

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
AGR99006 - DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Andrei Jose Marafon**

**180261**

*Agricultura Conservacionista no Planalto médio do Rio Grande  
do Sul*

Porto Alegre, setembro de 2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**AGR 99006 – DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Andrei Jose Marafon**

**180261**

**Agricultura Conservacionista no Planalto médio do Rio Grande do Sul**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do Grau de Engenheiro Agrônomo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de Campo do Estágio: Eng. Agr. Dr. José Eloir Denardin

Orientador Acadêmico do Estágio: Eng. Agr. Dr. Christian Bredemeier

**COMISSÃO DE AVALIAÇÃO:**

Prof<sup>ª</sup>. Renata Pereira da Cruz    Depto. de Plantas de Lavoura (Coordenadora)

Prof<sup>ª</sup>. Beatriz Maria Fedrizzi    Depto. de Horticultura e Silvicultura

Prof. Carlos Ricardo Trein    Depto. de Solos

Prof. Fábio Kessler Dal Soglio    Depto. de Fitossanidade

Prof<sup>ª</sup>. Lucia Brandão Franke    Depto. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia

Prof<sup>ª</sup>. Mari Lourdes Bernardi    Depto. de Zootecnia

Porto Alegre, setembro de 2015

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e à Faculdade de Agronomia, pela excelente formação, teórica e prática.

Ao Engenheiro Agrônomo Dr. José Eloir Denardin, por estar sempre disposto a escutar e a debater as dúvidas que surgiram no decorrer do estágio, sempre com muita paciência e sabedoria.

Ao meu orientador acadêmico de estágio, Prof. Dr. Christian Bredemeier pelo acompanhamento constante no decorrer do trabalho.

À equipe da Embrapa Trigo, que sempre esteve pronta para ajudar em qualquer tarefa que fosse necessária realizar e, em especial, à estagiária Tainara Dallasta.

À minha família, pelo apoio incondicional durante toda esta longa caminhada.

## **RESUMO**

O Trabalho de Conclusão de Curso foi realizado com base nas atividades desenvolvidas durante o estágio curricular obrigatório, em especial, com base em um experimento que acompanhei durante o período do estágio. O mesmo foi realizado durante o período de 05 de janeiro a 06 de março de 2015, na Embrapa Trigo. As atividades foram realizadas na região de Passo Fundo, RS, com o objetivo de observar de que modo os preceitos da agricultura conservacionista podem contribuir na sustentabilidade e rentabilidade das lavouras na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Durante o período do estágio acompanhei a condução de um experimento na área de manejo e conservação do solo, além de acompanhar algumas visitas que foram feitas a propriedades que adotam o sistema de agricultura conservacionista. Os resultados demonstram que a adoção deste sistema é fundamental para a manutenção da viabilidade econômica e ambiental das propriedades rurais.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Município de Passo Fundo, RS .....	8
Figura 2 - Raízes de soja em um solo compactado.....	13
Figura 3 - Procedimento de coleta e lavagem de raízes de milho .....	19
Figura 4 - Coleta do solo com estrutura preservada .....	20
Figura 5 - Terraço de Base Larga na Fazenda Falcão .....	222
Figura 6 - Colheita de milho e plantio de nabo na granja Vânia .....	234
Figura 7 - Construção de terraço de base larga na Empra Trigo .....	245

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E SOCIOECONÔMICO DA REGIÃO ONDE O ESTÁGIO FOI REALIZADO</b> .....	<b>8</b>
2.1. Caracterização socioeconômica .....	8
2.2. Caracterização do solo.....	9
2.3. Caracterização do clima e vegetação.....	9
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa Trigo</b> .....	Erro! Indicador não definido.
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO SOBRE PLANTIO DIRETO E COMPACTAÇÃO DO SOLO</b>	<b>10</b>
4.1. As falhas no processo de adoção do sistema plantio direto .....	11
4.2. Compactação do solo no atual sistema plantio direto e sua influência no sistema radicular das culturas .....	133
<b>5. ATIVIDADES REALIZADAS</b> .....	<b>16</b>
5.1. Condução de experimento á campo .....	16
5.2. Objetivo.....	16
5.3. Hipótese.....	16
5.4. Material e métodos .....	17
5.5. Resultados e discussão .....	20
5.6. Conclusão .....	21
<b>6. VISITAS A PROPRIEDADES COM AGRICULTURA CONSERVACIONISTA</b> .....	<b>211</b>
6.1. Visita à fazenda falcão .....	211
6.2. Visita à Granja Vânia .....	233
6.3. Construção de terraços .....	Erro! Indicador não definido.4
<b>7. DISCUSSÃO</b> .....	Erro! Indicador não definido.5
7.1. Fatores limitantes do desenvolvimento radicular, prejuízos causados e modos de manejar o problema.....	255
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	Erro! Indicador não definido.7
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	Erro! Indicador não definido.8

## 1. INTRODUÇÃO

A economia brasileira está baseada na produção agrícola. Em 2013, foi creditado ao agronegócio brasileiro 22,6% do PIB do Brasil, ou seja, o equivalente a aproximadamente 917.654 milhões de reais (CEPEA-USP/CNA, 2013). Em 2014, o somatório nacional da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas totalizou 193,6 milhões de toneladas. O arroz, o milho e a soja são os três principais produtos deste grupo, que somados representaram 91,2% da estimativa da produção e responderam por 85,1% da área a ser colhida (IBGE, 2013), equivalente a 48,8 milhões de hectares, dos quais, mais de 30 milhões são manejados sob o sistema plantio direto, 38,6% desta produção tem origem na região Sul e 15,8% no Rio Grande do Sul, onde a maior parte das áreas encontram-se sob plantio direto (FEBRAPDP, 2013).

A agricultura é a base de sustentação da economia brasileira, produz riquezas e gera milhões de empregos, tanto diretos quanto indiretos. No entanto, toda esta robustez pode entrar em risco, se os nossos solos não forem manejados de forma sustentável. O sistema de manejo do solo exerce forte influência na estrutura, estando ligado diretamente ao problema de compactação do solo.

Atualmente, são cultivados no Brasil cerca de 30 milhões de hectares sob plantio direto (CERVI, 2003). Este sistema, quando manejado corretamente, traz benefícios econômicos e ambientais para o país. Entretanto, os solos sob plantio direto tem apresentado um problema generalizado de compactação.

O estágio foi realizado no período de 05 de janeiro a 06 de março de 2015, completando um total de 300 horas. Neste relatório, serão discutidos assuntos relacionados à agricultura conservacionista, enfatizando problemas gerados pela condução inadequada do sistema plantio direto, em especial o problema da compactação do solo. Em relação a este assunto, serão descritos os resultados referentes a um experimento de campo. Este experimento teve como objetivo verificar o efeito do uso de semeadora equipada com mecanismo rompedor de solo tipo facão de ação profunda (até 0,17 m de profundidade) e de semeadora equipada com mecanismo rompedor de solo tipo disco (0,07 m de profundidade) na estrutura de um Nitossolo Vermelho distrófico húmico sob plantio direto há mais de 20 anos.

O estágio curricular obrigatório teve como objetivo conhecer as linhas de pesquisas relacionadas ao Projeto “Aprimoramento, inovação e desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias em sistema plantio direto para o agronegócio brasileiro – SPD Brasil”. O mesmo

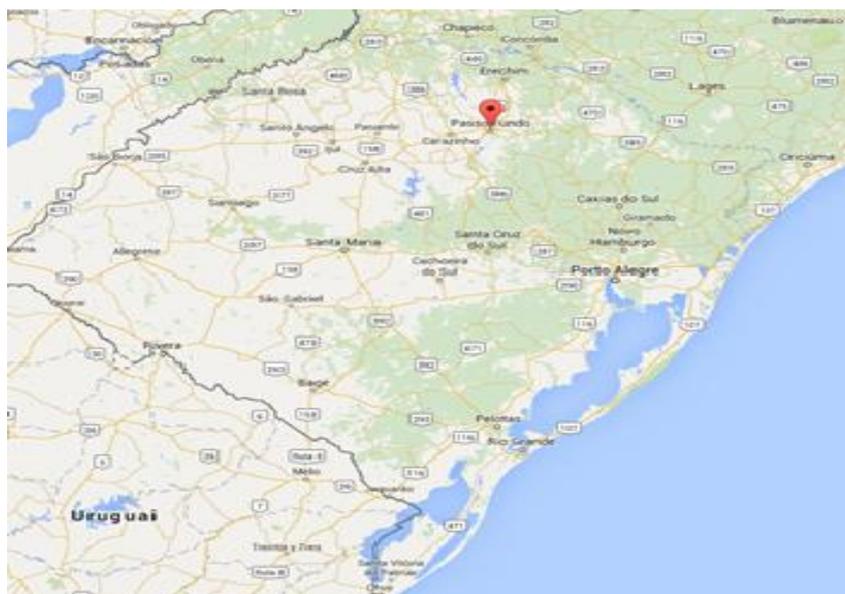
teve a orientação de campo do Engenheiro Agrônomo Dr. José Eloir Denardin, pesquisador da Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS) e a orientação acadêmica do Prof. Christian Bredemeier, do Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E SOCIOECONÔMICO DA REGIÃO ONDE O ESTÁGIO FOI REALIZADO

### 2.1. Caracterização socioeconômica

O município de Passo Fundo está localizado na região do planalto médio do estado do Rio Grande do Sul, no Nordeste Rio-grandense, distando 280 km da capital do estado (Porto Alegre, RS) (Figura 1), com população estimada de 186.028 habitantes, sendo o 12º município mais populoso e a 9ª maior economia do estado. A base econômica do município está centrada no comércio, na agropecuária e na prestação de serviços, além de ser uma referência na região na área da saúde e educação (FERRETTO, 2011).

Figura 1 - Localização do Município de Passo Fundo, RS.



Fonte: Google maps

Em relação á estrutura fundiária do município de Passo Fundo (RS), a expansão da cultura da soja influenciou na redefinição da forma de divisão dos imóveis rurais, contribuindo para o aumento do tamanho das propriedades, em detrimento às pequenas propriedades rurais, embora ainda haja predominância da pequena propriedade, até 20 hectares, estas passaram a declinar e a compor as maiores propriedades (DAL'MORO e RÜCKERT , 2004).

## **2.2. Caracterização do solo**

Os solos predominantes na região de Passo fundo são o Latossolo Vermelho distrófico húmico (LVd3) e o Nitossolo Vermelho distroférico típico (NVdf1) (STRECK et al., 2008). De maneira geral, estes solos são profundos e bem drenados, além de muito intemperizados. São solos que possuem boas propriedades físicas, apesar de serem geralmente ácidos. No entanto, o uso de corretivos tornou estes solos muito produtivos e, conseqüentemente, valorizados. O relevo da região é levemente ondulado e muito propício à mecanização.

## **2.3. Caracterização do clima e vegetação**

Segundo a classificação climática de Koppen (KOPPEN, 1948), o clima do município de Passo Fundo (RS) é classificado como subtropical úmido (Cfa). A vegetação característica da região é a Mata Atlântica e a temperatura média anual é de 17,5°C. As temperaturas no verão caracterizam-se por serem mais amenas do que em outras regiões do estado, principalmente pelo fato do município estar em região de planalto e a uma altitude média de 700 metros acima do nível do mar. Assim, as culturas, principalmente de verão, estão menos sujeitas a estresses por extremos climáticos, principalmente por extremos de calor. A precipitação média anual é de 1.787 mm, sendo que a região possui bom regime pluvial e boa distribuição das chuvas (CEMETRS, 2005).

A Embrapa Trigo está localizada na Rodovia BR-285, Km 294, em Passo Fundo (RS). A Embrapa Trigo é uma das 47 Unidades Descentralizadas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), tendo sido criada em 28 de outubro de 1974 e vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A Embrapa Trigo conta com uma estrutura que abrange 15 casas de vegetação, 4 blocos de telados, totalizando aproximadamente 9.000 m<sup>2</sup> de área coberta, 10 laboratórios e 1

Banco Ativo de Germoplasma (BAG). Possui dois campos experimentais, sendo um junto à sede do centro de pesquisa em Passo Fundo (RS) e outro na cidade de Coxilha (RS). A Embrapa Trigo possui 10 laboratórios nos quais são realizadas análises para o desenvolvimento de cultivares e para o uso sustentável de tecnologias, que permitam maior produtividade, melhorias na qualidade do produto para o consumidor e reduzam impactos

A missão da EMBRAPA é viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira. A Embrapa é uma empresa com espírito global, que, ao longo da sua história, tem construído uma sólida rede de cooperação internacional. Atualmente, está presente em todos os continentes, com parcerias com algumas das principais instituições e redes de pesquisa do mundo. Coordenada pela Secretaria de Relações Internacionais, a atuação no exterior também contribui com o programa de cooperação técnica do Governo Brasileiro, que busca transferir e adaptar tecnologias nacionais para a realidade tropical de diferentes países. A empresa busca aumentar a competitividade e sustentabilidade da agropecuária Brasileira, gerando informações que contribuem para a formulação e o aprimoramento de políticas públicas em áreas relacionadas à missão da Empresa. (EMBRAPA 2015)

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO SOBRE PLANTIO DIRETO E COMPACTAÇÃO DO SOLO**

O Brasil tem se destacado e cada vez mais vem se destacando como um dos países que mais exportam produtos agropecuários, principalmente para mercados como China, União Europeia e Estados Unidos, os quais são extremamente exigentes e competitivos, principalmente em relação a preços e qualidade. O complexo soja lidera as vendas externas do Brasil e é o principal gerador de divisas cambiais, seguido pela exportação de carnes, frutas, suco de laranja, café, entre outros produtos. A maior parte das áreas produtoras de grãos no Brasil encontra-se sob sistema plantio direto. No entanto, o mesmo não está sendo conduzido de forma integral, pois o que é feito na maioria das propriedades brasileiras é, apenas, “plantio direto” e não “sistema plantio direto”. O sistema plantio direto não está vinculado única e exclusivamente ao abandono do preparo de solo, mas sim, à associação desta prática à rotação

e à consorciação de culturas, à cobertura permanente do solo com contínua adição de palha ao sistema, entre outras. (DENARDIN et al., 2008).

Portanto, do modo que vem sendo conduzida a agricultura atualmente, será difícil, a longo prazo, o país continuar mantendo a liderança nas exportações de produtos agropecuários, uma vez que a capacidade produtiva dos nossos solos pode estar sendo comprometida, principalmente devido ao manejo equivocado que é feito atualmente.

### **3.1. As falhas no processo de adoção do sistema plantio direto**

No final da década de 60, foi introduzido no Brasil o sistema plantio direto, o qual, em seu início, era visto como um simples método alternativo de preparo de solo. A partir da década de 1980, o sistema plantio direto passou a ser conceituado como um complexo de processos tecnológicos destinado à exploração agropecuária, com os seguintes fundamentos: mobilização de solo apenas na linha de semeadura, manutenção permanente da cobertura do solo e diversificação de espécies vegetais, via rotação de culturas. Mais adiante, por volta do ano 2000, incorporou-se mais um processo tecnológico ao sistema plantio direto, o processo colher-semear. Além disso, buscou-se também a intensificação da rotação de culturas, a qual é fundamental para a quebra do ciclo de inúmeras doenças e também para a manutenção de diversidade de insetos e microrganismos, a fim de manter o ambiente em equilíbrio. Somente através da interação de todos estes processos tecnológicos é que será possível construir, de fato, uma agricultura inovadora e realmente sustentável (DENARDIN et al., 2011).

São vários os erros em relação a adoção do sistema plantio direto, podendo comprometer, com o passar dos anos, a estabilidade e o potencial da produção agrícola brasileira. Entre estes erros na condução do sistema plantio direto, pode-se mencionar os seguintes: degradação do solo, com aumento da densidade do solo e da resistência do solo à penetração, redução da porosidade e da taxa de infiltração de água no solo, concentração de raízes na camada superficial do solo e, conseqüentemente, redução na produtividade das culturas por ocasião de pequenas estiagens, e ocorrência de erosão, com arraste de nutrientes, fertilizantes e corretivos por escoamento superficial. Tais problemas são resultado de adoção equivocada do sistema plantio direto, resultado da adoção incompleta dos processos tecnológicos que compõem o sistema, com destaque para rotação de cultura, hoje inexistente ou feita de forma incorreta, insuficiente cobertura de solo e pequeno aporte de fitomassa ao sistema, ocasionando perdas de matéria orgânica a médio e longo prazos, uso de semeadoras

equipadas, exclusivamente, com discos para abrir os sulcos de semeadura, discos estes que atuam em profundidades de 5 a 7 cm, ausência de práticas mecânicas para o controle da enxurrada e abandono da semeadura em contorno (DENARDIN et al., 2009).

Na maioria das lavouras, são adotados apenas dois dos preceitos da agricultura conservacionista, ou seja, mobilização de solo restrita à linha de semeadura e manutenção dos restos culturais na superfície do solo, o que se caracteriza simplesmente como “plantio direto” e não “sistema plantio direto”. No entanto, apenas estes dois fatores não são suficientes para a manutenção da qualidade do solo a médio e longo prazos.

O modelo de produção que é seguido pela maioria dos produtores resume-se à soja no verão e pousio no inverno. A “cobertura verde” é formada pela vegetação que se desenvolve de forma espontânea, como o azevém. Tal fato gera uma quantidade de cobertura irrisória e a quantidade de massa seca adicionada ao solo é insignificante, em comparação ao que seria necessário para manter estável a quantidade e a qualidade da matéria orgânica do solo. A quantidade de fitomassa necessária para manter ou construir a estrutura de um solo é da ordem de 8 a 12 t/ha/ano, dependendo da temperatura e da pluviosidade de cada região do país. No entanto, a sucessão soja/pousio, dificilmente chegará a produzir mais que 4 a 5 t/ha/ano. Segundo DENARDIN et al. (2011), o aporte ao solo de material orgânico em quantidade, qualidade e frequência compatíveis com a demanda biológica do solo é importante preceito do sistema plantio direto, o qual é fundamental para a sustentabilidade do sistema agrícola produtivo. A diversificação de culturas, envolvendo plantas que tenham sistema radicular agressivo, pode promover a remediação efetiva da compactação do solo.

Diante desta realidade, fica evidente que muitas áreas de produção agrícola no país está correndo sérios riscos de se tornar insustentável, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico, o que leva a reflexões a respeito do atual sistema plantio direto, como por exemplo, a aplicação de apenas uma parte do “sistema”. Muitos agricultores, ainda acham, que plantio direto está apenas ligado ao não revolvimento do solo, o que é um grave engano. (DENARDIN et al., 2011).

### **3.2. Compactação do solo no atual sistema plantio direto e sua influência no sistema radicular das culturas**

Na Região subtropical úmida do Brasil, as chuvas se distribuem uniformemente durante o ano. Assim, dada a urgência em realizar tratos culturais e implantar as culturas, com frequência o solo é trafegado quando se encontra no estado de consistência plástica. Este fato, somado à falta de diversificação de espécies e ao baixo aporte de material orgânico ao solo em áreas com plantio direto, favorece a degradação pelo processo de compactação do solo (HAMZA\_ & ANDERSON, 2005; BATEY, 2009).

A condução do sistema plantio direto tem apresentado problemas em praticamente todos os locais em que foi adotado no Brasil. Dentre estes problemas, destacam-se: inexistência da rotação de culturas, em função da priorização de espécies de maior retorno financeiro no momento, sem que haja planejamento a longo prazo; o emprego de semeadoras equipadas predominantemente com discos como elementos exclusivos para o rompimento de solo no processo de semeadura; problemas na contenção das enxurradas, uma vez que a maioria dos produtores, tiraram os terraços; ausência de semeadura em curvas de nível, pois esta operação passou a ser realizada de modo a que se obtenha máxima eficiência operacional; a compactação do solo, causada pelo grande tráfego de máquinas agrícolas, cada vez maiores e mais pesadas; e uso excessivo de calcário. Perante tais observações, faz-se necessário o questionamento a respeito da adoção e manejo do sistema plantio direto, uma vez que preceitos fundamentais da agricultura conservacionista frequentemente são deixados de lado em função do comodismo e da lucratividade momentânea (DENARDIN et al., 2009).

Os produtores vem enfrentado graves problemas ligados ao manejo correto do solo, sendo que a compactação do solo é um destes problemas e que vem trazendo sérios prejuízos aos agricultores. No entanto, é um problema que passa despercebido por muitos produtores e técnicos, uma vez que a compactação não é tão facilmente visualizada. Entende-se por compactação do solo o aumento da densidade do solo (maior massa de solo por unidade de volume) proporcional às cargas ou pressões exercidas sobre o solo. Tal problema passou a se intensificar com a modernização da agricultura e a utilização de máquinas cada vez maiores e mais pesadas em operações de preparo do solo, semeadura, tratos culturais e colheita. Além disso, tais operações são frequentemente realizadas com o solo muito úmido, o que agrava ainda mais o problema da compactação (REICHERT et al., 2007).

Segundo SANTOS et al. (2005), a compactação modifica as propriedades físicas do solo. Como consequência disso, pode ocorrer redução no comprimento do sistema radicular e

menor tolerância das plantas a estresses por estiagens, além de menor absorção de nutrientes. Também pode ocorrer aumento no diâmetro das raízes, como consequência do aumento da resistência mecânica que as mesmas têm que vencer para se desenvolverem. Devido ao aumento no diâmetro e ao menor comprimento, as raízes exploram menor quantidade de solo (Figura 2), o que pode acarretar em menor produtividade da lavoura. Em áreas com plantio direto, a compactação tem sido identificada, aproximadamente, entre 0,07-0,20 m de profundidade (DENARDIN et al., 2008).

Esta degradação e consequente compactação do solo pode ter várias causas: a) intensa mobilização de solo ainda na época do preparo convencional do solo, formando o “pé-de-arado”; b) pressão exercida pelo pisoteio animal intenso e, muitas vezes, mal manejado em muitas propriedades, e tráfego de máquinas e implementos agrícolas em condições de umidade excessiva do solo; c) adoção parcial dos preceitos do sistema plantio direto, principalmente pela ausência de diversificação de espécies e insuficiente aporte de material orgânico ao solo. Na camada superficial, por conta da baixa permeabilidade da camada subsuperficial, o que limita o aprofundamento de raízes e a ascensão de água do subsolo às raízes dispostas superficialmente, o estresse hídrico também se manifesta. Isto tem sido frequente na região subtropical do Brasil, levando a frustrações de safras agrícolas em áreas sob plantio direto (DENARDIN et al., 2008).

Figura 2 - Raízes de soja em um solo compactado.



Fonte: Enoir C. Pellizzaro

Em áreas sob plantio direto, a adição de calcário e de fertilizantes é realizada na superfície do solo. Isto, indiretamente, contribui para a degradação do solo em subsuperfície,

pois favorece o desenvolvimento das raízes das culturas somente na camada superficial do solo, onde a fertilidade química é elevada (SELLES et al., 1997).

Um bom desenvolvimento radicular é fundamental para o adequado crescimento das plantas. Existe relação positiva entre profundidade de enraizamento e produtividade das culturas (SIQUEIRA et al., 1997). Segundo FANTE (1997), avaliar a distribuição do sistema radicular de uma cultura é prática fundamental no diagnóstico da eficiência de sistemas de manejo que visem à otimização da produtividade agrícola. Porém, a distribuição do sistema radicular é resultante de uma série de processos complexos e dinâmicos, os quais incluem as interações entre o ambiente, o solo e as plantas em pleno crescimento.

Segundo KLEPKER (1991), o manejo do solo segundo técnicas conservacionistas, se comparadas ao manejo convencional, proporciona modificações nos atributos químicos e físicos do solo. Operações de preparo do solo, como arações e gradagens, podem alterar seus atributos físicos, tais como porosidade, densidade e resistência mecânica à penetração nas frações mobilizadas e próximas a elas, inclusive. Isso pode afetar a distribuição e a morfologia das raízes, com reflexos diretos no desenvolvimento e na produtividade da cultura. A interdependência entre raiz e parte aérea é uma característica óbvia das plantas – a raiz obtém água e nutrientes, enquanto a parte aérea é a fonte inicial, através da fotossíntese, de todos os metabólitos orgânicos. Entretanto, apenas esse fato, isoladamente, não explica a estreita correlação que existe entre o crescimento da raiz e da parte aérea durante a fase vegetativa. (TAYLOR; ARKIN, 1981).

Alguns reguladores de crescimento são produzidos nas raízes, como as citocininas e giberelinas. O etileno, que é sintetizado tanto na raiz como na parte aérea da planta, também é um regulador de crescimento. Portanto, o sistema radicular não é apenas um órgão de absorção e fixação de água e nutrientes. As raízes e a parte aérea devem ser consideradas conjuntamente, quando se deseja um adequado entendimento sobre a performance das plantas (RUSSELL, 1977).

O problema de compactação do solo, tem levado diversos produtores rurais a interromper a semeadura contínua sob sistema plantio direto e retornar ao sistema de manejo convencional, com mobilização de solo, a fim de minimizar o processo de compactação do solo. Para tanto, têm sido empregadas técnicas como a escarificação, a subsolagem e a aração, as quais são totalmente contrárias aos fundamentos do sistema plantio direto. De qualquer modo, muitas destas tentativas de mitigação são eficientes apenas no curto prazo, se tornando efêmeras logo em seguida.

## **4. ATIVIDADES REALIZADAS**

Durante o período do estágio foram realizadas atividades teóricas, como leituras de livros e artigos científicos referentes à agricultura conservacionista e também atividades de cunho prático, como a visita a duas propriedades modelos na utilização de técnicas da agricultura conservacionista. Também foi acompanhada a construção de terraço em área cedida à Embrapa Trigo e conduzido experimento a campo vinculado ao Projeto “Aprimoramento, inovação e desenvolvimento de conhecimento e tecnologias em sistema plantio direto para o agronegócio brasileiro – SPD Brasil”. Este experimento teve como objetivo verificar a agregação, por meio de diferentes formas de manejo de um Nitossolo Vermelho distrófico húmico sob plantio direto há mais de 20 anos.

### **4.1. Condução de experimento a campo**

O experimento abaixo descrito é referente ao projeto “Aprimoramento, inovação e desenvolvimento de conhecimento e tecnologias em sistema plantio direto para o agronegócio brasileiro – SPD Brasil.”

### **4.2. Objetivo**

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito do uso de semeadora equipada com mecanismo rompedor de solo tipo facão de ação profunda, agindo até 0,17 m de profundidade e de semeadora equipada com mecanismo rompedor de solo tipo disco, agindo até 0,07 m de profundidade, na estrutura de um Nitossolo Vermelho distrófico húmico sob plantio direto há mais de 20 anos.

### **4.3. Hipótese**

O crescimento radicular, em solo sob sistema plantio direto, é muitas vezes comprometido devido à compactação da camada subsuperficial. A escarificação do solo tem provocado efeito efêmero sobre as propriedades físicas do solo, além de ser contra os preceitos da agricultura conservacionista. Isso leva a pensar que a semeadora equipada com

haste sulcadora de ação profunda poderá atenuar o efeito da compactação do solo sob plantio direto, diminuindo a degradação do solo e melhorando determinadas características físicas solo. Ao romper a camada subsuperficial compactada, a resistência à penetração das raízes diminui e isso favorece o desenvolvimento das plantas, aumentando o comprimento e a densidade radicular e a absorção de água e nutrientes pelas plantas, diminuindo riscos de frustrações de safra por estresse hídrico.

#### 4.4. Material e métodos

O experimento foi conduzido no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Unidade descentralizada Embrapa Trigo, localizado no município de Coxilha (RS), latitude 28° 11' 20" S e longitude 52° 19' 62" W, com altitude média de 691 m, em solo classificado como Nitossolo Vermelho distrófico húmico (STRECK et al., 2008). Conforme classificação de Koppen, o clima da região é Cfa (subtropical úmido).

A área experimental vinha sendo manejada, há pelo menos 20 anos, sob sistema plantio direto, com o cultivo de soja (*Glycine max*) na safra de verão e de aveia preta (*Avena strigosa* L.), na safra de inverno. Anteriormente à aplicação dos tratamentos, em outubro de 2014, o solo foi amostrado na camada de 0-20 cm de profundidade, para a caracterização da fertilidade do solo e também para a determinação do teor de argila do solo.

A cultura anterior foi de aveia preta (*Avena strigosa* L.), que foi dessecada no final do mês de setembro. Na primeira semana de outubro foi feita a adubação de correção em profundidade sendo aplicados 100 kg/ha de superfosfato triplo e 300 kg/ha de calcário. Em 12/10/2014, foi semeado o milho (Pioneer P1630H), de ciclo superprecoce, em linhas espaçadas de 45 cm, na densidade de 7 sementes viáveis por metro quadrado (70.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

A semeadora/adubadora utilizada foi equipada com disco liso, para cortar os resíduos de cultura, haste sulcadora com 12 mm de espessura, ajustável para operar até 0,17 m de profundidade, discos duplos defasados, para posicionar a semente no solo, e um conjunto de duas rodas, de ação em forma de "V", para fechar o sulco de semeadura.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em unidades experimentais com 9 m × 3,6 m (35,1 m<sup>2</sup>). Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativo, aplicou-se o teste de Tukey (p≤0,05). Os tratamentos foram constituídos por ajustes da haste sulcadora da semeadora para

atuar em duas profundidades e pela diferença de profundidade de posicionamento da adubação de base, sendo os mesmo descritos a seguir:

T<sub>1</sub> = Alto aporte de fitomassa, com correção de P e acidez na linha, haste sulcadora atuando até 0,17 m de profundidade

T<sub>2</sub> = Alto aporte de fitomassa, com correção de P e acidez na linha, semeadora com disco agindo até 0,07 m de profundidade

T<sub>3</sub> = Médio aporte de fitomassa, sem correção, haste sulcadora agindo até 0,17 m de profundidade

T<sub>4</sub> = Médio aporte de fitomassa, sem correção, semeadora com disco agindo até 0,07 m de profundidade.

A adubação de correção pré-plantio (base), realizada no ato da semeadura, foi de 340 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 5-25-25. Foi aplicado a lanço, na superfície do solo, 80 e 120 kg de N, na forma de ureia, nos estádios V<sub>4</sub> (quatro folhas expandidas) e V<sub>8</sub> (oito folhas expandida), segundo a escala de Ritchie et al. (1993), respectivamente. A área não havia recebido calagem há pelo menos 10 anos. A colheita foi realizada no início do mês de março de 2015, sendo empregada colhedora automotriz para parcelas, marca Wintersteiger.

Em março de 2015, após a colheita do milho, foram abertas trincheiras no sentido transversal às linhas de semeadura (0,4 m de profundidade e 0,6 m de largura), com o objetivo de avaliar a distribuição do sistema radicular do milho. Após a colheita de milho coletou-se, com placa de pregos de 0,6 x 0,3 x 0,05 m, um monólito de solo correspondente a nove dm<sup>3</sup>, por parcela.

Foram coletadas duas amostras de solo, com estrutura preservada (Figura 4), no lado preservado da trincheira, utilizando cilindros de aço inox de 54,3 cm<sup>3</sup> (3,0 x 4,8 cm). Nas amostras coletadas, foram determinados os seguintes atributos físicos do solo: densidade de solo, porosidade (macro, micro e total) e resistência à penetração. Após coletadas, as amostras foram envoltas em filme plástico e transportadas para o laboratório, sendo os cilindros posicionados horizontalmente para não ocorrer compactação do solo em seu interior.

Para coletar os monólitos procedeu-se da seguinte forma: (1) abriu-se uma trincheira no sentido transversal à linha de semeadura, sendo a planta deixada no centro; (2) cortou-se a planta rente ao solo; (3) alinhou-se a trincheira, com auxílio de uma pá de corte, até a metade do diâmetro do colmo do milho, onde foi posicionada a placa de pregos; (4) com auxílio de

um macaco hidráulico os pregos da placa foram completamente introduzidos no perfil do solo; (5) cavou-se ao redor do monólito até que este ficasse solto; (6) após a retirada, emparelhou-se o solo nas dimensões horizontais e verticais da placa e na altura dos pregos; (7) imergiu-se os monólitos em solução de NaOH 0,2 M, onde permaneceram por 24 horas, para dispersar o solo e facilitar a lavagem das raízes; (8) lavou-se o solo com jatos fracos de água, expondo o sistema radicular do milho; (9) cortou-se as raízes mais superficiais, de 0 a 7 cm e o restante, de 7 a 30 cm e colocou-se as mesmas para secar em estufa por 24 horas. Posteriormente a isso, as raízes foram pesadas (Figura 3).

**Figura 3 - Procedimento de coleta e lavagem de raízes de milho. (1) abertura da trincheira; (2) corte da planta rente ao solo; (3) posicionamento da placa de pregos na trincheira; (4) introdução dos pregos no solo; (5) monólito solto; (6) emparelhamento do solo conforme as dimensões da placa e a altura dos pregos; (7) imersão dos monólitos em solução de NaOH; (8) lavagem do solo (Fonte: Márcio Renato Nunes)**



Fonte: Márcio Renato Nunes

Figura 4 - Coleta do solo com estrutura preservada.



Fonte: Márcio Renato Nunes

#### 4.5. Resultados e discussão

Para microporosidade, não houve diferença estatística entre tratamentos e nem entre profundidades. No entanto, houve aumento da macroporosidade e da porosidade total na camada de 0,07-0,17 m no tratamento T<sub>1</sub> em comparação com a camada 0,0-0,07 m e também, em comparação aos tratamentos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>, em ambas as profundidades. O tratamento T<sub>1</sub> apresentou menor resistência à penetração na camada de 0,07-0,17 m em comparação com a camada 0,0-0,07 m e também em comparação aos tratamentos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>, em ambas as profundidades.

Com relação a peso de raízes, o tratamento T<sub>1</sub> apresentou maior peso de raízes na profundidade de 0,07-0,17 m, se comparado aos tratamentos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub> na mesma profundidade, sendo que o tratamento T<sub>3</sub> foi superior ao T<sub>2</sub> e T<sub>4</sub>, nesta profundidade.

As conclusões deste trabalho foram que, a utilização de equipamentos rompedores de solo do tipo haste sulcadora em semeadoras para plantio direto, com alto aporte de fitomassa, correção de P e acidez na linha e haste sulcadora agindo até 0,17 m de profundidade, na semeadura do milho, trouxe melhores condições físicas da camada subsuperficial do solo sob plantio direto, favorecendo assim, melhor desenvolvimento do sistema radicular em profundidade.

Estes resultados corroboram o argumento de Denardin et al. (2008), de que a utilização de semeadora-adubadora equipada apenas com elementos rompedores de solo que atuam até no máximo 0,1 m, do perfil do solo, limita o sistema radicular na camada

superficial do solo e contribui para a degradação da estrutura do solo sob plantio direto, em subsuperfície.

A utilização da semeadora com haste sulcadora de ação profunda (0,17 m) possibilitou o melhor desenvolvimento das plantas de milho no solo sob plantio direto, evidenciado pelo aumento do comprimento radicular e pelo aprofundamento das raízes das plantas de milho na camada 0,07-0,17 m. Semeadoras equipadas com hastes sulcadoras de ação profunda, portanto, apresentam potencial para mitigar a degradação estrutural do solo em áreas manejadas sob plantio direto na Região Subtropical Úmida do Brasil.

## **5.6. Conclusão**

A utilização da semeadora equipada com haste sulcadora de ação profunda (0,17 m) promoveu o aumento da porosidade total, da macroporosidade e diminui a resistência do solo à penetração mecânica, possibilitado um melhor desenvolvimento radicular e maior disponibilidade de água às plantas, uma vez que camadas mais profundas conservam umidade por mais tempo.

## **5. VISITAS A PROPRIEDADES COM AGRICULTURA CONSERVACIONISTA**

Durante o período de estágio, foram realizadas visitas a estabelecimentos rurais da região, nos municípios de Sarandi (RS) e Quinze de Novembro (RS). O objetivo destas visitas foi observar propriedades que aderiram à agricultura conservacionista e ao sistema plantio direto e hoje colhem bons resultados com as mudanças que fizeram no modo com que manejavam suas áreas.

### **5.1. Visita à fazenda Falcão**

A primeira propriedade visitada foi a Fazenda Sementes Falcão, a qual está localizada na cidade de Sarandi (RS). A fazenda possui aproximadamente 570 ha, sendo que a declividade média do local é de 11% e o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, com teores de argila em torno de 55%. A área é manejada sob plantio direto há quase 20 anos e, na contramão da maioria das propriedades, o proprietário construiu

terraços novos. Os terraços antigos, de base larga em desnível, requeriam canais escoadouros, que se transformavam em voçorocas, além de roubarem considerável área propícia ao cultivo, dificultando a realização de tratamentos culturais e diminuindo a eficiência operacional.

As perdas por erosão na fazenda da família Falcão traziam prejuízos na produção de grãos. Em busca de solução, o engenheiro agrônomo Humberto Falcão, proprietário da Fazenda Sementes Falcão, juntamente com a filha, a Eng<sup>a</sup> Agrônoma Fernanda Falcão, aceitaram fazer uma parceria com a Embrapa Trigo e a Emater/RS para testar um novo modelo matemático chamado de "Terraço for Windows", para o dimensionamento de terraços em lavoura sob sistema plantio direto, para calcular o espaçamento e o tamanho de terraços a serem estabelecidos em nível, (Figura 5).

O modelo matemático "Terraço for Windows" é um programa computacional desenvolvido por PRUSKI et al. (1996) para o dimensionamento de terraços. Esse modelo calcula os espaçamentos vertical e/ou horizontal máximo entre terraços, utilizando dados específicos da região e da lavoura em questão, como precipitação pluviométrica máxima esperada para um determinado tempo de retorno e duração estipulados, tipo de solo, taxa de infiltração básica de água no solo, declividade do terreno, manejo de solo, de culturas e de resíduos culturais e altura da crista do terraço que pode ser construído em função das condições topográficas do terreno e do equipamento disponível para a sua construção.

Figura 5 - Terraço de Base Larga na Fazenda Falcão.



Fonte: Julia Mombelli

A construção dos terraços foi realizada em 1997, resultando na construção de 40 km de terraços. Os terraços foram projetados para suportar 130 mm de chuva em 24 horas, volume

que pode acontecer nos anos mais chuvosos na região. No longo prazo, o planejamento dos 570 hectares de lavouras apresentou resultados surpreendentes: em cinco anos, a economia de fertilizantes ultrapassou R\$ 1 milhão, sem considerar a economia de mão-de-obra e de combustível. Além disso, a propriedade não necessita realização de calagem há 11 anos e a média de rendimento de grãos nas últimas safras foi de 80 sacos/hectare de trigo e 63 sacos/hectare de soja.

## 5.2. Visita à Granja Vânia

No município de Quinze de Novembro (RS), ocorreu à visita técnica na Granja Vania, que estava comemorando 20 anos do sistema plantio direto. O proprietário, o senhor Vanderlei Neu, lembrou como era o preparo do solo antigamente, com arações e, em média, duas gradagens antes de se fazer a semeadura. Lembrou também do papel fundamental que tem o sistema plantio direto na reestruturação e recuperação das características químicas, físicas e biológicas do solo, tendo enfatizado também a importância de ter sempre uma boa palhada sobre o solo, a fim de atenuar o processo de erosão e manter a atividade biológica do solo. O proprietário mencionou o milho como sendo uma cultura fundamental na propriedade, uma vez que aporta grande quantidade de palha ao sistema, contribuindo na manutenção da matéria orgânica.

No dia da visita, o proprietário demonstrou a colheita em uma de suas áreas, onde colheu 222 sacos de milho por hectare. Logo após a colheita, o produtor, buscando não deixar o solo em pousio até a semeadura do trigo, realizou a semeadura de nabo forrageiro (Figura 6).

Visando sempre ter alguma cultura na área, o produtor relatou que nunca deixa o solo em pousio, a fim de sempre ter algum tipo de cobertura em qualquer época do ano.

Figura 6 - Colheita de milho e plantio de nabo na granja Vânia.



Fonte: Julia mombelli

### 6.3 Construção de terraços

Em uma área da Brigada Militar de Passo Fundo, cedida para a Embrapa Trigo, foi acompanhada a marcação e a construção de um terraço de base larga, tipo dimensionado pelo *software* “Terraço for Windows”, com o objetivo de ensinar aos estagiários, e posteriormente ser utilizado na transferência de tecnologia para a comunidade agrícola.

O terraço foi demarcado utilizando-se nível ótico. A construção começou com a movimentação do solo exatamente onde havia as estacas demarcando o ponto onde ficaria a “crista” do terraço. O solo foi sendo movimentado de baixo para cima e de cima para baixo, com varias passadas com o trator, a fim de ir acumulando o solo e formar, por fim, o terraço (Figura 7). Na construção do terraço, foi utilizado arado de quatro discos, sendo que as estacas estavam a uma distância de 20 metros entre si. A largura do camalhão, mais o canal do terraço, foi de 12 metros, a profundidade do canal 0,54 metro e a seção transversal do canal  $1,98 \text{ m}^2$ .

Figura 7 - Construção de terraço de base larga na Empra Trigo.



Fonte: Julia Mombelli

## 6.2 DISCUSSÃO

A área mundial com plantio direto supera 116 milhões de hectares. Destes, 102 milhões se distribuem nos EUA, Brasil, Argentina, Austrália e Canadá, sendo estes países os maiores produtores mundiais de grãos. O plantio direto propiciou benefícios econômicos e ambientais nesses países, porém, em um número expressivo destas áreas sob plantio direto a compactação do solo é um problema, o qual, em muitas situações, passa despercebido. (DERPSH et al., 2010).

### 5.3. Fatores limitantes do desenvolvimento radicular, prejuízos causados e modos de manejar o problema

Os fatores do solo que afetam a fisiologia das raízes podem ser divididos em fatores de natureza física e química, que são eles: resistência à penetração, oxigênio ( $O_2$ ), água e temperatura, pois afetam diretamente o desenvolvimento vegetal. O  $O_2$  é fundamental para a respiração das raízes, processo que fornece energia para processos metabólicos. Deficiência de  $O_2$  no solo diminui a taxa de absorção e transporte ativo de íons pelas raízes (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Recentemente, alguns artigos técnicos relatam falhas na implementação do sistema plantio direto (DENARDIN et al., 2008). Além da comprovação de tais falhas por meio de artigos científicos, muitos produtores estão percebendo no dia a dia os efeitos da compactação do solo, perda de rendimento com estiagens de curta duração e observação de melhor desenvolvimento da lavoura em áreas onde o solo foi escarificado. No entanto, o que os produtores buscam não é mudar em direção ao aprimoramento do sistema, indo ao encontro da base da agricultura conservacionista, como adoção da rotação de culturas, aumento da quantidade de palha no solo e uso de plantas de cobertura com sistema radicular agressivo, as quais fazem uma espécie de ‘escarificação’ natural por meio de seu sistema radicular expressivo e profundo. Ao invés disso, muitos agricultores tendem a optar por mobilizar o solo, que é uma intervenção mais fácil de implementar, visando “corrigir” os problemas de condução do sistema.

Segundo FAGANELLO et al. (2009), a utilização de semeadora equipada com elementos rompedores de solo tipo “facão” de ação profunda é capaz de mitigar a

compactação do solo e proporcionar melhor desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, trazer benefícios à cultura.

Assim, conforme demonstrado no experimento acompanhado, juntamente com a literatura citada, hastes sulcadoras de ação profunda, acopladas às semeadoras para plantio direto, podem ser eficientes em aliviar a compactação do solo sob plantio direto, desde que operem na profundidade da camada compactada. As hastes podem formar um sulco para a deposição das sementes, além de facilitar a movimentação no perfil do solo de fertilizantes e corretivos concentrados na camada superficial do solo sob plantio direto, melhorando a fertilidade do solo na camada subsuperficial. Melhores condições físicas e químicas do solo, proporcionadas pela ação das hastes sulcadoras, possibilitariam o aprofundamento das raízes na camada subsuperficial. Isto diminuiria os riscos de frustrações de safra provocadas pelas estiagens, além de favorecer a absorção de nutrientes em uma camada de solo que antes não era explorada pelo sistema radicular.

Dada à importância do sistema radicular no processo de agregação do solo, o aprofundamento radicular possibilitaria maior duração do efeito físico proporcionado pelas hastes sulcadoras de ação profunda, uma vez que as raízes mantem certa porosidade no solo, mesmo depois que se decompõem. Além disso, se, aliado à utilização da semeadora com hastes sulcadora de ação profunda, for adotado modelo de produção que utilize plantas com sistema radicular agressivo, a concentração de carbono orgânico ao longo do perfil do solo poderá aumentar, contribuindo para a reestruturação do solo da camada estruturalmente degradada.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estágio realizado na área de agricultura conservacionista, foi de fundamental importância para por em prática, muitos dos conhecimentos adquiridos durante o período da graduação. Fica evidente que, o sistema plantio direto, está sendo conduzido, em muitas regiões do país, de forma errônea e, conseqüentemente, resultando em problemas, tanto ambientais quanto econômicos. Diante do atual quadro, fica evidente que, para começar a proteger o solo devidamente, deve ser criada uma mentalidade conservacionista, aliada a uma assistência técnica efetiva e atuante em todas as regiões do país.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEMETRS, Atlas Climático do Rio Grande do Sul, 2005. **Atlas Climático do Rio Grande do Sul**. Disponível em [www.cemet.rs.gov.br](http://www.cemet.rs.gov.br). Acesso em : 4 de agosto de 2015.

CEPEA-USP – Centro de Estudos Avançado em Economia Aplicada- ESALQ/USP, Disponível: <http://cepea.esalq.usp.br/pib/>. Acessado em: 22 de ago. de 2015.

CERVI, E.U. A revolução da palha. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, n.73, p.8- 12, 2003.

DAL'MORO, S. M. & RÜCKERT, A. (2004). A Agricultura no processo de desenvolvimento no Planalto Médio Rio-grandense. In: SILVA, A. et al. (orgs). Estudos de geografia regional: o urbano, o rural e o urbano na região de Passo Fundo. Passo Fundo: Ed. UPF, pp 26-68.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.. Erosão e práticas mecânicas e vegetativas de conservação do solo em sistema plantio direto. In: BAYER, C.; FONTOURA, M. V. (Org.). **Manejo e Fertilidade de Solos em Plantio Direto**. 1.ed. Guarapuava, PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2009, p. 203.

DENARDIN, J.E.; FAGANELLO, A. & Santi, A. Falhas na implementação do sistema plantio direto levam a degradação do solo. Revista Plantio Direto, 108, 2008.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; FAGANELLO, A. 15 de abril dia nacional da conservação do solo: a agricultura desenvolvida no Brasil é conservacionista ou não? Bol. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo, 36:10-15, 2011.

DENARDIN, N.D'A.; FAGANELLO, A. & WIETHÖLTER, S. Sistema plantio direto: Fator de potencialidade da agricultura tropical brasileira. In: ALBUQUERQUE, A.C.S. & SILVA, A.G., eds. Agricultura tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.1251-1273.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A.; HONGWEN, L. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. Int. J. Agric. & Biol. Eng., 2010.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Emanuel Epstein e Arnold J. Bloom. Trad. Maria Edna Tenório Nunes – Londrina, 2006. 403p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, <https://www.embrapa.br/>-  
Acessado em: 22 de out. de 2015.

FAGANELLO, A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; SATTLER, A. Efeito de elementos rompedores de solo em semeadoras para plantio direto na resistência do solo à tração mecânica. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 21 p. html. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento online, 69). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p\\_bp69.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp69.htm)>.

FANTE JR, L. Sistema radicular da aveia forrageira avaliado por diferentes métodos, incluindo processamento de imagens digitais. ESALQ, 1997. 119 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz".

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Disponível em: [http://www.febrapdp.org.br/download/PD\\_Brasil\\_2013.I.pdf](http://www.febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.I.pdf). Acesso: 15 de julho de 2015.

FERRETTO, **Passo Fundo: estruturação urbana de uma cidade média gaúcha. São Paulo**, 2011. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**, v. 82, p. 121-145., 2005.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Produção agrícola municipal – Culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: v. 39, 2012. Disponível em: [ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_\[anual\]/2012/pam2012.pdf](ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2012/pam2012.pdf) f. Acesso em: 22 de ago. de 2015.

IBGE. **Indicadores IBGE - Estatística da Produção Agrícola**, 2013.

KLEPKER. D. Nutrientes e raízes no perfil e crescimento de milho e aveia em função do preparo do solo e modos de adubação. Porto Alegre, 1991. 117 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KOEPPEN, W. Climatologia: **Un estudio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Economica. 1948, 478 p.

PRUSKI, F.F.; SILVA, J.M.A. da; CALIJURI, M.L.; BHERING, E.M. Terraço for windows, versão 1.0.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S. da; REICHERT, J.M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v.5, p.49-134.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames: State University of Science and Technology, 1993. 21p. (Special Report, 48).

RUSSEL, R. S. Plant root systems: their function and interaction with soil. New York: MacGraw Hill, 1977. 297 p.

SANTOS, G. A.; SOUZA, C. A. S.; DIAS JUNIOR, M. S.; FURTINI NETO, A. E.; GUIMARÃES, P. T. G.. Diferentes graus de compactação e fornecimento de fósforo influenciando no crescimento de plantas de milho (*Zeamays L.*) cultivadas em solos distintos. *CiênciaAgrotecnologica.*, Lavras, v. 29, p.740-752, 2005.

SELLES, F; KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E.; ZENTNER, R.P.; FAGANELLO, A.; Distribution of phosphorus fractions in a brazilianoxisol under different tillage systems. **Soil & Tillage Research**, v. 44, p. 23-34, 1997.

SIQUEIRA, N. S. et al. Influência de sistemas de preparo do solo no desenvolvimento radicular do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais... Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. & PINTO, L.F.S. Solos do Rio Grande do Sul. 2.ed. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.

TAYLOR, H. M. Modifying the root environment to reduce crop stress. St Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1981. p. 99-137.

