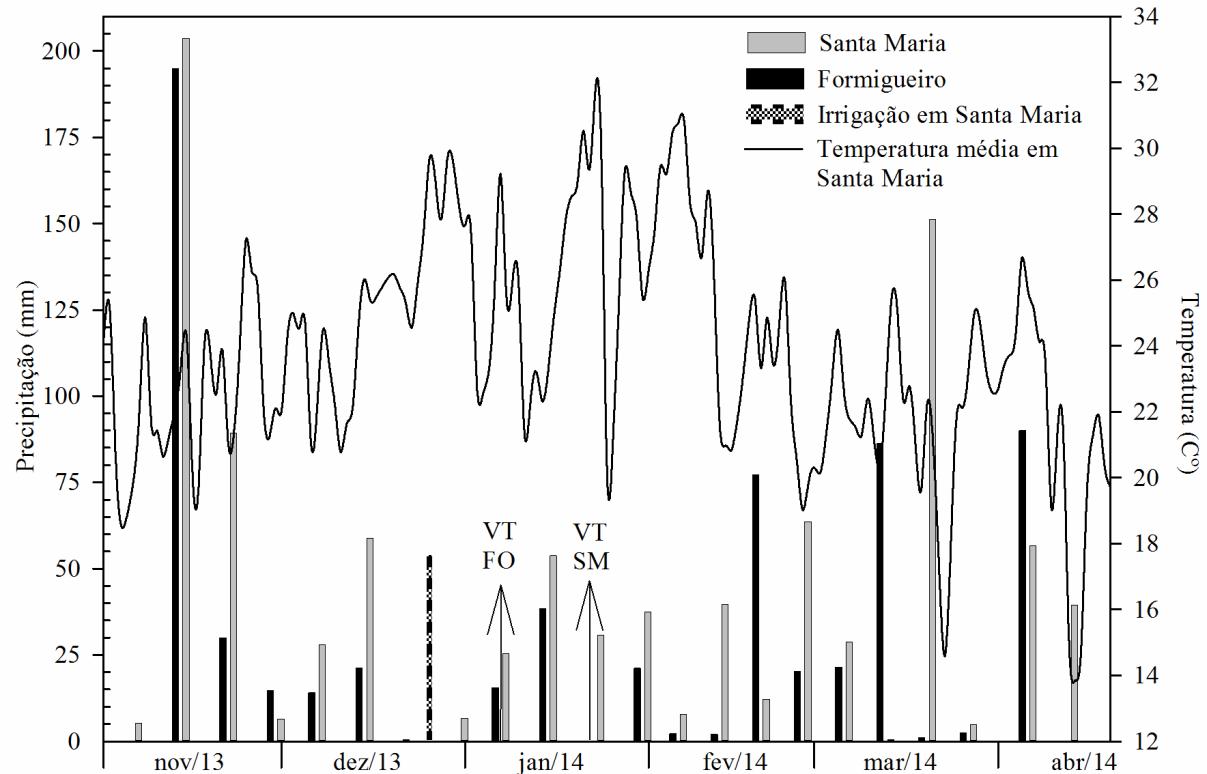


119
120
121
122
123
124

Figura 1. Escarificação do solo com profundidade de 0,25 m (A e B). Semeadura direta de milho com semeadora equipada com: haste sulcadora regulada para trabalhar à profundidade de 0,18 m (E, F e G); com haste sulcadora regulada à profundidade de 0,15 m com mecanismo de acomodação do sulco (K, L e M); semeadura direta com disco duplo desencontrado com profundidade de 0,10 m em Santa Maria (I) e 0,08 m em Formigueiro (J); com disco ondulado de 12 ondas com profundidade de 0,08 m em Santa Maria (O) e 0,06 m em Formigueiro (P); e semeadora equipada com mecanismo para construção do microcamalhão (C e D) e com haste sulcadora na profundidade de 0,13 m.

125 A escarificação foi realizada com o solo em consistência friável, com escarificador
126 de 5 hastas, espaçadas em 0,3 m, posteriormente foi realizada gradagem para destorroar e
127 uniformizar o solo. Nos tratamentos ESC, HS, HAS, DD e DO utilizou-se semeadora-
128 adubadora pantográfica com seis linhas, com espaçamento de 0,50 m, com rodas limitadoras
129 de profundidade e massa aproximada de 2,3 Mg, marca Massey Ferguson, modelo MF 407,
130 tendo-se utilizado o disco de corte da palha liso de diâmetro de 0,47 m, com exceção do DO,
131 em que tanto para o corte da palha quanto para abertura do sulco para deposição do
132 fertilizante foi utilizado disco ondulado de 12 ondas com diâmetro de 0,47 m. As hastas
133 utilizadas mediam 0,41 m de comprimento, 0,0127 m de largura e 0,0257 m de largura da
134 ponteira com ângulo de ataque de 14°, enquanto que os discos duplos desencontrado mediam
135 0,40 e 0,39 m de diâmetros. Para o tratamento com microcamalhão foi utilizada semeadora
136 camalhoneira, com seis linhas no espaçamento de 0,50 m e massa aproximada de 3,7 Mg,
137 marca Industrial KF, modelo Hyper Plus, composta por três aivecas responsáveis pela
138 formação dos microcamalhões, com duas linhas de cultivo posicionadas na borda de cada
139 elevação.

140 Nesse experimento, a semeadura do milho foi realizada no dia 07 de novembro de
141 2013. Em razão da baixa emergência de plantas causada por precipitações superiores a 200
142 mm após a semeadura (Figura 2), nova semeadura foi realizada no dia 30 de novembro no
143 mesmo local. A adubação de base foi constituída por 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 80 kg ha⁻¹
144 de fósforo (P₂O₅) e 80 kg ha⁻¹ de potássio (K₂O) e deste total 30% foi aplicado na segunda
145 semeadura. Durante a condução do experimento foi feita uma irrigação por superfície, com
146 lâmina de 54 mm de água, no dia 26 de dezembro de 2013, pois o conteúdo de água do solo
147 era inferior a 50% da capacidade de campo.



148 **Figura 2.** Precipitação pluvial e temperatura média do ar, na safra agrícola de 2013/14, em Santa Maria, e
 149 precipitação em Formigueiro, durante o desenvolvimento da cultura do milho. VT FO, data de pendoamento do
 150 milho em Formigueiro; VT SM, Pendoamento em Santa Maria.

152

153 O segundo experimento foi conduzido no município de Formigueiro, com as
 154 coordenadas geográficas 30°04'S, 53°37'W e 77 m de altitude. O solo foi classificado como
 155 Planossolo Háplico eutrófico típico, pertencente à unidade de mapeamento São Gabriel
 156 (Embrapa, 2013), com 0,25 m de horizonte A e com as seguintes características químicas e
 157 físicas na camada de 0,0 - 0,2 m: 5,3 de pH (H₂O 1:1), 77,3% de saturação por bases, 0,9
 158 cmol_c dm⁻³ de Al, 10,5 cmol_c dm⁻³ de Ca, 8 cmol_c dm⁻³ de Mg, 112 cmol_c dm⁻³ de K, 2,2 cmol_c
 159 dm⁻³ de P-Mehlich, 15 Mg dm⁻³ de S, 16,0 Mg dm⁻³ de MO, 2,57 Mg m⁻³ de densidade de
 160 partícula; 0,30 m³ m⁻³ de capacidade de campo e 0,09 m³ m⁻³ de ponto de murcha permanente.
 161 A textura do solo nas camadas 0,0 - 0,5, 0,05 - 0,10, 0,10, 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,30 m eram
 162 respectivamente: 250, 238, 205, 98 g kg⁻¹ de areia; 460, 454, 429 e 422 g kg⁻¹ de silte e; 290,
 163 308, 366 e 480 g kg⁻¹ de argila.

164 A área de instalação do experimento foi cultivada com forrageiras, com pastoreio por
165 bovinos, nos seis anos anteriores. Os tratamentos foram iguais aos testados em Santa Maria,
166 com exceção de que a escarificação foi realizada no dia da semeadura e da profundidade dos
167 discos duplos no tratamento DD e dos discos ondulados no tratamento DO foi de 0,08 e 0,06
168 m, respectivamente. Também não foi avaliado o tratamento MI, em função da área apresentar
169 declividade de 2%. A semeadura do milho foi realizada no dia 05 de novembro de 2013, com
170 adubação de base de 30 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O.

171 Em ambos os experimentos foi utilizado o híbrido 30F53YR da Pionner, com
172 densidade de semeadura de oito plantas por m². A adubação nitrogenada de cobertura foi
173 realizada nos estádios fenológicos V5 e V8, de acordo com a escala de Ritchie et al. (1993),
174 com a utilização de 75 kg ha⁻¹ de N em cada aplicação na forma de ureia. Os demais tratos
175 culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas da cultura (Embrapa, 2013).

176 Aos 60 dias após a semeadura foram coletadas amostras de solo e determinadas as
177 variáveis do solo: densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade pela
178 coleta de amostras de solo com estrutura preservada no sulco de semeadura, nas camadas de
179 0,00 - 0,05, 0,05 - 0,10, 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,30 m, com anéis de 0,04 m de altura e 0,04 m de
180 diâmetro, com a metodologia da mesa de tensão para as porosidades (Donagema et al. 2011).

181 Nos tratamentos ESC, HS e DD, nos dois experimentos, determinou-se a resistência
182 do solo à penetração mecânica (RP), na camada de 0,0 – 0,3 m, no estádio VT, utilizando
183 penetrógrafo digital da marca Falker, modelo PLG 1020, em oito pontos por parcela. Esses
184 pontos foram dispostos perpendicularmente às linhas de semeadura e equidistantes em 0,167
185 m, seis na entrelinha e dois no sulco de semeadura, o que totalizaou 1,36 m de largura na
186 parcela. As leituras foram realizadas em todas as repetições e, posteriormente, calculou-se a
187 média para cada camada de 0,01 m em cada tratamento. No momento das avaliações foi
188 determinada a umidade gravimétrica nos mesmos tratamentos e posteriormente corrigidos para

189 umidade volumétrica nas camadas 0,0 – 0,1, 0,1 – 0,2 e 0,2 – 0,3 m. Nos mesmos tratamentos
190 e estádios, em Santa Maria, avaliou-se a distribuição do sistema radicular do milho, por meio
191 de abertura de trincheira perpendicularmente a duas linhas de semeadura. As raízes foram
192 expostas e fotografadas com quadro de 1 x 0,40 m composto por quadrículas de 0,05 x
193 0,05 m, sendo as raízes de cada quadrícula posteriormente desenhadas (adaptado de Reichert
194 et al., 2009).

195 Nos estádios V5 e VT avaliou-se a estatura de planta e a produtividade de massa seca
196 (MS). Para determinação da estatura mediram-se cinco plantas por unidade experimental na
197 segunda linha de semeadura. No estádio V5 estendeu-se à última folha e mediu-se até a ponta
198 e em VT mediu-se até a inserção da última folha. Para determinação da MS, cinco plantas
199 foram secas em estufa à temperatura de 65°C até peso constante, tendo-se estimado a MS por
200 hectare, pela população por hectare de plantas. A produtividade de grãos foi estimada pela
201 colheita das espigas de milho em 7,5 m² de cada unidade experimental. Após a colheita,
202 realizou-se a trilha, a pesagem e a retirada de impurezas dos grãos, correção da umidade para
203 13% e transformação dos resultados para Mg ha⁻¹.

204 Os dados obtidos foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo
205 matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias). A análise da variância foi
206 realizada com o teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade
207 de erro.

208

209 **Resultados e Discussão**

210

211 No experimento de Santa Maria a densidade de solo no sulco de semadura foi
212 reduzida em 5% nos tratamentos ESC, HAS, HS e MI em relação ao DO e DD, nas camadas
213 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m, o que resultou em aumento de 7% na porosidade total e 17% na

214 macroporosidade (Tabela 1). Em Formigueiro, a redução da densidade do solo nos
215 tratamentos ESC, HAS e HS foi de 12%, a porosidade total aumentou em 18% e a
216 macroporosidade em 58% nessas mesmas camadas. Essa maior resposta em Formigueiro está
217 associada a compactação proporcionada pelos animais nos anos anteriores nessa área,
218 enquanto em Santa Maria a densidade natural é maior devido o menor teor de argila no solo
219 em comparação à Formigueiro (Marcolin & Klein, 2011). Além disso, a ressemeadura no
220 mesmo sulco de semeadura realizada em Santa Maria pode ter contribuído para reduzir as
221 diferenças obtidas nesses atributos, pois houve o efeito em duas vezes dos mecanismos

222 Em Santa Maria, os mecanismos DO e DD atingiram profundidade de 0,08 e 0,10 m,
223 respectivamente, em Formigueiro, essas profundidades foram de 0,06 e 0,08 m,
224 respectivamente (Figura 3). Por ser uma semeadora de pequeno porte, a massa total do
225 equipamento foi insuficiente para atingir maiores profundidades, porque o disco de corte
226 ondulado possibilita maior mobilização do solo e, desta forma, exige maior força vertical para
227 atingir maior profundidade (Silva et al., 2012), ou seja, maior massa por linha.

228 Em Formigueiro, a densidade do solo nos tratamentos DD e DO foi superior a 1,50
229 Mg m^{-3} , enquanto para os demais ficou abaixo de 1,38 Mg m^{-3} , nas camadas 0,05 – 0,10 e
230 0,10 – 0,20 m no sulco de semeadura. Essa maior densidade nesses dois tratamentos evidencia
231 que esses mecanismos não foram eficazes de reduzir o aumento de densidade proveniente do
232 pisoteio de animais na área durante os seis anos que antecederam a instalação do experimento.
233 Resultados semelhantes foram encontrados por Vizzotto et al. (2000), que observaram
234 aumento da densidade e redução da macroporosidade do solo após seis meses de produção
235 com bovinos. O pisoteio intenso de animais em área de pastagem ocasiona alterações na
236 estrutura do solo, com elevados níveis de compactação e menor macroporosidade, os quais
237 são restritivos ao desenvolvimento das plantas (Collares et al., 2011; Ortigara et al., 2014).

238

239

240 **Tabela 1.** Densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo, no sulco de semeadura nas
 241 camadas de 0,0 – 0,05, 0,05 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m em dois experimentos de sistemas de semeadura
 242 de milho em Planossolos.

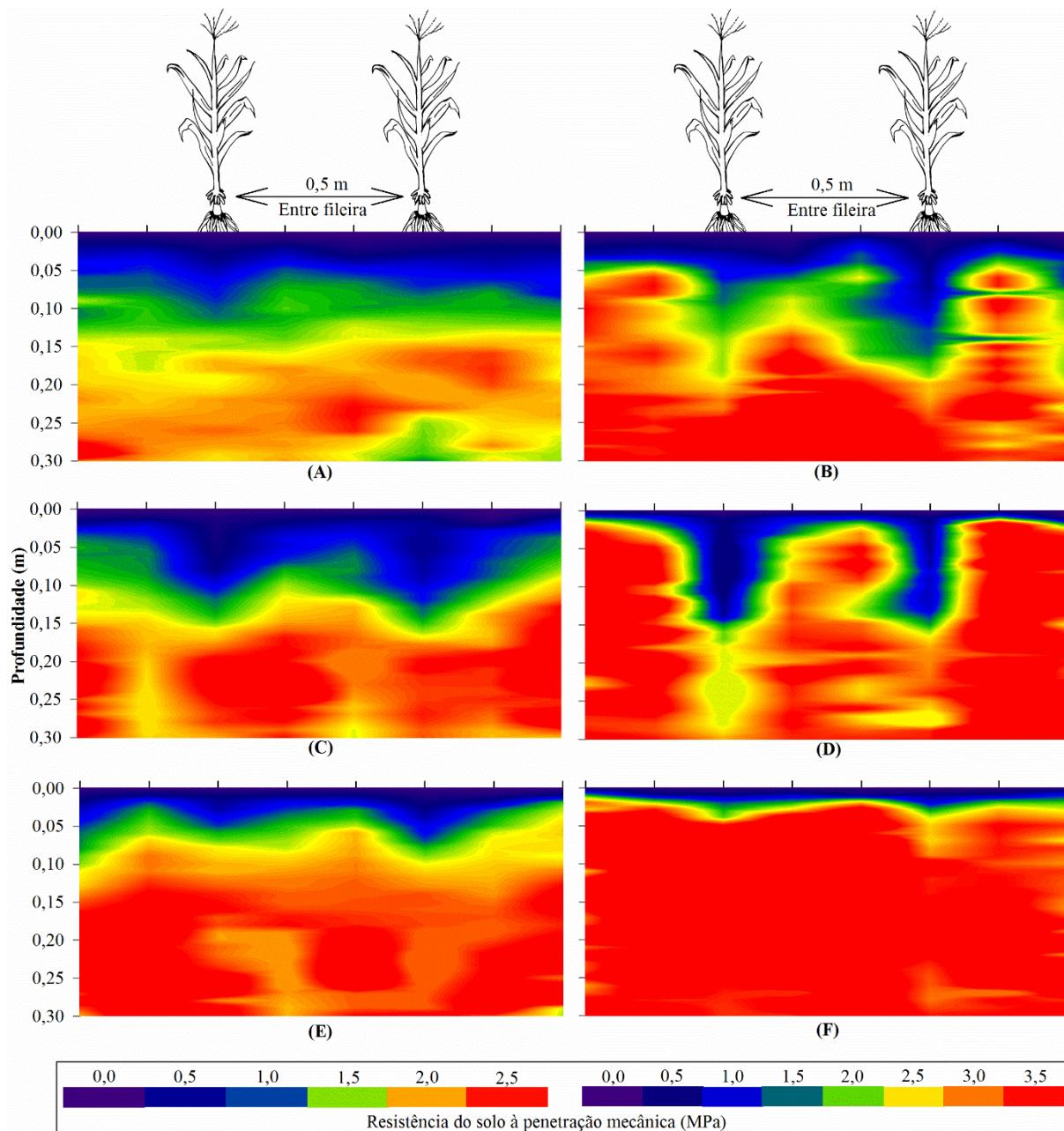
Camada (m)	ESC	HAS	Tratamentos	HS	DO	DD	MI	Média	CV(%)
----- Santa Maria -----									
Densidade do solo (Mg m ⁻³)									
0,00 – 0,05	1,19 ^{ns}	1,28		1,27	1,28	1,24	1,25	1,25	5,26
0,05 – 0,10	1,42 ^{ns}	1,37		1,35	1,47	1,49	1,46	1,43	6,02
0,10 – 0,20	1,54 ^{ns}	1,49		1,45	1,53	1,57	1,41	1,50	4,74
0,20 – 0,30	1,63 ^{ns}	1,58		1,56	1,64	1,62	1,55	1,60	3,59
Porosidade total do solo (m ³ m ⁻³)									
0,00 – 0,05	0,53 ^{ns}	0,50		0,50	0,50	0,51	0,51	0,51	4,95
0,05 – 0,10	0,44 ^{ns}	0,46		0,47	0,43	0,42	0,43	0,44	7,97
0,10 – 0,20	0,40 ^{ns}	0,42		0,43	0,40	0,38	0,45	0,41	6,86
0,20 – 0,30	0,36 ^{ns}	0,38		0,39	0,36	0,36	0,39	0,37	6,15
Macroporosidade do solo (m ³ m ⁻³)									
0,00 – 0,05	0,27 ^{ns}	0,24		0,25	0,22	0,26	0,25	0,25	15,88
0,05 – 0,10	0,19 ^{ns}	0,23		0,21	0,18	0,17	0,19	0,20	19,96
0,10 – 0,20	0,15 ^{ns}	0,17		0,18	0,15	0,15	0,21	0,17	28,04
0,20 – 0,30	0,09 ^{ns}	0,11		0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	26,06
Microporosidade do solo (m ³ m ⁻³)									
0,00 – 0,05	0,27 ^{ns}	0,26		0,25	0,28	0,26	0,26	0,26	10,23
0,05 – 0,10	0,25 ^{ns}	0,23		0,26	0,24	0,24	0,24	0,24	7,91
0,10 – 0,20	0,25 ^{ns}	0,25		0,25	0,25	0,23	0,24	0,25	12,02
0,20 – 0,30	0,27 ^{ns}	0,27		0,26	0,25	0,25	0,28	0,26	8,94
----- Formigueiro -----									
Densidade do solo (Mg m ⁻³)									
0,00 – 0,05	1,15 ^{ns}	1,23	1,24		1,19	1,34	-	1,15	7,10
0,05 – 0,10	1,28c	1,38bc	1,31bc		1,50ab	1,52a	-	1,28	6,62
0,10 – 0,20	1,38ab	1,32b	1,31b		1,54a	1,53a	-	1,38	6,20
0,20 – 0,30	1,33 ^{ns}	1,30	1,26		1,37	1,34	-	1,33	5,60
Porosidade total do solo (m ³ m ⁻³)									
0,00 – 0,05	0,55 ^{ns}	0,52	0,51		0,53	0,47	-	0,52	6,58
0,05 – 0,10	0,50a	0,46ab	0,49a		0,41ab	0,40b	-	0,45	7,85
0,10 – 0,20	0,46ab	0,48a	0,49a		0,40b	0,40b	-	0,45	7,73
0,20 – 0,30	0,48 ^{ns}	0,49	0,49		0,46	0,47	-	0,48	6,07
Macroporosidade do solo (m ³ m ⁻³)									
0,00 – 0,05	0,24 ^{ns}	0,24	0,23		0,24	0,17	-	0,24	23,57
0,05 – 0,10	0,16ab	0,17ab	0,21a		0,11b	0,11b	-	0,22	30,81
0,10 – 0,20	0,16 ^{ns}	0,17	0,15		0,10	0,11	-	0,15	26,19
0,20 – 0,30	0,06 ^{ns}	0,11	0,14		0,05	0,06	-	0,14	54,81
Microporosidade do solo (m ³ m ⁻³)									
0,00 – 0,05	0,31 ^{ns}	0,28	0,28		0,29	0,31	-	0,29	10,90
0,05 – 0,10	0,33 ^{ns}	0,29	0,28		0,30	0,29	-	0,29	10,94
0,10 – 0,20	0,30 ^{ns}	0,32	0,34		0,30	0,29	-	0,30	12,00
0,20 – 0,30	0,42 ^{ns}	0,38	0,37		0,41	0,41	-	0,31	16,47

243 ^{ns}Não significativo a 5% probabilidade. Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a
 244 5% de probabilidade. ESC, Escarificação do solo e semeadura com disco duplo; semeadura HAS, direta com haste sulcadora
 245 e mecanismo de acomodação do sulco na semeadora; HS, semeadura direta com haste sulcadora na semeadora; DD,
 246 semeadura direta com disco duplo desencontrado na semeadora; DO, semeadura direta com disco ondulado; e MI, semeadura
 247 direta com haste sulcadora e construção concomitante de microcamalhão somente em Santa Maria.

249 Em ambos os experimentos, os sulcadores mobilizaram o solo na camada mais
250 superficial (0,00 – 0,05 m), em que as variáveis físicas do solo foram similares (Tabela 1).
251 Além disso, essa camada é influenciada pelas ações biológicas, desenvolvimento radicular e
252 ciclos de umedecimento e secagem, onde esses processos favorecem a agregação do solo e,
253 consequentemente, a redução da densidade (Six et al., 2004). Na camada mais profunda (0,20
254 – 0,30 m), não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados para os atributos
255 físicos do solo.

256 A RP foi determinada com conteúdo de água de 0,29 e 0,18 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ em Santa Maria e
257 Formigueiro, respectivamente, na média da camada de 0,0 – 0,3 m, os tratamentos não foram
258 diferentes em relação ao conteúdo de água. Desta forma, a maior umidade no momento da
259 avaliação em Santa Maria resultou em menor RP média de 1,7 MPa, enquanto em
260 Formigueiro foi de 3,2 MPa (Figura 3). Reichert et al. (2009), com umidade próxima a 0,25
261 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$, obtiveram RP inferior a 1,5 MPa e, com umidades próximas a 0,15 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$, obtiveram
262 RP de 3,0 MPa. Considera-se que valores de RP superiores a 2 MPa são restritivos ao
263 desenvolvimento radicular das plantas (Reichert et al., 2009; Collares et al., 2011). Essa
264 grande variação de RP está relacionada ao conteúdo de água do solo (Bengough et al., 2006;
265 Assis et al., 2009) pois a água reduz o atrito entre as partículas de solo (Assis et al., 2009).
266 Desta forma, as consequências de altos valores de RP para a planta dependem do estádio de
267 desenvolvimento e da duração desse estresse (Bengough et al., 2006).

268



269

270 **Figura 3.** Distribuição da resistência do solo à penetração mecânica perpendicular aos sulcos de semeadura com
 271 penetrógrafo digital da marca Falker, modelo PLG, em solo escarificado à 0,25 m e semeadura com disco duplo
 272 na semeadura (A, B), semeadura direta com haste sulcadora com profundidade de trabalho de 0,18 m (C, D) e
 273 semeadura direta com disco duplo desencontrado com profundidade de 0,10 m em Santa Maria e 0,08 m em
 274 Formigueiro (E, F). Santa Maria (A, C, E) e Formigueiro (B, D, F), com umidade média do solo de 0,29 e 0,18
 275 $m^3 m^{-3}$, respectivamente.

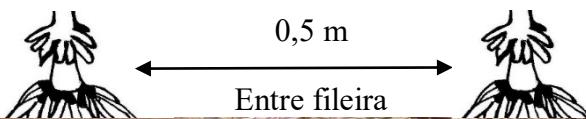
276

277 Nos dois experimentos, o tratamento ESC proporcionou menores valores de RP em
 278 todo perfil do solo até profundidade de 0,20 m, tendo sido menor na superfície e maior em

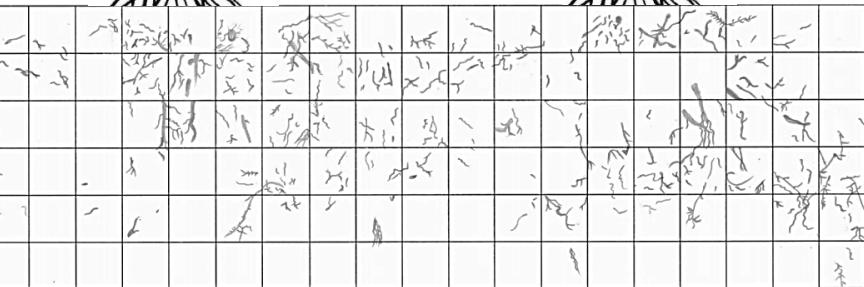
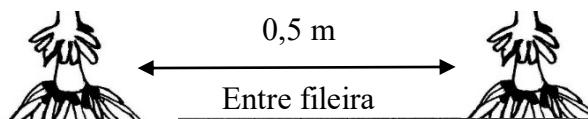
279 profundidade (Figuras 3A e 3B). Nos tratamentos HS e DD, observou-se menor RP no sulco
280 de semeadura, porém, na HS, essa redução de RP ocorreu até os 0,18 m em ambos os solos,
281 enquanto no DD houve redução até 0,10 m e até 0,08 m em Santa Maria e Formigueiro,
282 respectivamente. Embora os valores de densidade e porosidade, que estão relacionados à RP,
283 tenham sido pouco alterados em Santa Maria, a RP foi reduzida nos tratamentos ESC e HS.

284 O padrão de distribuição do sistema radicular foi semelhante ao da RP (Figura 4).
285 Nos tratamentos ESC e HS, as raízes atingiram profundidade de 0,25 m, porém no ESC elas
286 se distribuiram mais uniformemente e no HS elas se concentraram no sulco de semeadura. No
287 tratamento DD, as raízes atingiram a profundidade de 0,15 m e se concentraram mais
288 superficialmente. Segundo Bengough et al. (2006), o crescimento radicular está relacionado
289 às restrições físicas do solo, sendo que os efeitos desse menor crescimento na produtividade
290 de grãos está relacionado ao tempo em que as plantas são submetidas a esse estresse.

291 Conteúdo de água do solo menor que 60% da capacidade de campo ($0,30\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$)
292 reduz o desenvolvimento das culturas. Em Santa Maria essa variação do conteúdo de água foi
293 de $0,12\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$. Desta forma, a cada camada de 0,1 m de solo, a lâmina de água disponível era
294 de 12 mm. Nos tratamentos ESC e HS em que as raízes chegaram à profundidade de 0,25 m
295 (Figura 4), a lâmina de água era de 30 mm. No tratamento DD, onde as raízes atingiram
296 profundidade de 0,15 m, a lâmina era de 18 mm. Se não ocorrer precipitação ou irrigação
297 depois do solo atingir o conteúdo de água da capacidade de campo, e considerando uma
298 evapotranspiração média de $4,35\text{ mm dia}^{-1}$ (Bergamaschi et al., 2006), nos tratamentos ESC e
299 HS, a cultura do milho teria redução de desenvolvimento a partir do 7º dia, enquanto no DD,
300 isso ocorreria a partir do 4º dia.

301
302
303

Escarificação do solo antes da semeadura do milho com disco duplo

304
305
306307
308
309

Semeadura direta com haste sulcadora na semeadora

310
311
312

Semeadura direta com disco duplo na semeadora

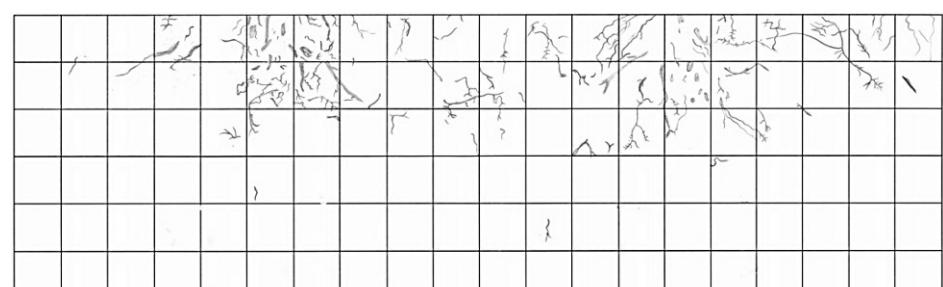
313
314

Figura 4. Distribuição espacial do sistema radicular de milho no estádio de pendoamento com fotografia de trincheira (esquerda) e desenho das raízes (direita) em malha de 0,05 por 0,05 m em Santa Maria, RS.

315 A estatura de planta, a altura de inserção de espiga e a produtividade de massa seca no
 316 estádio V5 foram menores nos tratamentos DD e DO nos dois experimentos (Tabela 2). No estádio
 317 VT (pendoamento), em Formigueiro, as diferenças de estatura de planta, altura de inserção de
 318 espiga e a produtividade de massa seca permaneciam visíveis entre os, sendo os valores de estatura
 319 e massa seca acumulada por hectare maiores no ESC, HS e HAS. Em Santa Maria, a estatura de
 320 planta no estádio VT não diferiu entre os tratamentos, mas a produtividade de massa seca neste
 321 estádio e a altura de inserção da espiga foram menores no DD e DO em relação ao ESC, HS, HAS e
 322 MI. As produtividades de grãos obtidas em Santa Maria foram maiores em 25% na média dos
 323 tratamentos MI, ESC, HS e HAS, quando comparado ao DO e DD, e em Formigueiro, os
 324 tratamentos ESC, HS e HAS, foram superiores em 20%. No entanto, em valores absolutos foram
 325 observadas maiores produtividades nos tratamentos com maior mobilização do solo.

326

Tabela 2. Estatura de planta e produtividade de massa seca da parte aérea nos estádios V5 e VT, altura de inserção da espiga e produtividade de grãos de milho em dois experimentos de sistemas de semeadura em Planossolos.

Tratamento	Estatura		Massa seca		Altura inserção da espiga (m ²)	Produtividade de grãos (Mg ha ⁻¹)
	V5 (m)	VT	V5 (Mg ha ⁻¹)	VT		
Santa Maria						
Escarificação	0,91ab	2,01 ^{ns}	0,89ab	12,49ab	1,42a	6,97ab
Haste com AS	0,93ab	2,07	0,79ab	12,99ab	1,38a	6,93ab
Haste sulcadora	0,95a	1,98	0,82ab	11,50ab	1,34a	7,24a
Disco ondulado	0,80b	1,90	0,57b	8,22b	1,24b	5,55c
Disco duplo	0,84ab	1,92	0,63ab	11,06ab	1,22b	5,91bc
Microcamalhão	0,94a	2,08	1,02a	14,44a	1,38a	7,69a
Média	0,89	2,00	0,79	11,78	1,33	6,66
CV (%)	6,22	4,72	24,24	22,37	3,47	8,15
Formigueiro						
Escarificação	0,93a	1,75a	1,65a	12,60a	1,06a	5,31a
Haste com AS	0,86a	1,65ab	1,07a	9,50b	103a	4,81ab
Haste Sulcadora	0,89a	1,66a	1,08a	9,48b	102a	5,08a
Disco ondulado	0,63b	1,50c	0,41b	5,05c	88b	4,13b
Disco Duplo	0,64b	1,50bc	0,42b	6,58c	89b	4,28b
Média	0,79	1,61	0,93	8,69	0,98	4,72
CV (%)	9,21	4,23	29,81	15,63	2,25	7,15

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade.

327 A maior produtividade de grãos obtida no tratamento MI pode ser explicada pela
328 associação da haste sulcadora com a drenagem superficial mais eficiente. Resultados semelhantes
329 foram encontrados por Fiorin et al. (2009) que verificaram menores produtividades de massa fresca
330 e massa seca, em condições de excesso hídrico. Modolo et al. (2013) obtiveram maiores
331 produtividade de grãos de milho com o uso da haste sulcadora em áreas de maior compactação do
332 solo, quando comparado com semeadura com disco duplo, em consequência da alta lotação animal
333 por unidade de área. Os autores verificaram resultados semelhantes entre o mecanismo sulcador
334 disco duplo e a haste sulcadora, quando a densidade do solo e a porosidade não foram restritivas ao
335 desenvolvimento da planta de milho.

336 Na média dos experimentos, a produtividade de grãos obtida em Santa Maria foi 1,9 Mg
337 ha⁻¹ superior em relação a de Formigueiro. Este resultado pode ser explicado, em parte, pela
338 irrigação por superfície, realizada no dia 26 de dezembro, com lâmina de 54 mm (Figura 1), quando
339 o solo atingiu umidade de 50% da capacidade de campo. Em Formigueiro, houve um período de
340 três semanas sem precipitações significativas, na segunda metade de dezembro e na primeira
341 semana de janeiro. O pendoamento pleno ocorreu no final da primeira semana de janeiro, tendo
342 coincidido com a baixa disponibilidade hídrica com o período antecedente ao pendoamento (Figura
343 1). Esse momento, juntamente com o período pós floração, são os períodos mais sensíveis da
344 cultura do milho ao déficit hídrico (Bergamaschi et al., 2006).

345 As maiores produtividades de grãos foram obtidas nos tratamentos com maior mobilização
346 do solo e estão relacionadas à redução da RP, ao aumento da macroporosidade na região de maior
347 concentração do sistema radicular, à maior profundidade e à melhor distribuição do sistema
348 radicular. Desta forma, a cultura apresentou menores restrições ocasionadas por estresses por
349 deficiência ou excesso hídrico. Possivelmente, o aumento de porosidade acelerou a drenagem de
350 água no solo e reduziu o período de baixo teor de oxigênio, causado pelo excesso hídrico na região
351 das raízes. Deve ser ressaltado que a haste sulcadora demanda maior força para tração, resultando

352 em maior consumo de combustível e maior demanda de potência do trator (Mion & Benez, 2008).
353 Assim, na escolha do sistema de implantação deve ser considerado o retorno econômico.

354

355 **Conclusões**

356

357 1. O solo escarificado e a semeadura direta com haste sulcadora reduzem a resistência do solo à
358 penetração mecânica em Planossolos para implantação de milho.

359 2. A produtividade de grãos aumenta em 20 a 25% quando a semeadura de milho em Planossolos é
360 realizada sobre microcamalhão, solo escarificado ou semeadura direta com haste sulcadora na
361 semeadura.

362 1. Semeadura de milho em solo escarificado e a semeadura direta com haste sulcadora melhoram a
363 distribuição do sistema radicular de milho no estádio de pendoamento em relação a semeadura
364 direta com disco duplo.

365

366

367 **Referências**

368

369 ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G.
370 Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728,
371 2013.

372 ANDRES, A.; AVILA, L.A. de; MARCHEZAN, E.; MENEZES, V.G. Rotação de culturas e
373 pousio do solo na redução do banco de sementes de arroz vermelho em solo de várzea. **Revista**
374 **Brasileira de Agrociência**, v.7, n.2, p.85-88, 2001.

375 ASSIS, R.L. de; LAZARINI, G.D.; LANCAS, K.P.; CARGNELUTTI FILHO, A. Avaliação da
376 resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia**

- 377 **Agrícola**, v.29, n.4, p.558-568, 2009.
- 378 BAMBERG, A.L., PAULETTO, E. A., GOMES, A.S., TIMM, L.C., PINTO, L.F.S., LIMA,
379 A.C.R. SILVA, T.R. Densidade de um Planossolo sob sistemas de cultivo avaliada por meio da
380 tomografia computadorizada de raios gama. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5,
381 p.1079-1086, 2009.
- 382 BENGOUGH, A.G.; BRANSBY, M.F.; HANS, J.; MCKENNA, S.J.; ROBERTS, T.J.;
383 VALENTINE, T.A. Root responses to soil physical conditions; growth dynamics from field to cell.
384 **Journal of Experimental Botany**, v.57, n.2, p. 437-447, 2006.
- 385 BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I.; MÜLLER, A.;
386 FRANÇA, G.S.; SANTOS, A.O.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P.G. Déficit hídrico
387 e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.243-249,
388 2006.
- 389 COLET, M.J.; SVERZUT, C.B.; NETO, P.H. W.; SOUZA, Z.M. Alteração em atributos físicos de
390 um solo sob pastagem após escarificação. **Ciência Agrotécnica**, v.33, n.2, 361-368, 2009.
- 391 COLLARES, G.L.; REINERT D.J.; REICHERT J.M.; KAISER, D.R. Compactação superficial de
392 Latossolos sob integração lavoura - pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência
393 Rural**, v.41, n.2, p.246-250, 2011.
- 394 DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA,
395 J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos,
396 2011. 230p.
- 397 DRESCHER, M.S. ELTZ, F.L.F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de
398 intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de
399 Ciência do Solo**, v.35, n.5, p.1713-1722, 2011.
- 400 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro
401 de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

- 402 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Indicações técnicas**
403 **para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul – Safras 2013/1014 e 2014/2015.** 1.ed.
404 Brasília, 2013. 125p.
- 405 FIORIN, T. T.; SPOHR, R.B.; CARLESSO, R.; MICHELON, C.J.; SANTA, C.D.; DAVID, G.D.
406 Produção de silagem de milho sobre camalhões em solos de várzea. **Pesquisa Aplicada e**
407 **Agrotecnologia**, v.2, p.147-153, 2009.
- 408 MARCOLIN, C.D.; KLEIN, V.A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de
409 pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, p.349-
410 354, 2011.
- 411 MATZENBACHER, F.O.; KALSING, A.; MENEZES, V.G; BARCELOS, J.A.N.; MEROTTO
412 JUNIOR, A. Rapid diagnosis of resistance to imidazolinone herbicides in barnyardgrass
413 (*Echinochloa crus-galli*) and control of resistant biotypes with alternative herbicides. **Planta**
414 **daninha**. v.31, n.3, p.645-656, 2013.
- 415 MION, R.L.; BENEZ, S. H. Esforços em ferramentas rompedoras de solo de semeadoras de plantio
416 direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1594-1600, 2008.
- 417 MODOLO, A.J.; FRANCHIN, M.F.; TROGELLO, E.; ADAMI, P. F.; SCARSI, M.;
418 CARNIELETTI, R. Semeadura de milho com dois mecanismos sulcadores sob diferentes
419 intensidades de pastejo. **Engenharia Agrícola**, v.33, n.6, p.1200-1209, 2013.
- 420 MORAES, M.T.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; SILVA, V.R. Soil penetration resistance in a
421 rhodic eutrudeox affected by machinery traffic and soil water content. **Engenharia Agrícola**, v.33,
422 n.4, p.748-757, 2013.
- 423 ORTIGARA, C.; KOPPE, E.; LUZ, F.B. da; BERTOLLO, A.M.; KAISER, D.R.; SILVA, V.R. da.
424 Uso do solo e propriedades físico-mecânicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de**
425 **Ciência do Solo**, v.38, n.2, p.619-626, 2014.
- 426 PINTO, L.F.S.; NETO, L.A.J.; PAULETTO, E.A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com

- 427 arroz irrigado. In: GOMES, A. da S., e MAGALHÃES JR., A. M. Editores técnicos. **Arroz**
428 **irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.75-95, 2004.
- 429 REICHERT, J.M.; KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; RIQUELME, U.F.B. Variação temporal de
430 propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo.
- 431 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.3, p.310-319, 2009.
- 432 RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. How a Corn Plant Develops, Special Report nº
433 48, **Iowa State University of Science and Technology**, Ames, Iowa, 1993.
- 434 SCHaedler, C.E.; NOLDIN, J.A.; EBERHARDT, D.S.; AGOSTINETTO, D.; BURGOS, N.R.
435 Globe fringerush (*Fimbristylis miliacea*) cross resistance to als-inhibitor herbicides under field
436 conditions in irrigated rice in the south of Brazil. **Planta Daninha**, v.31, n.4, p.893-902, 2013.
- 437 SILVA, P.R.A.; BENEZ, S.H.; JASPER, S.P.; SEKI, A.S.; MASIERO, F.C.; RIQUETTI, N.B.
438 Semeadora-adubadora: Mecanismos de corte de palha e cargas verticais aplicadas. **Revista**
439 **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.12, p. 1367-137, 2012.
- 440 SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEF, K. A history of research on the link between
441 (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, v.79,
442 p.7-31, 2004.
- 443 VERNETTI JUNIOR, F. de J.; GOMES, A. da S.; SCHUCH, L. O. B. Sucessão de culturas em
444 solos de várzea implantadas nos sistemas plantio direto e convencional. **Revista Brasileira**
445 **Agrociência**, V.15, n.-4, p.37-42, 2009.
- 446 VIZZOTTO, V. R; MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T. Efeito do pisoteio bovino em algumas
447 propriedades físicas do solo de várzea. **Ciência Rural**, v.30, n.6, p.965-969, 2000.

ARTIGO II

MANEJOS DO SOLO PARA CULTIVO DE MILHO EM PLANOSOLO

SOIL MANAGEMENTS FOR CORN IN PLANOSOLO

RESUMO

A rotação com outras culturas agrícolas em Planossolo cultivado com arroz irrigado por inundaçāo é uma prática que contribui viável para o manejo de plantas daninhas, sendo a cultura do milho uma boa alternativa. Porém, o milho tem dificuldades em se adaptar às condições dos Planossolos, devido aos problemas com a compactaçāo do solo e excesso hídrico. O objetivo do trabalho foi avaliar parâmetros físicos do solo e o desempenho da cultura do milho em sistemas de manejo do solo em um Planossolo. Foram conduzido dois experimento no campo, durante as safras agrícolas 2013/14 e 2014/15. Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema bifatorial, com três níveis para o primeiro fator, constituído dos manejos de solo: escarificado 45 dias antes da semeadura na profundidade de 0,3 m; preparo convencional com duas gradagens a 0,1 m de profundidade e posterior aplainamento do solo; e semeadura direta. O segundo fator foi composto por dois níveis: semeadura sobre microcamalhāo e sem microcamalhāo, compondo esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições com unidades experimentais de 30 m² de área. No solo, avaliaram-se a densidade, a porosidade total, a macroporosidade, a microporosidade, umidade volumétrica, o espaço aéreo e resistência do solo à penetração mecânica (RP). Os parâmetros relacionados à cultura do milho foram: estatura, massa seca da parte aérea, área foliar, altura da inserção da primeira espiga, grāos por espiga e produtividade de grāos. A escarificação do solo resultou em menor RP e maior macroporosidade nas camadas 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,3 m. No microcamalhāo, nas camadas 0,00 - 0,05, 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m, a RP e a densidade do solo foram menores e observou-se maior macroporosidade do solo, em relação ao tratamento sem microcamalhāo. De forma geral, as maiores produtividades de grāos foram encontradas nos tratamentos com menor RP e maior macroporosidade na região do sistema radicular. O aumento de porosidade acelerou a drenagem de água no solo, reduzindo o tempo em que o solo esteve pouco espaço aéreo, que é um fator limitante ao desenvolvimento radicular. Semeaduras em solo

escarificado e sobre microcamalhão proporcionam maior produtividade de grãos de milho em Planossolo quando comparados, respectivamente, a semeadura convencional e sem microcamalhão.

Palavras-chaves: compactação do solo, *Zea mays*, escarificação do solo, semeadura direta, microcamalhão,

ABSTRACT

Crop rotation using corn is a good practice to weed management in irrigated rice. However, corn has problem to adapt in lowland conditions due to problems with soil compaction and water excess. The objective of the research was to evaluate soil physical parameters and corn performance in soil tillage systems in lowlands. It was used experimental design of randomized blocks in three-factor scheme, with three levels for the first factor, consisting of soil managements: deep tillage 45 days before sowing in 0,3 m depth; conventional tillage with two diskings 0,1 m deep and subsequent leveling of the soil; and no-till. The second factor was: sowing with raised bed and non-raised bed. The third factor was two crop seasons: season 2013/14 and season 2014/15, composing factorial 3 x 2, with four replications. The plots measured 30 m². As soil parameters, it was evaluated bulk density, porosity, macroporosity and microporosity, water content and soil penetration resistance (RP). The parameters related to corn were: plant height, shoot dry matter, leaf area, ear insertion first height, grains per ear, and grain yield. Deep tillage resulted in lower RP and higher macroporosity in the layers 0.1 - 0.2 e 0.2 - 0.3 m. In raised bed, in the 0.00 - 0.05, 0.05 - 0.10 and 0.10 - 0.20 m layers, RP and bulk density were lower and it was observed higher soil macroporosity in relation to the treatment without raised bed. In general, the highest grain yields were obtained in the treatments with lower RP and higher macroporosity in the root system region. Increased porosity accelerated water drainage in the soil, reducing the time the soil was without air space, which is a limiting factor to the root development. Sowing in deep tillage and on raised bed provide higher yielding corn in lowlands

Keywords: soil compaction, *Zea mays*, soil scarification, no-till, raised seedbed.

INTRODUÇÃO

Na metade sul do estado do Rio Grande do Sul (RS), estima-se uma extensão de 5,4 milhões de hectares de terras baixas (PINTO et al., 2004), nas quais predominam os solos classificados como Planossolos, que ocupam aproximadamente três milhões de hectares (BAMBERG et al., 2009). Os Planossolos têm como características da presença de horizonte B adensado praticamente impermeável (EMBRAPA, 2013a). Esses solos são cultivados em boa parte com arroz irrigado no verão, e em sucessão com pastagem de azevém no inverno. Essa prática agrícola que compreende anualmente uma área de 1,1 milhões de hectares no estado do RS (CONAB, 2015).

No entanto, o cultivo contínuo do arroz irrigado nessas áreas, resulta em problemas de manejo e obtenção de menores níveis de produtividade de grãos. Dentre os principais problemas destaca-se como principal o aumento de plantas daninhas resistentes aos herbicidas do grupo químico ALS, grupo químico de herbicida mais empregado nas lavouras de arroz irrigado no RS, acarretando dificuldades no controle de plantas daninhas, sendo as principais o arroz daninho (*Oryza sativa*), o capim arroz (*Echinochloa* sp.) e as ciperáceas (*Cyperus* sp.) (GALON et al., 2008; ROSO et al., 2010; SCHAEDLER et al., 2013; MATZENBACHER et al., 2013).

Em cenários com infestação de plantas daninhas resistentes em áreas de cultivo de arroz irrigado, a rotação de culturas é uma alternativa viável, pois possibilita a redução do banco de sementes de arroz daninho no solo (ANDRES et al., 2001). Sendo assim, dentre as opções de culturas agrícolas visando a rotação com o arroz irrigado está a cultura do milho, a qual permite o controle de plantas daninhas, a quebra do ciclo de doenças e insetos-pragas e possibilita melhoria das características físicas e químicas dos solos cultivados com arroz irrigado (THEISEN et al., 2009).

A cultura do milho apresenta dificuldades de adaptação às condições físicas dos solos de terras baixas, devido às características de elevada densidade do solo, baixa condutividade hidráulica, reduzida declividade e baixa capacidade de armazenamento de água (PINTO et al., 2004). Além dessas características dos Planossolos provenientes de sua formação, os preparos consecutivos do solo para o cultivo do arroz irrigado, realizados em condições de elevada umidade do solo favorecendo assim, o processo de compactação do solo (MORAES et al., 2013).

A compactação nos solos agricultáveis é um processo antrópico, proporcionada pela pressão de implementos agrícolas e de animais, alterando a estrutura do solo, com redução da porosidade total, macroporosidade e aumento da densidade do solo (REICHERT et al., 2009;

COLLARES et al., 2011; MARCOLIN & KLEIN, 2011). O aumento da densidade do solo agrava problemas relacionados à estrutura do solo, como menor porosidade de aeração e baixa infiltração de água (SIX et al., 2004).

Essa degradação da estrutura do solo ocasiona maiores períodos de saturação hídrica do solo, causando déficit de oxigênio para as plantas e, também períodos de deficiência hídrica em épocas de estiagem. Além disso, a compactação do solo implica no aumento da resistência do solo à penetração mecânica que restringe o desenvolvimento radicular das plantas. O menor desenvolvimento radicular reduz a capacidade de absorção de água pelas raízes, afetando consequentemente o desenvolvimento das plantas (COLLARES et al., 2011; ORTIGARA et al., 2014).

Visando práticas de manejo que possam auxiliar na descompactação do solo, na melhora de atributos físicos e na drenagem dos solos de terras baixas, a escarificação do solo realizada antes da semeadura do milho visa minimizar os efeitos da compactação, diminuindo a densidade e a resistência do solo à penetração mecânica das raízes (COLET et al., 2009). Outro manejo que pode ser utilizado, é o preparo convencional do solo com utilização de grades, visto que esta ação tende a reduzir a densidade do solo na camada mais superficial (BEUTLER et al., 2012). Além de manejos prévios do solo, a semeadura realizada sobre microcamalhão é uma alternativa que auxilia na drenagem superficial da água, viabilizando o desenvolvimento de culturas de sequeiro em áreas inicialmente cultivadas com arroz irrigado (FIORIN et al., 2009). O objetivo do trabalho foi avaliar parâmetros físicos do solo e o desempenho da cultura do milho em sistemas de manejo do solo em Planossolo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimento no campo, durante as safras agrícolas 2013/14 e 2014/15, na área didática experimental de várzea da Universidade Federal de Santa Maria, localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul. O clima é caracterizado como subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köeppen (ALVARES et al., 2013), sem estação seca definida e com precipitação pluviométrica média de 1.616 mm ao ano, e as coordenadas geográficas são 29° 43' S, 53° 43' O, com altitude de 90 m acima do nível do mar. O solo da área experimental é classificado como Planossolo Háplico Eutrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (EMBRAPA, 2013a). As características químicas e físicas do solo de cada ano agrícola estão no Quadro 1.

As áreas dos experimentos estavam sistematizadas em cota zero e receberam calagem com 3.500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico no ano de 2013. Em 2014 adicionou-se mais 2.000 kg ha⁻¹. Para cada safra, o experimento foi realizado em locais diferentes, porém na mesma área experimental, distantes 50 m entre si. As áreas foram cultivadas com arroz irrigado e a cultura da soja antes do experimento, sendo o preparo de solo com duas gradagens e aplainamento, posterior à colheita do arroz. Nas entressafras cultivou-se azevém.

Quadro 1- Características químicas e físicas dos solos avaliados na camada de 0,0 - 0,2 m⁽¹⁾, antes da instalação do experimento. Santa Maria e Formgueiro, RS. 2014.

Características	Safra agrícola	
	2013/14	2014/15
pH (H ₂ O 1:1)	5,0	5,6
H ⁺ Al (cmol _c dm ⁻³)	6,9	3,5
Saturação por Al (%)	14,4	0,0
Saturação por Bases (%)	53,0	80,0
CTC _{efetiva} (cmol _c dm ⁻³)	9,0	17,3
CTC _{pH 7} (cmol _c dm ⁻³)	14,6	20,8
Al (cmol _c dm ⁻³)	1,3	0,0
Ca (cmol _c dm ⁻³)	5,1	11,3
Mg (cmol _c dm ⁻³)	2,5	5,9
K (mg dm ⁻³)	60,0	48,0
P-Mehlich (mg dm ⁻³)	11,8	7,6
S (mg dm ⁻³)	8,0	14,6
MO (mg dm ⁻³)	20,0	21,0
Argila (g kg ⁻¹)	260	270
Dp (Mg m ⁻³)		2,55
CC (m ³ m ⁻³)		0,32
PMP (m ³ m ⁻³)		0,12

⁽¹⁾Dp, densidade de partícula; CC, capacidade de campo; PMP, ponto de murcha permanente.

O delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema bifatorial, com três níveis para o primeiro fator e foi constituindo dos manejos de solo: solo escarificado 45 dias antes da semeadura na profundidade de 0,3 m (ES); preparo do solo convencional com duas gradagens a 0,1 m de profundidade e posterior aplainamento do solo (PC); e semeadura direta (SD). O segundo fator, foi composto por dois níveis: semeadura sobre microcamalhão (MI) e sem microcamalhão (SM), compondo esquema fatorial 3 x 2 com quatro repetições. As unidades experimentais mediram três metros de largura por 10 metros de comprimento, totalizando uma área de 30 m². Ao redor dos experimentos foi realizada abertura de sulcos com envaletadeira rotativa na profundidade de 0,2 m e largura de 0,1 m sendo ligados até a saída do quadro para auxiliar na drenagem da área.

Para a semeadura do milho utilizou-se uma semeadura camalhoneira, marca Industrial KF®, modelo Hyper Plus, composta por três aivecas responsáveis pela formação dos microcamalhões, com seis linhas no espaçamento de 0,50 m, com profundidade da haste sulcadora de 0,13 m para deposição do fertilizante. Para formação dos microcamalhões, além dos mecanismos tradicionais da semeadura, existia a presença de três aivecas, sendo que cada microcamalhão comporta o cultivo de duas linhas de milho posicionadas na borda de cada elevação (Figura 1), distanciados em 1,0 m. Nos tratamentos sem microcamalhão utilizou-se a mesma semeadura, porém sem as aivecas.

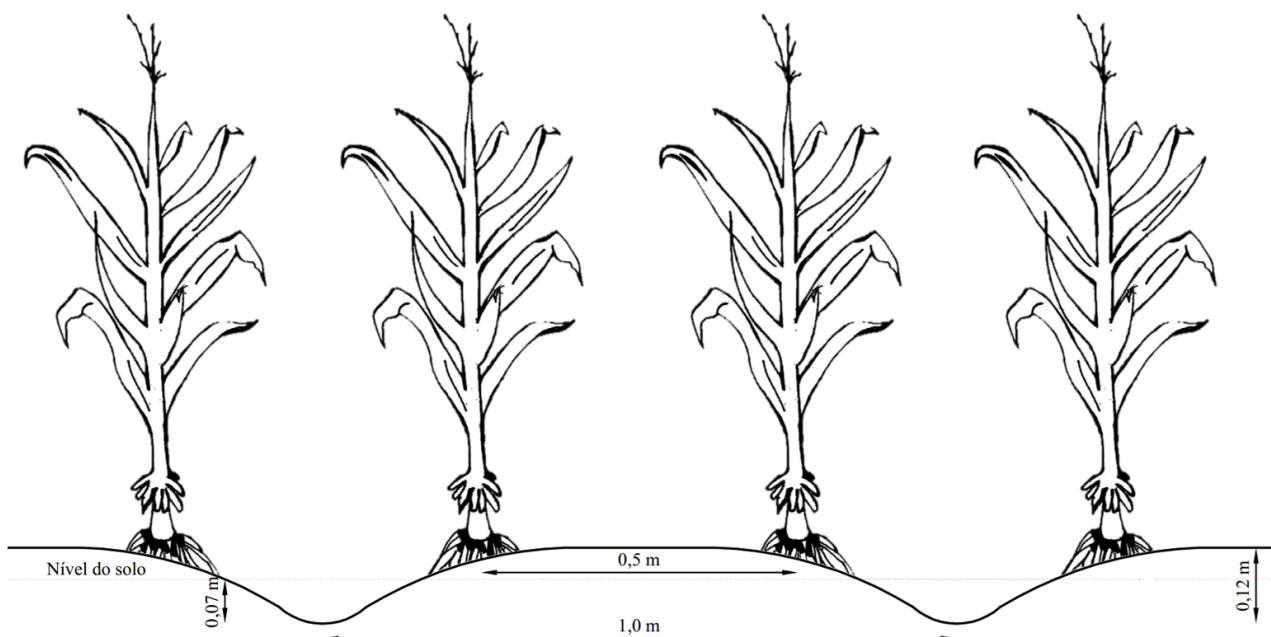


Figura 1 - Representação esquemática dos microcamalhões em corte perpendicular as linhas de semeadura aos 60 dias após a semeadura.

Nas duas safras agrícolas, o híbrido de milho utilizado foi o AG 9045 PRO₂, na densidade de 80.000 plantas por ha⁻¹. Na primeira safra, a semeadura foi realizada no dia 7 de novembro de 2013, e devido à baixa emergência proporcionada por elevadas precipitações pluviométricas após a semedura (Figura 2) nova semeadura foi realizada dia 30 de novembro no mesmo local. Na segunda safra, semeou-se no dia 16 de novembro de 2014. Na primeira safra, a adubação de base foi constituída por 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 80 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅) e 80 kg ha⁻¹ de potássio (K₂O), sendo que deste montante 30% foram aplicados na segunda semeadura, totalizando uma adubação para expectativa de produtividade de grãos de 8.000 kg ha⁻¹. Na segunda safra, a recomendação de adubação utilizada foi para expectativa de produtividade de 10.000 kg ha⁻¹, sendo constituída com adubação de base de 20 kg ha⁻¹ de N, 140 de P₂O₅ e 60 de K₂O.

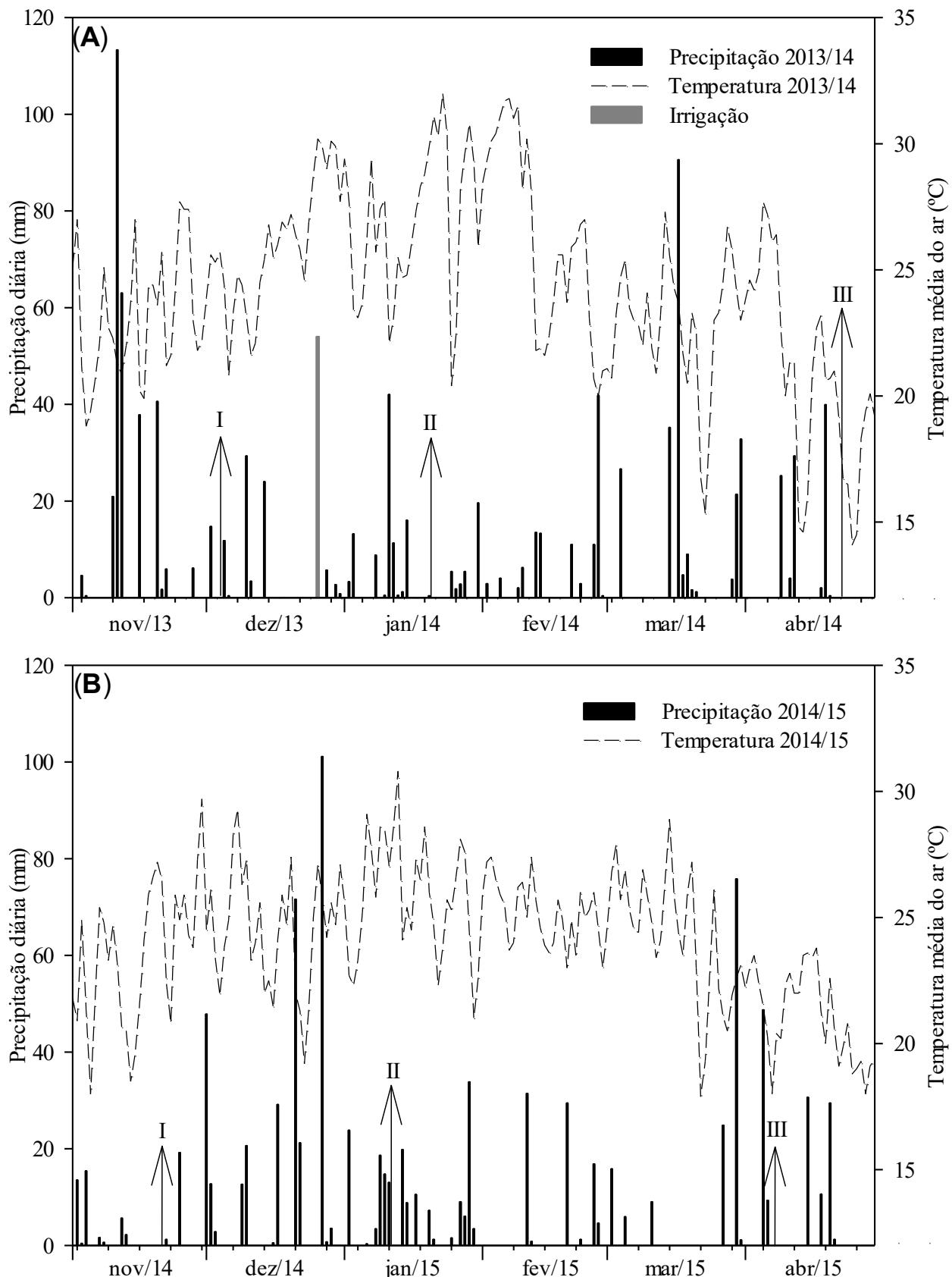


Figura 2 - Precipitação pluvial e temperatura média do ar nas safras agrícola de 2013/14 (A) e 2014/15 (B). I – emergência das plântulas; II – pendoamento do milho e, III – colheita do milho. Santa Maria, RS. 2015.

A adubação de cobertura com N, na forma de ureia, foi realizada nos estádios de desenvolvimento V4, V7 e V9 (Ritchie et al., 1993), nas doses de 50 e 75 kg ha⁻¹, para a primeira e segunda safra, respectivamente. Na segunda safra foi aplicado 60 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura no estádio V7. No dia 26 de dezembro de 2013 o solo atingiu umidade inferior a 50% da capacidade de campo e realizou-se irrigação por superfície. Os demais tratos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas para a cultura (EMBRAPA, 2013b).

Aos 60 dias após a semeadura foram coletadas amostras de solo para serem determinadas as variáveis físicas do solo: densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade. Utilizou-se a metodologia de coleta de amostras preservadas na entre linha de semeadura, nas camadas de 0,00 - 0,05; 0,05 - 0,10; 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,30 m, com anéis de 0,04 m de altura e 0,04 de diâmetro (DONAGEMA et al., 2011). Essas avaliações foram realizadas nas duas safras apenas no fator manejos do solo, desta forma o fator microcamalhão foi avaliado somente na segunda safra agrícola. No início do desenvolvimento da cultura, na segunda safra, foram realizadas avaliações semanais do espaço do solo nas camadas de 0,00 - 0,05, 0,05 - 0,10, 0,10 - 0,20 m, pelo método do anel volumétrico (DONAGEMA et al., 2011). Essas avaliações foram realizadas somente nos tratamentos ESC, PC e SD nos dias 27/11, 04/12, 11/12, 18/12 e 26/12/14.

Determinou-se a resistência mecânica à penetração (RP), na camada de 0,0 - 0,3 m, no estádio VT, utilizando penetrógrafo digital da marca Falker, modelo PLG 1020, em 8 pontos por parcela. Esses pontos foram entre as linhas de semeadura. As leituras foram realizadas a cada 0,01 m de profundidade e, posteriormente, calculou-se a média para as camadas 0,00 - 0,05, 0,05 - 0,10, 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,30 m para cada parcela. A umidade no momento da avaliação de RP na camada de 0,0 - 0,2 m foi de 0,34 e 0,32 m³ m⁻³, respectivamente, na primeira e segunda safra agrícola. Na segunda safra agrícola realizou-se avaliações de RP nos dias 27/11, 04/12, 19/12, 26/12, 06/02 e 09/03/15 nos tratamentos ESC, PC e SD. Nessas avaliações também determinou-se a umidade volumétrica do solo, com objetivo de verificar a variável RP nesses tratamentos em distintas umidades do solo.

Nas plantas de milho, avaliou-se nos estádios V5 e VT, a estatura de planta, a área foliar e a massa seca da parte área (MS) em cinco plantas por unidade experimental. Para estatura em V5 estendeu-se a última folha, em VT mediu-se até a inserção da última folha. Para determinação da MS, as plantas foram colocadas em estufa em temperatura de 65 °C até peso constante e então foram pesadas. A área foliar foi determinada no estágio VT, na ocasião do pendoamento e foi obtida pela expressão AF = C x L x 0,75, também utilizada por Sangoi et al. (2007), em que C e L

representam o comprimento e a largura, respectivamente, de todas as folhas com mais de 50% de área verde, em cinco plantas por parcela.

Ao final do ciclo da cultura foram colhidos 7,5 m² de cada unidade experimental e posteriormente determinado o número de grãos por espiga, contando-se o número de fileiras e grãos por fileira de 10 espigas aleatórias. Após essa avaliação, para determinação da produtividade de grãos de milho, realizou-se a trilha, pesagem e retirada de impurezas dos grãos e corrigindo a umidade para 13%.

Os resultados foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias). A análise da variância foi realizada através do teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade de erro.

RESULTADOS

Na safra agrícola de 2013/14 ocorreram intensas precipitações após a semeadura do milho, que somaram mais de 200 mm e resultaram em baixa emergência das plântulas, sendo necessária nova semeadura. Dessa forma, a emergência da cultura foi no dia 6 de dezembro, o pendoamento no dia 22 de janeiro e a colheita no dia 20 de abril de 2014 (Figura 2). Na segunda safra (2014/15), a emergência ocorreu no dia 21 de novembro, o pendoamento em 12 de janeiro e a colheita no dia 8 de abril.

Na primeira safra agrícola, ocorreram menores precipitações após a emergência e maiores temperaturas médias do ar em comparação à segunda safra. O aumento da temperatura média, resultou em menor tempo até o pendoamento no primeiro ano, sendo de 47 dias após a emergência, enquanto no segundo ano correu em 52 dias. Na primeira safra devido a ausência de precipitação pluvial durante 10 dias, o solo atingiu umidade inferior a 50% de sua capacidade de campo e tornou-se necessária a irrigação por superfície no dia 26/12/13, utilizou-se uma lâmina irrigação correspondente a 54 mm.

Não houve interação entre as variáveis estudadas, desta forma os resultados serão apresentados separado pelos fatores. No tratamento SD a densidade do solo (Ds) foi menor quando comparado ao tratamento ESC na camada de 0,00 - 0,05 m (Quadro 2). Nessa mesma camada a porosidade total (Pt) foi menor no tratamento ESC quando comparado ao SD. Nas demais camadas os tratamentos foram similares para Ds e Pt na primeira safra. Na segunda safra agrícola o tratamento ESC resultou em menor Ds e maior Pt quando comparado ao tratamento PC e SD na camada 0,05 - 0,10 m. Já na camada de 0,10 - 0,20 m o tratamento ESC teve menor Ds e maior Pt

que o tratamento SD. A Ds nas camadas de 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,2 m no tratamento MI foi menor que o SM, reduzindo de 1,67 para 1,57 $Mg\ m^{-3}$ e de 1,65 para 1,62 $Mg\ m^{-3}$, respectivamente, nas camadas 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m.

No tratamento MI a Pt foi maior em 0,04 e 0,03 $m^3\ m^{-3}$, respectivamente, nas camadas de 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m quando comparado ao SM. A macroporosidade do solo (Ma) no tratamento SD foi maior na camada de 0,00 - 0,05 m em relação ao ESC na primeira safra. Na segunda safra na mesma camada, a Ma do SD e ESC foram maiores que PC. O tratamento ESC proporcionou maior Ma nas camadas 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,30 m nas duas safras. O tratamento MI proporcionou aumento da macroporosidade do solo em 0,04, 0,05 e 0,01 $m^3\ m^{-3}$, respectivamente, nas camadas 0,00 - 0,05, 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m quando comparados ao SM.

Quadro 2 – Densidade do solo, porosidade total do solo, macroporosidade do solo e microporosidade do solo, nas camadas de 0,0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m em manejos de solo em um Planossolo. Safra 2013/14 e safra 2014/15. Santa Maria, RS. 2015.

Camada (m)	Tratamentos						Média	CV(%)		
	Manejo do solo			Microcamalhão ⁽¹⁾						
	Escarificado	Convencional	Semeadura direta	Sem	Com					
Densidade do solo (Mg m ⁻³)										
0,00 - 0,05	1,37 a	1,34 ab	1,30 b	-	-	1,34	1,5			
0,05 - 0,10	1,55 ns	1,51	1,55	-	-	1,54	1,9			
0,10 - 0,20	1,61 ns	1,64	1,64	-	-	1,63	1,1			
0,20 - 0,30	1,60 ns	1,65	1,65	-	-	1,63	1,1			
Porosidade total do solo (m ³ m ⁻³)										
0,00 - 0,05	0,46 b	0,47 ab	0,49 a	-	-	0,47	2,1			
0,05 - 0,10	0,39 ns	0,41	0,39	-	-	0,40	2,9			
0,10 - 0,20	0,37 ns	0,35	0,36	-	-	0,36	2,5			
0,20 - 0,30	0,37 a	0,35 b	0,35 b	-	-	0,36	1,7			
Macroporosidade do solo (m ³ m ⁻³)										
0,00 - 0,05	0,03 b	0,07 a	0,09 a	-	-	0,06	22,2			
0,05 - 0,10	0,04 ns	0,07	0,05	-	-	0,05	24,4			
0,10 - 0,20	0,04 a	0,01 b	0,03 a	-	-	0,03	30,9			
0,20 - 0,30	0,05 a	0,02 b	0,02 b	-	-	0,03	19,5			
Microporosidade do solo (m ³ m ⁻³)										
0,00 - 0,05	0,42 ns	0,40	0,40	-	-	0,41	3,3			
0,05 - 0,10	0,34 ns	0,34	0,34	-	-	0,34	3,1			
0,10 - 0,20	0,32 ns	0,34	0,33	-	-	0,33	4,4			
0,20 - 0,30	0,32 ns	0,33	0,33	-	-	0,33	2,6			
Densidade do solo (Mg m ⁻³)										
0,00 - 0,05	1,39 ns	1,40	1,35	1,40 ns	1,37	1,38	4,4			
0,05 - 0,10	1,52 b	1,66 a	1,67 a	1,67 a	1,57 b	1,61	4,1			
0,10 - 0,20	1,61 b	1,62 b	1,66 a	1,65 a	1,62 b	1,63	1,5			
0,20 - 0,30	1,63 ns	1,64	1,64	1,64 ns	1,63	1,64	0,9			
Porosidade total do solo (m ³ m ⁻³)										
0,00 - 0,05	0,46 ns	0,45	0,47	0,45 ns	0,46	0,46	5,4			
0,05 - 0,10	0,40 a	0,35 b	0,35 b	0,35 b	0,39 a	0,37	7,1			
0,10 - 0,20	0,37 a	0,36 a	0,35 b	0,35 b	0,36 a	0,36	2,7			
0,20 - 0,30	0,36 ns	0,36	0,36	0,36 ns	0,36	0,36	1,8			
Macroporosidade do solo (m ³ m ⁻³)										
0,00 - 0,05	0,12 a	0,09 b	0,13 a	0,09 b	0,13 a	0,11	15,5			
0,05 - 0,10	0,08 a	0,02 b	0,03 b	0,02 b	0,07 a	0,04	44,3			
0,10 - 0,20	0,04 a	0,04 a	0,02 b	0,03 b	0,04 a	0,03	32,1			
0,20 - 0,30	0,03 a	0,02 b	0,02 b	0,02 ns	0,02	0,02	27,6			
Microporosidade do solo (m ³ m ⁻³)										
0,00 - 0,05	0,33 ns	0,35	0,34	0,36 a	0,33 b	0,34	5,0			
0,05 - 0,10	0,32 ns	0,33	0,31	0,32 ns	0,32	0,32	4,3			
0,10 - 0,20	0,32 ns	0,31	0,33	0,33 ns	0,32	0,33	4,4			
0,20 - 0,30	0,33 ns	0,33	0,34	0,33 ns	0,33	0,33	2,3			

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas, para o mesmo fator não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ns Não significativo para nível de 5% probabilidade. ⁽¹⁾ As avaliações nesse fator foram realizadas somente no segundo ano.

A RP foi menor no tratamento ESC na primeira safra agrícola quando comparado aos tratamentos PC e SD em todas camadas (Quadro 3). Na segunda safra o ESC teve menor RP em todas camadas quando comparado a SD e mesmo resultado que PC nas camadas 0,00 - 0,05 e 0,15 - 0,20 m. No segundo ano o tratamento MI reduziu a RP nas camadas 0,00 - 0,05 e 0,05 - 0,10, em relação ao tratamento SM. Nas avaliações realizadas na na segunda safra agrícola (Figura 3), em diferentes umidades, pode-se observar que a ESC resultou em menores RP em todas as umidades avaliadas do que em PC e SD. Em umidades próximas a capacidade de campo, os valores de RP foram menores que 2 MPa em todas camadas e tratamentos.

A avaliação de RP com a menor umidade do solo nas avaliações, resultou na camada de 0,05 - 0,15 m RP maior que 4 MPa nos tratamentos PC e SP, enquanto no ESC foi inferior a 3 MPa. Nas maiores umidades observou-se a menor variação entre as RP dos tratamentos em todas camadas. Na camada de 0,00 - 0,05 m houve pouca variação nos valores de RP com as diferentes umidades do solo nas avaliações.

Quadro 3 - Resistência do solo à penetração mecânica nas camadas de 0,0 - 0,05, 0,05 - 0,10, 0,10 - 0,15 e 0,15 - 0,20, 0,20 - 0,25 e 0,25 - 30 m em manejos de solo em um Planossolo. Safra 2013/14 e Safra 2014/15. Santa Maria, RS. 2015.

Camada (m)	Tratamentos					Média	CV		
	Manejo do solo		Semeadura direta	Microcamalhão					
Escarificado	Convencional	Sem		Com					
----- Mg m ⁻³ -----							(%)		
Safra 2013/14									
0,00 - 0,05	0,6 b	0,9 a	0,9 a	0,8 ns	0,8	0,8	14,0		
0,05 - 0,10	1,2 b	1,9 a	2,1 a	1,7 ns	1,7	1,7	13,8		
0,10 - 0,15	1,5 b	2,5 a	2,6 a	2,2 ns	2,2	2,2	14,9		
0,15 - 0,20	1,7 b	2,5 a	2,6 a	2,3 ns	2,3	2,6	16,4		
0,20 - 0,25	1,8 b	2,3 a	2,5 a	2,1 ns	2,3	2,2	20,1		
0,25 - 0,30	1,8 ns	2,2	2,3	2,2 ns	2,2	2,1	25,7		
Safra 2014/15									
0,00 - 0,05	0,8 b	1,1 ab	1,3 a	1,3 a	0,8 b	1,1	20,6		
0,05 - 0,10	1,9 b	1,9 b	2,6 a	2,7 a	2,0 b	2,3	17,6		
0,10 - 0,15	2,1 b	2,9 a	3,2 a	2,7 ns	2,7	2,7	20,5		
0,15 - 0,20	2,2 b	2,9 ab	3,3 a	2,6 ns	3,0	2,8	24,3		
0,20 - 0,25	2,1 b	2,8 a	3,0 a	2,5 ns	2,7	2,6	19,8		
0,25 - 0,30	1,8 b	2,6 a	2,7 a	2,3 ns	2,4	2,4	16,6		

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas, para o mesmo fator não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

ns Não significativo para nível de 5% probabilidade.

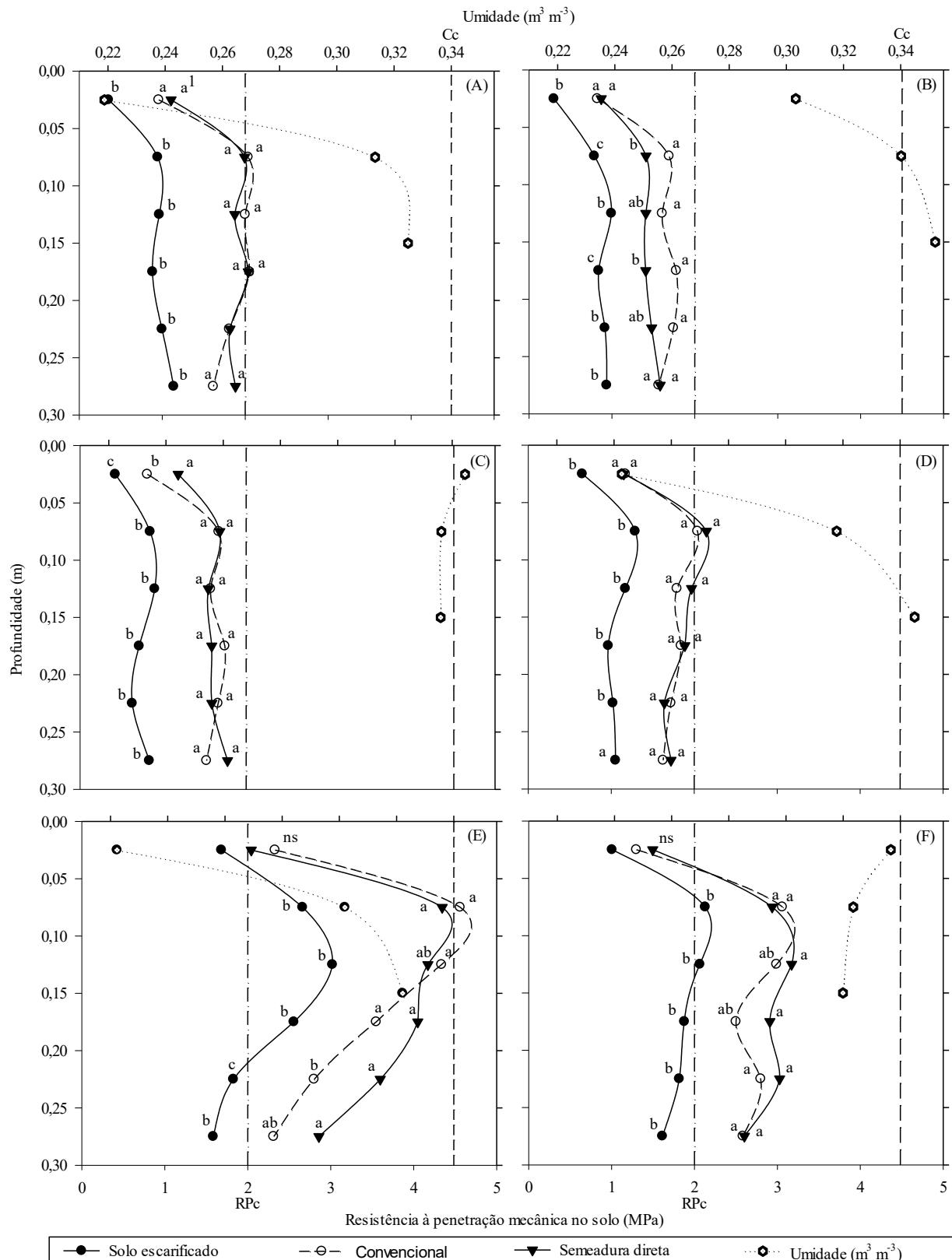


Figura 3 - Resistência do solo à penetração mecânica, nas camadas 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15, 0,15-0,20, 0,20-0,25, 0,25-0,30, e umidade volumétrica nas camadas 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, nos dias 27/11/14 (A), 04/12/14 (B), 19/12/14 (C), 26/12/14 (D), 06/02/15 (E), 09/03/15 (F). ⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si (Tukey: $p \leq 0,05$). ^{ns} Não significativo para nível de 5% probabilidade. Umidade volumétrica do solo na capacidade de campo (Cc) e resistência do solo à penetração mecânica crítica (RPc).

Nas cinco avaliações realizadas na segunda safra agrícola de umidade volumétrica estava próxima à capacidade de campo (Figura 3). O espaço aéreo nas avaliações foi maior nas camadas 0,00 - 0,05 e 0,05 - 0,10 m no tratamento ESC em comparação ao tratamento PC, com exceção a avaliação realizada no dia 18/12/14 (Figura 3 D) onde ocorreu precipitação de 29 mm no dia anterior. O espaço aéreo foi maior no tratamento PD na camada 0,00 - 0,05 m em comparação ao PC em 4 avaliações, porém na camada logo abaixo foi inferior a este mesmo tratamento.

O tratamento ESC apresentou maior estatura, massa seca, área foliar e produtividade de grãos em relação a PC nas duas safras (Quadro 3). Na primeira safra agrícola a estatura, massa seca de planta e a produtividade de grãos foram similar no tratamento PC e PD enquanto na segunda safra foi maior o número de espigas por m^2 , estatura em VT e produtividade de grãos no PD que no PC. As variáveis estatura em VT, a área foliar, altura de inserção da primeira espiga e a produtividade de grãos foram maiores no tratamento MI, sendo a produtividade maior em 12% quando comparado ao tratamento SM. Em relação as safras agrícolas, para a maioria das variáveis da planta pode-se observar melhores resultados. Destaca-se a produtividade de grãos que foi superior em $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ na safra 2014/15 em comparação a safra anterior.

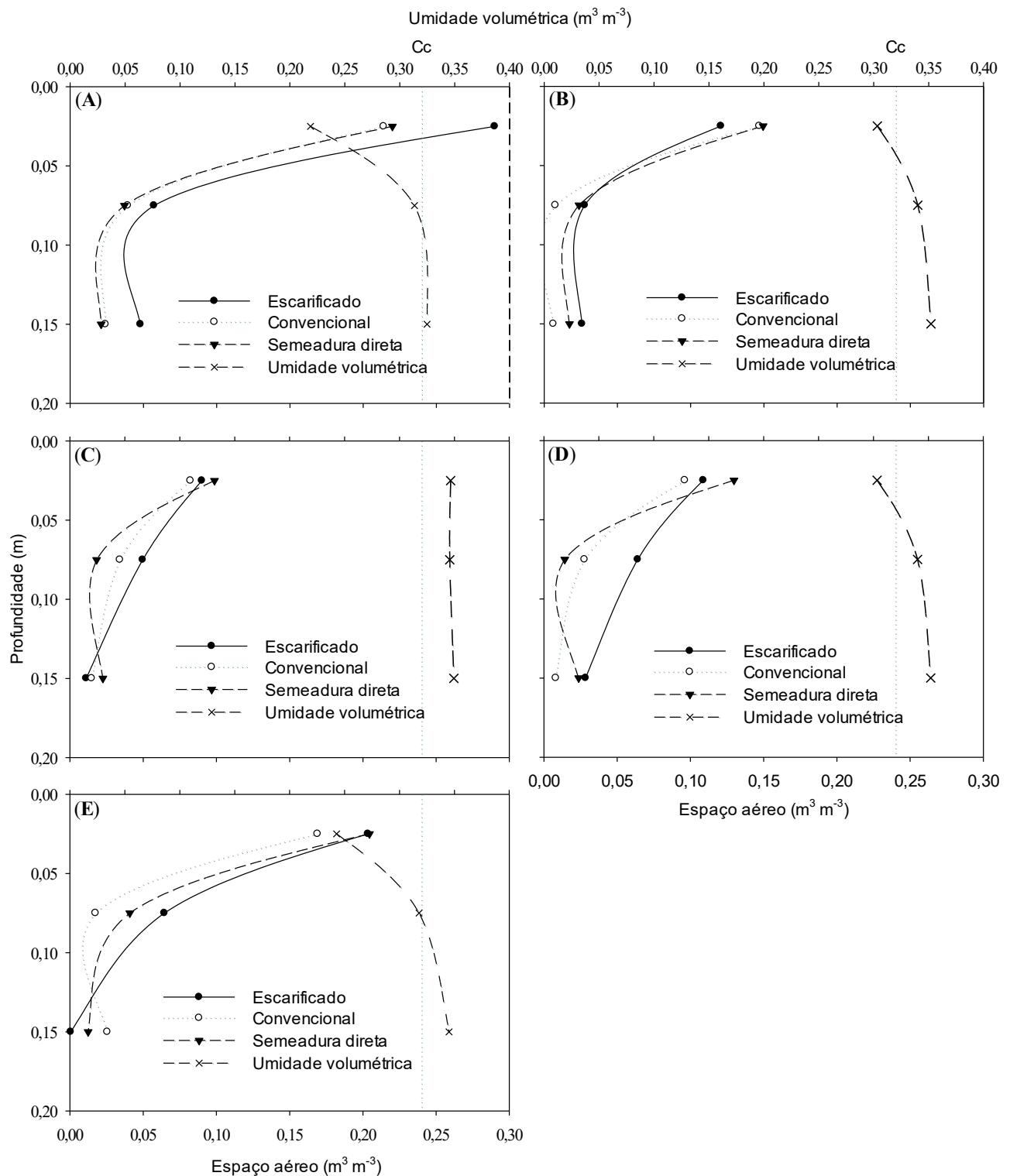


Figura 4 - Espaço aéreo e umidade volumétrica do solo nas camadas de 0,0 - 0,05, 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m, em avaliações semanais posteriores a semeadura nos dias 27/11/14 (A), 04/12/14 (B), 11/12/14 (C), 18/12/14 (D) e 26/12/14 (E). ⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si (Tukey: $p \leq 0,05$). Umidade volumétrica do solo na capacidade de campo (Cc) e resistência do solo à penetração mecânica crítica (Rp). Santa Maria, RS. 2015.

Quadro 4 - Estatura e massa seca da parte aérea em V5 e VT, área foliar, número de espigas, altura de inserção da primeira espiga, número de grãos por espiga e produtividade de grãos de milho em diferentes manejos de preparo do solo em um Planossolo. Safra 2013/14 e safra 2014/15 Santa Maria, RS. 2015.

Tratamentos	Estatura		Massa seca		Área foliar	Espigas (nº m ⁻²)	Inserção 1 ^a espiga (metros)	Grãos por espiga (número)	Produtividade de grãos (Mg ha ⁻¹)					
	V5	VT	V5	VT										
(metros) (gramas) (cm ²) (nº m ⁻²) (metros) (número) (Mg ha ⁻¹)														
Safra 2013/14														
Manejo solo														
Escarificado	0,96 a ⁽¹⁾	2,29 a	15 a	98 a	6267 a	7,5 ns	1,40 a	364 a	9,0 a					
Convencional	0,87 b	1,94 b	13 b	76 b	5215 b	7,4	1,29 b	327 b	8,0 b					
Semeadura direta	0,85 b	2,01 b	12 b	85 ab	5716 ab	7,6	1,30 b	346 ab	8,8 ab					
Microcamalhão														
Sem	0,91 ns	2,03 b	13 ns	91 ns	5487 ns	7,6 ns	1,32 ns	336 ns	8,5 ns					
Com	0,88	2,13 a	13	94	5978	7,4	1,33	355	8,7					
Média	0,90	2,08	13,1	93	5733	7,5	1,33	346	8,6					
CV(%)	4,39	4,4	12,1	10,1	9,9	4,8	3,5	6,2	7,5					
Safra 2014/15														
Manejo solo														
Escarificado	1,11 a	2,17 a	13 a	103 a	6806 a	8,1 a	1,12 a	441 a	12,3 a					
Convencional	0,94 b	1,96 c	9 b	79 b	5099 c	7,4 b	1,04 b	375 b	10,0 c					
Semeadura direta	0,98 b	2,08 b	10 ab	86 b	5756 b	8,0 a	1,05 b	399 ab	11,1 b					
Microcamalhão														
Sem	0,99 ns	2,04 b	11 ns	85 b	5799 b	7,8 ns	1,03 b	394 ns	10,5 b					
Com	1,03	2,10 a	11	94 a	5975 a	7,9	1,12 a	415 ns	11,8 a					
Média	1,01	2,07	11	60	5887	7,8	1,08	405	11,1					
CV(%)	9,0	3,2	19,9	14,2	8,1	3,9	6,3	8,7	7,0					

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si (Tukey: $p \leq 0,05$)^{ns} Não significativo para nível de 5% probabilidade. V5 - Estádio de desenvolvimento do milho com cinco folhas e VT – Estádio de pendoamento do milho.

DISCUSSÃO

As Ds médias maiores que 1,6 Mg m⁻³ foram encontradas nas camadas 0,05 - 0,10, 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,30 m, resultando numa Pt de 0,36 m³ m⁻³. Esses resultados podem ser explicados pelo baixo teor de argila no solo, que proporciona uma densidade natural elevada (MARCOLIN & KLEIN, 2011). Além disso, os preparos consecutivos do solo para cultivo do arroz irrigado, muitas

vezes ocorrem em condições de elevada umidade do solo, favorecem o processo de compactação dos mesmos (MORAES et al., 2013) e, assim, eleva a Ds e, consequentemente, reduz a Pt.

A menor Ds e maior Pt na camada mais superficial do solo (0,00 – 0,05 m) é resultante do maior teor de material orgânico, de atividade biológica e ciclos de umedecimento e secagem, pois esses processos favorecem a agregação do solo que, consequentemente, reduz a Ds (SIX et al., 2004). Neste sentido, a maior Ds encontrada no tratamento semeadura direta na camada 0,05 - 0,10 m, em comparação ao tratamento escarificado e convencional, sendo resultante da ausência de preparo do solo nesse tratamento. Desta forma, o manejo convencional adotado para a cultura do arroz irrigado, embora propicie descompactação até a profundidade de 0,7 m (MUNARETO et al., 2010), ao longo dos anos favorece uma compactação na camada subjacente ao preparo do solo (BAMBERG et al., 2009).

A maior Ma na camada superficial do solo no tratamento SD, em relação aos demais manejos é resultado de melhorias na estrutura do solo nessa camada, causadas pelo material orgânico e raízes provenientes da cultura da soja e azevém nas entressafras e safra agrícola anterior. Esse cultivo anterior favoreceu as atividades biológicas do solo, que favorecem a agregação do solo, que segundo Six et al. (2004) resulta em maior Ma, facilitando a drenagem e aumentando a quantidade de ar no solo. O aumento da Ma no tratamento ESC, proporcionou uma diminuição na relação macros/microporos, melhorando desta forma a drenagem e favorecendo uma melhor condição de aeração para as raízes em maiores profundidades.

A redução de Ds na camada de 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m, resultou em incremento da Pt nessas camadas no tratamento MI, quando comparado ao SM. A Ma foi a variável constituinte da Pt que mais se alterou, nesse tratamento, a partir da redução de Ds, pois teve um incremento médio de $0,03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, em média na camada de 0,00 - 0,20 m. Embora esse valor pareça modesto, em termos porcentuais, significa um incremento de 170% pois se trata de um solo com baixa Ma. Dessa forma, a semeadura com microcamalhão além de maximizar a drenagem superficial, devido à elevação em relação ao nível original do solo, reduz a Ds e aumenta a Ma.

O aumento na Ma favorece a drenagem e a oxigenação de raízes, apontado como limitante por Fiorin et al. (2009), para cultivo da cultura de milho em Planossolos. Segundo Drewry et al. (2008), uma macroporosidade do solo inferior a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ reduz a produtividade de gramíneas, assim, os valores encontrados no experimento ocasionaram restrições ao desenvolvimento da cultura na fase inicial da cultura nessa segunda safra agrícola.

Os maiores valores de espaço aéreo encontrados para os tratamentos ESC e SD são resultantes da maior Ma, onde auxilia na drenagem de água para camadas mais profundas. A

umidade próxima à capacidade de campo indica que a cultura esteve em condições de estresse por falta de aeração do solo. Espaço aéreo menor que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ é limitante ao desenvolvimento de gramíneas (DREWRY et al., 2008) e, nas cinco avaliações realizadas, somente na camada mais superficial essa condição foi atendida. Dessa forma, houveram momentos de aeração do solo abaixo do ideal nas camadas mais profundas em todos os tratamentos, e possivelmente o solo se encontrava com baixo teor de oxigênio dissolvido no solo.

Pode-se observar que o tratamento PD e a ESC, por terem maior macroporosidade na camada superficial, resultaram em maiores valores de espaço aéreo, podendo favorecer o desenvolvimento radicular nessa camada. O espaço aéreo reduzido é um fator contribuinte para que haja rápida saturação do solo e, como os Planossolos apresentam pouca drenagem natural (PINTO et al., 2004; EMBRAPA, 2013), uma precipitação de 15 mm seria suficiente para a saturação hídrica do solo, nas avaliações realizadas.

A variação de RP com a diminuição da umidade do solo encontrada nesse trabalho, corrobora com resultados de Reichert et al. (2009), onde, em umidade próxima a $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, encontraram RP inferior a 1,5 MPa e, em umidades próximas a $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, RP de 3 MPa. Na literatura, valores de RP superiores a 2 MPa são caracterizados como restritivos ao desenvolvimento radicular das plantas (REICHERT et al., 2009; COLLARES et al., 2011). Essa variável é muito dependente do teor de umidade do solo (BENGOUGH, et al., 2006; ASSIS et al, 2009), sendo assim, a água age como lubrificante, reduzindo o atrito entre as partículas do solo (ASSIS et al., 2009) e diminuindo a RP.

As consequências de altos valores de RP para a planta são dependentes do estádio de desenvolvimento da cultura do milho e do tempo em que a planta fica submetida a esse estresse (BENGOUGH, et al., 2006). Desta forma, as plantas nos tratamentos ESC e MI, tiveram por um menor período de limitação ao desenvolvimento das raízes. A menor variação de RP em todos os tratamentos, em umidades menores na camada 0,00 - 0,05 está relacionada com a menor Ds, maior Pt e Ma nessa camada, condições essas, que favorecem uma menor variação da RP com variações de umidade.

A maior produtividade de grãos e os melhores resultados das demais variáveis da cultura do milho nos tratamentos ESC e MI são resultantes da maior Ma, proveniente da ruptura de camadas mais adensadas do solo, que também reduziu a RP e aumentou o espaço aéreo do solo. Segundo Bengough et al., (2006), o tempo em que a planta fica sob estresse é determinante na restrição ao desenvolvimento. Dessa forma, a ESC e MI proporcionaram menores períodos de estresses para as raízes da cultura.

Nos tratamentos ESC e MI a drenagem foi facilitada, com isso, houve aumento de quantidade de ar no solo, favorecendo a respiração das raízes, pois a pouca aeração do solo reduz a produtividade das culturas (DREWRY et al., 2008). Corroborando com os resultados encontrados, em condições de excesso hídrico, por falta de espaço aéreo, Fiorin et al. (2009), verificaram menores produções de massa fresca e massa seca de milho, cultivado em Planossolo em situações de excesso hídrico.

O incremento de 10% na produtividade de grãos no tratamento PD em relação ao PC está relacionado ao aumento da Ma na camada superficial, incremento de bioporos e manutenção de agregados (BEUTLER et al., 2014). Além disso, ciclagem de nutrientes do azevém, pela ausência de incorporação do material orgânico, pode ter contribuído para melhor aproveitamento dos nutrientes dessa cultura pelo milho. A incorporação do material orgânico aumenta a exposição do material orgânico aos microrganismos do solo, sendo a liberação dos nutrientes mais rápida, acarretando em perdas, já que na fase inicial a planta tem menor absorção de nutrientes. Corroborando com esse resultado de maior produtividade de grãos na SD, Vernetti et al. (2009) também verificaram incremento de produtividade de grãos em semeadura direta na cultura do milho, quando comparado com o preparo convencional antes da semeadura.

Com relação a segunda safra agrícola, houve maiores precipitações após a emergência das plântulas, sendo que no tratamento MI a produtividade foi maior que SM. Os resultados encontrados sugerem que a semeadura sobre microcamalhão é uma prática mais segura para a cultura do milho nessas áreas, principalmente em anos de maiores precipitações. Além de favorecer melhores condições físicas do solo e facilitar a drenagem, a semeadura sobre microcamalhão pode viabilizar a irrigação por sulcos, nessas áreas com sistemas de irrigação já instalados para a irrigação por superfície na cultura do arroz. Porém a semeadura sobre microcamalhão além de maior consumo de combustível no momento da semeadura, é mais lenta e esse é o principal entrave para adoção dessa prática pelos produtores. A construção dos microcamalhões na entressafra e a semeadura sobre estes na época recomendada seria uma boa alternativa a esse problema.

A melhor distribuição da precipitação pluvial na fase inicial e no período que antecede e sucede o pendoamento na segunda safra favoreceram a maior produtividade de grãos. Corroborando com esses resultados, Bergamaschi et al. (2006) sugerem que a fase de pendoamento do milho é a mais sensível ao déficit hídrico. Outra variável climática que influenciou essa maior produtividade de grãos, foi a temperatura média do ar no momento do pendoamento, onde na primeira safra foi maior, e pode causar problemas de polinização e redução no número de grão por espiga.

Somando-se as condições meteorológicas, as características químicas do solo na segunda safra, como a menor acidez potencial, ausência de saturação por alumínio e pH e CTC efetiva maiores, em comparação ao primeiro ano, também tiveram influência na produtividade de grãos. Além disso, a adubação realizada para uma maior expectativa de produtividade no segundo ano contribuiu para que a produtividade de grãos tenha sido superior.

De forma geral, as maiores produtividades de grãos foram observadas nos tratamentos com menor RP, maior Ma e espaço aéreo na região do sistema radicular. Devido a essas características encontradas nos tratamentos, a cultura esteve submetida a menores restrições ocasionadas por estresses hídricos, reduzindo o período com baixo teor de oxigênio. Com os resultados encontrados, pode-se dizer que a cultura do milho é viável para as áreas em rotação a cultura do arroz irrigado. Além das melhorias nos parâmetros físicos do solo, deve haver um sistema eficiente de drenagem superficial para que ocorra a drenagem da água livre das precipitações na área de cultivo. Além disso a possibilidade de irrigação deve ser levada em consideração ao decidir implantar a cultura do milho em áreas de terras baixas.

CONCLUSÕES

448 Semeaduras em solo escarificado e sobre microcamalhão proporcionam maior
449 produtividade de grãos de milho em Planossolo quando comparados, respectivamente, a semeadura
450 convencional e sem microcamalhão.

451 A escarificação do solo aumenta a macroporosidade do solo até a profundidade de trabalho
452 e reduz a resistência à penetração mecânica em Planossolo em relação ao preparo convencional e
453 semeadura direta.

454 Sobre o microcamalhão o solo tem menor densidade e resistência do solo à penetração
455 mecânica e maior macroporosidade

456 O aumento da macroporosidade e do espaço aéreo do solo refletem-se em maior
457 produtividade de grãos de milho em Planossolo cultivado com arroz irrigado.

REFERÊNCIAS

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JL. de M, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 2013; 22:711-728.
- Andres A, Ávila LA de, Marchezan E, Menezes VG. Rotação de culturas e pousio do solo na redução do banco de sementes de arroz vermelho em solo de várzea. *Revista Brasileira de Agrociência*. 2001; 7:85-88.
- Assis RL de, Lazarin GD, Lancas KP, Cargnelutti Filho A. Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. *Engenharia Agrícola*. 2009;29:558-568.
- Bamberg AL, Pauletto EA, Gomes AS, Timm LC, Pinto LFS, Lima ACR, Silva TR. Densidade de um Planossolo sob sistemas de cultivo avaliada por meio da tomografia computadorizada de raios gama. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2009; 33:1079-1086.
- Bengough AG, Bransby MF, Hans J, Mckenna SJ, Roberts TJ, Valentine TA. Root responses to soil physical conditions; growth dynamics from field to cell. *Journal of Experimental Botany*. 2006; 57:437-447.
- Bergamaschi H, Dalmago GA, Comiran F, Bergonci JI, Müller A, França GS, Santos AO, Radin B, bianchi CAM, Pereira PG. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. *Pesq. Agropec. Bras.* 2006; 41:243-249.
- Beutler AN, Munareto JD, Greco AMF, Pozzebon BC, Galon L, Guimarães S, Burg G, Schmidt MR, Deak EA, Giacomeli R, Alves GS. Manejo do solo, palha residual e produtividade de arroz irrigado por inundação. *Semina: Ciências Agrárias*. 2014; 35:1153-1162.
- Beutler AN, Munareto JD, Ramão CJ, Galon L, Dias NP, Pozzebon BC, Rodrigues LAT, Munareto GS, Giacomeli R, Ramos PV. Propriedades físicas do solo e produtividade de Arroz irrigado em diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*. 2012; 36:1601-1607.
- Colet MJ, Sverzut CB, Neto PHW, Souza ZM. Alteração em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. *Ciência Agrotécnica*. 2009; 33:361-368.
- Collares GL, Reinert DJ, Reichert JM, Kaiser DR. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura: pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*. 2011; 41:246-250.
- Companhia Nacional de abastecimento – CONAB. Série histórica de área plantada. [internet]. Brasília, DF: Companhia Nacional de abastecimento; 2015 [acesso em 10 set 2015]. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>

- Donagema GK, Campos DVB de, Calderano SB, Teixeira WG, Viana JHM (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- Drescher MS, Eltz FLF, Denardin JE, Faganello A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2011; 35:1713-1722.
- Drewry JJ, Cameron KC, Buchan GD. Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing - a review. *Australian Journal of Soil Research*. 2008; 46:237-256.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa; 2013a.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul – Safras 2013/2014 e 2014/2015. Brasília: Embrapa; 2013b.
- Fiorin TT, Spohr RB, Carlesso R, Michelon CJ, Santa CD, David GD. Produção de silagem de milho sobre camalhões em solos de várzea. *Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia*. 2009; 2:147-153.
- Galon L, Panozzo LE, Noldin JA, Concenço G, Tarouco CP, Ferreira EA, Agostinetto D, Silva AA, Ferreira FA. Resistência de *Cyperus difformis* a herbicidas inibidores da ALS em lavoura de arroz irrigado em Santa Catarina. *Planta daninha*. 2008; 26:419-427.
- Marcolin CD, Klein VA. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. *Acta Scientiarum Agronomy*. 2011; 33:349-354.
- Matzenbacher FO, Kalsing A, Meneze VG, Barcelos JAN, Merotto Junior A. Rapid diagnosis of resistance to imidazolinone herbicides in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and control of resistant biotypes with alternative herbicides. *Planta daninha*. 2013; 31:645-656.
- Moraes MT, Debiasi H, Franchini JC, Silva VR. Soil penetration resistance in a rhodic eutrudeox affected by machinery traffic and soil water content. *Engenharia Agrícola*. 2013; 33:748-757.
- Munareto, JD, Beutler, NA, Ramão, CJ, Dias NP, Ramos P.V, Pozzebon BC, Alberto CM, Hernandes GC. Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado por inundação no sistema plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*. 2010; 45:1499-1506.
- Ortigara C, Koppe E, Luz FB da, Bertollo AM, Kaiser DR, Silva VR da. Uso do solo e propriedades físico-mecânicas de latossolo vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2014; 38:619-626.

- Pinto LFS, Neto LAJ, Pauletto EA. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: Gomes A da S e Magalhães Jr AM. Editores técnicos. Arroz irrigado no sul do Brasil. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2004. p.75-95.
- Reichert JM, Kaiser DR, Reinert DJ, Riquelme UFB. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2009; 44:310-319.
- Ritchie SW, Hanway JJ, Benson GO. How a Corn Plant Develops, Special Report nº 48, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, 1993.
- Roso AC, Merotto Jr A, Delatorre CA. Bioensaios para diagnóstico da resistência aos herbicidas imidazolinonas em arroz. Planta daninha. 2010; 28:411-419.
- Sangui L, Schmitt A, Zanin CG. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de planta. Revista Brasileira de Milho e Sorgo. 2007; 6:263-271.
- Schaedler CE, Noldin JA, Eberhardt DS, Agostinetto D, Burgos NR. Globe fringerush (*Fimbristylis miliacea*) cross resistance to als-inhibitor herbicides under field conditions in irrigated rice in the south of Brazil. Planta Daninha. 2013; 31:893-902.
- Six J, Bossuyt H, Degryze S, Denef K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil and Tillage Research. 2004; 79:7-31.
- Theisen G, Vernetto Junior FJ, Andres A, Silva JJC da. Manejo da cultura da soja em terras baixas em safras com El-Niño. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; 2009.
- Vernetto Jr F de J, Gomes A da S, Schuch LOB. Sucessão de culturas em solos de várzea implantadas nos sistemas plantio direto e convencional. Revista Brasileira Agrociência. 2009; 15:37-42.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo de milho em áreas de terras baixas é viável, atingido produtividades de grãos superiores à média histórica do estado do Rio Grande do Sul. No entanto, o conhecimento das limitações físicas desses solos é de extrema importância, visando evitar frustrações durante a safra agrícola, visto que as maiores produtividades de grãos foram observadas nos tratamentos com menores densidade do solo e resistência do solo à penetração mecânica, maior espaço aéreo e macroporosidade na região do sistema radicular, proporcionando, assim, maior profundidade e melhor distribuição do sistema radicular.

O aumento de porosidade acelerou a drenagem de água no solo e reduziu o período com baixo teor de oxigênio, causado pelo menor espaço aéreo na região das raízes. Além das melhorias dos parâmetros físicos do solo, para implantação da cultura do milho, o sistema de drenagem superficial deve ser eficiente o suficiente para que a água livre das precipitações seja drenada o mais rápido possível da área.

As melhores alternativas para cultivo da cultura do milho em áreas de arroz irrigado, dentre as estudadas nesse trabalho, está a escarificação do solo, semeadura direta com haste sulcadora e semeadura sobre microcamalhão. A escolha do produtor por qual forma de implantação de milho deverá ser feita conforme suas possibilidades e condições da área. Em áreas com declividade ou bem drenadas, a utilização da haste sulcadora a 0,18 m na semeadura, torna-se viável, pois demanda menores gastos operacionais. A escarificação é uma operação onerosa, que pode ser uma alternativa em áreas onde será cultivada mais de uma safra agrícola, com culturas em rotação ao arroz irrigado, visando que os efeitos benéficos dessa operação no solo permaneçam por mais tempo. Deve-se avaliar melhor a massa das semeadoras e o trabalho efetuado pelos mecanismos sulcadores. Pesquisas neste sentido podem contribuir para ampliar o conhecimento do efeito de mecanismos como por exemplo o disco ondulado com diferentes números de ondas e a profundidade da haste sulcadora.

Com relação à semeadura de milho sobre microcamalhão, torna-se a forma de implantação com menores riscos à cultura pois, além de facilitar a drenagem da área, melhora os parâmetros físicos do solo no ambiente radicular e viabiliza a irrigação por sulcos, caso necessário, visto que o sistema de irrigação por superfície para a cultura do arroz encontra-se estruturado nessas áreas.

ANEXOS

Anexo A - Normas para submissão de artigo I na revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.



Pesquisa Agropecuária Brasileira
ISSN 1678-3921

CAPAS SOBRE ACESSO CADASTRO PESQUISA ATUAL
ANTERIORES NOTÍCIAS

[Capa](#) > [Sobre a revista](#) > [Submissões](#)

Submissões

» [Submissões Online](#)
» [Diretrizes para Autores](#)
» [Política de Privacidade](#)

Submissões Online

Já possui um login/senha de acesso à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira?
[ACESSO](#)

Não tem login/senha?
[ACESSE A PÁGINA DE CADASTRO](#)

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso.

Diretrizes para Autores

Escopo e política editorial

A revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) é uma publicação mensal da Embrapa, que edita e publica trabalhos técnico-científicos originais, em português, espanhol ou inglês, resultantes de pesquisas de interesse agropecuário. A principal forma de contribuição é o Artigo, mas a PAB também publica Notas Científicas e Revisões a convite do Editor.

Análise dos artigos

A Comissão Editorial faz a análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como escopo, apresentação do artigo segundo as normas da revista, formulação do objetivo de forma clara, clareza da redação, fundamentação teórica, atualização da revisão da literatura, coerência e precisão da metodologia, resultados com contribuição significativa, discussão dos fatos observados em relação aos descritos na literatura, qualidade das tabelas e figuras, originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassa a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério é aplicado somente aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

Forma e preparação de manuscritos

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos (não terem dados – tabelas e figuras – publicadas parcial ou integralmente em nenhum outro veículo de divulgação técnico-científica, como boletins institucionais, anais de eventos, comunicados técnicos, notas científicas etc.) e não podem ter sido encaminhados simultaneamente a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

OPEN JOURNAL SYSTEMS
[Ajuda do sistema](#)

USUÁRIO
Login
Senha
 Lembrar usuário

IDIOMA

CONTEÚDO DA REVISTA
Pesquisa

Procurar
• [Por Edição](#)
• [Por Autor](#)
• [Por título](#)

TAMANHO DE FONTE

INFORMAÇÕES
• [Para leitores](#)
• [Para Autores](#)
• [Para Bibliotecários](#)

Anexo B - Normas para submissão de artigo II na Revista Brasileira de Ciência do Solo.



Instruções aos autores

ESCOPO E POLÍTICA EDITORIAL

A **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (R. Bras. Ci. Solo) é um periódico editado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) para divulgar contribuições originais e significativas sobre os novos conhecimentos nas seguintes áreas: Solo no Espaço e no Tempo (Gênese e Morfologia do solo; Levantamento e Classificação do solo; Pedometria), Processos e Propriedades do Solo (Biologia; Física; Mineralogia e Química do solo), Uso e Manejo do solo (Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas; Corretivos e Fertilizantes; Manejo e Conservação do solo e da água; Planejamento de Uso da Terra, Poluição; Remediação do solo e Recuperação de áreas degradadas) e Solo, Ambiente e Sociedade (Educação em solos e Percepção pública do solo; Solos e Segurança alimentar; História, Epistemologia e Sociologia da Ciência do solo). A R. Bras. Ci. Solo publica artigos científicos, notas científicas, revisões de literatura e cartas ao Editor.

O manuscrito submetido à publicação é, inicialmente, avaliado pelo Editor Técnico quanto ao escopo, à adequação às normas da revista e à qualidade de quadros e figuras. Se for julgado adequado o Editor designa um Editor Assistente da área pertinente e o manuscrito é encaminhado a três revisores especialistas da área. Com base nos pareceres de pelo menos dois revisores e sua própria análise, o Editor Assistente recomenda o aceite ou a rejeição do manuscrito. Compete ao Editor Chefe coordenar as atividades dos Editores Assistentes e revisores e manter um canal de comunicação com os autores. Durante todo o processo é preservada a identidade do Editor Assistente, Revisores e Autores.

Não são aceitos pedidos de reconsideração de pareceres não favoráveis à publicação, nem a solicitação de avaliação por outros Revisores e Editor Assistente.

O artigo publicado torna-se propriedade da R. Bras. Ci. Solo e será disponibilizado com acesso livre e irrestrito nos sites: SBCS (www.sbc.org.br), SciElo (www.scielo.br) e Redalyc (www.redalyc.org) ou em outras bases de dados que a R. Bras. Ci. Solo seja futuramente indexada. Permite-se a reprodução total ou parcial dos trabalhos, desde que indicada explicitamente a fonte.

Os conceitos emitidos nos artigos, notas, revisões ou cartas são de exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do Corpo Editorial da R. Bras. Ci. Solo ou da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

INFORMAÇÕES GERAIS

Tipos de manuscritos

Aceitam-se manuscritos escritos em português ou inglês, redigidos seguindo as normas para redação de trabalhos científicos e que não foram submetidos ou publicados em outra revista, conforme declarado pelos autores. Excetuam-se aqueles cujo conteúdo tenha sido apresentado em congressos na forma de resumo ou resumo expandido. Para manuscritos em inglês, recomenda-se que o texto seja revisado por profissional fluente em inglês e familiarizado com terminologia e textos científicos.