UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇAO EM AGRONOMIA

MANEJO DO SOLO E UTILIZAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NA CULTURA DO TRIGO (*Triticum aestivum L.*)

LUCIANO LEITE NAVARINI

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, março de 2010

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇAO EM AGRONOMIA

MANEJO DO SOLO E UTILIZAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NA CULTURA DO TRIGO (*Triticum aestivum L.*)

LUCIANO LEITE NAVARINI

Orientador: Prof. Dr. Vilson Antonio Klein

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, março de 2010

DEDICO

Aos meus pais sempre presentes;
Aos meus avós eternamente lembrados;
A minha namorada linda e compreensiva;
As minhas irmãs maravilhosas e sempre dispostas.

.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por permitir a escalada de mais um degrau nesta efêmera jornada.

Ao meu Pai Lucimar, pelo apoio, motivação, companheirismo e principalmente pela capacidade de sonhar e por me mostrar que sempre há alternativas.

À minha querida Mãe, pelo carinho, incansável apoio, incentivo e por ensinar a lutar pelo ideal.

Aos meus Avôs, Luiz e Zoilo, que embora não mais presentes acalentaram minhas inspirações de criança.

Às Avós Layla e Leonilda pelos exemplos de vida que para sempre me acompanharão.

Ás minhas Irmãs que adoro, Andressa, pelo apoio e incentivo; e Luize, pelo exemplo de determinação e coragem.

Minha namorada Thaís, pela compreensão, carinho, atenção e paciência.

Ao meu Orientador, Dr. Klein, que me ensinou muito mais que ciência.

Aos colegas do Lafas, Basseggio, Madalosso, Bruno, Elias, Vinícius, Lucas, Leandro, Cláudia e Maura, que auxiliaram para que este momento chegasse.

Aos colegas da pós-graduação pelos bons momentos de convivência, em especial ao Alexandre Buzzatti, pela amizade e companheirismo e ao Cristiano Lajús pelo apoio e confiança.
Aos professores da pós-graduação, por todo conhecimento passado
A UPF e CAPES pela oportunidade.
E a todos que embora não mencionados, não menos importantes, que me apoiaram e acreditaram em mim.

CIP – Catalogação na Publicação

N319m Navarini, Luciano Leite
Manejo do solo e utilização de bioestimulantes na cultura do trigo (Triticum aestivum L.) / Luciano Leite Navarini. – 2010.
85 f. : il. ; 25 cm.

Orientação: Prof. Dr. Vilson Antonio Klein.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2010.

1. Trigo - Sementes. 2. Solos – Manejo. 3. Trigo - Cultivo. 4. Trigo – Melhoramento genético. I. Klein, Vilson Antonio, orientador. II. Título.
CDU : 633.11

Catalogação: bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1. Cultivo sobre solo manejado sob plantio direto.....	8
2.2. Compactação e mobilização do solo.....	10
2.3. Resistência mecânica do solo a penetração.....	13
2.4. Densidade do solo.....	13
2.5. Intervalo hídrico ótimo.....	14
2.6. Bioestimulantes para as plantas.....	15
2.7. Composição dos bioestimulantes.....	17
2.8. A cultura do trigo.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1. Tratamentos.....	23
3.2. Delineamento experimental.....	24
3.3. Manejo do solo.....	24
3.4. Análise dos atributos químicos.....	26
3.5. Produtos bioestimulantes para o tratamento de sementes.	26
3.6. Semeadura, tratamento de sementes e cultivar.....	27
3.7. Tratos culturais.....	28
3.8. Colheita.....	28
3.9. Variáveis analisadas.....	29

3.9.1. Solo..... 29
3.9.2. Cultura do trigo..... 33
3.10. Análise estatística..... 35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 35
4.1. Textura do solo..... 35
4.2. Densidade do solo..... 36
4.3. Densidade máxima do solo..... 40
4.4. Densidade relativa..... 41
4.5. Porosidade do solo..... 43
4.6. Resistência mecânica do solo a penetração..... 47
4.7. Intervalo hídrico ótimo..... 49
4.8. Componentes de rendimento do trigo..... 54
4.8.1. Número de plantas por metro..... 54
4.8.2. Número de afilhos e espigas..... 55
4.8.3. Estatura de plantas..... 57
4.8.4. Tamanho e número de grãos por espiga..... 59
4.8.5. Massa do hectolitro 60
4.8.6. Massa de mil grãos..... 61
4.8.7. Rendimento de grãos de trigo..... 62
4.8.8. Potencial de germinação das sementes colhidas..... 65
5. CONCLUSÕES..... 67
6. REFERÊNCIAS..... 68

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Teores de argila, silte e areia de acordo com a profundidade, em um Latossolo Vermelho.....	23
2	Tratamentos adotados no experimento.....	23
3	Teores de argila, silte e areia de acordo com o manejo adotado e profundidade de amostra.....	36
4	Densidade média do solo de acordo com o manejo do solo e a profundidade amostrada.....	37
5	Resultados do ensaio de Proctor.....	41
6	Densidade relativa em função da profundidade e manejo do solo.....	42
7	Porosidade total do solo, de acordo com o manejo e profundidade.....	44
8	Volume de macroporos em função do manejo de solo e profundidade.....	45
9	Volume de microporos em função do manejo de solo e profundidade.....	46
10	Volume de criptoporos em função do manejo de solo e profundidade.....	47
11	Resistência mecânica do solo a penetração em MPa, em amostras com umidade equivalente a capacidade de campo, e quatro profundidades e três manejos.....	48

12	Números de plantas por metro, 17 dias após a semeadura (DAS).....	55
13	Números de afilhos por metro na cultura do trigo.....	56
14	Números de espigas por metro em função do tratamento de semente e manejo.....	57
15	Estatura de plantas em função do tratamento com bioestimulantes e manejo de solo.....	58
16	Tamanho da espiga em função do manejo de solo e tratamento de semente.....	59
17	Número de grãos por espiga, em função do manejo de solo e tratamentos de semente.....	60
18	Massa do hectolitro em função do manejo de solo e tratamento de semente.....	60
19	Massa de mil grãos em função do tratamento de semente e manejo.....	62
20	Rendimento de grãos em função do manejo de solo e tratamento de semente.....	63
21	Potencial de germinação das sementes de trigo colhidas, em função do tratamento de sementes e preparo de solo.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Escarificador modelo Jumbo-Matic.....	25
2	Arado com discos com diâmetro de 28 polegadas de diâmetro.....	25
3	Colhedora de parcelas, no momento da colheita.....	29
4	Penetrômetro eletrônico de bancada.....	32
5	Precipitação pluvial esperada e ocorrida durante a duração do experimento.....	39
6	Intervalo hídrico ótimo, de solos com diferentes manejos, em função da umidade volumétrica e densidade do solo	53

MANEJO DO SOLO E UTILIZAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NA CULTURA DO TRIGO (*Triticum aestivum L.*)

Luciano Leite Navarini

RESUMO – Proporcionar condições favoráveis ao crescimento do sistema radical das plantas é o objetivo de todo o manejo do solo. Tecnologias têm sido propostas com intuito de minimizar condições adversas a esse crescimento aumentando o rendimento das plantas. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de distintos manejos de solo e do uso de bioestimulantes no tratamento de sementes de trigo. O experimento constou de três manejos de solo (plantio direto - PD, plantio direto escarificado - PDE e solo arado) e três tratamentos de sementes (Stimulate®, Booster® e testemunha), adotando-se delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. Avaliou-se os atributos físico-hídricos do solo como densidade, porosidade total, distribuição do diâmetro dos poros, densidade relativa e intervalo hídrico ótimo e referente à cultura do trigo, componentes de rendimento e rendimento de grãos. O intervalo hídrico ótimo (IHO) para uma mesma densidade foi maior no PDE quando comparado aos manejos arado e PD. A densidade relativa onde o IHO igualou-se a zero foi de 0,94 para PD e PDE e 0,93 para o arado. O maior rendimento de grãos de trigo foi obtido no PDE e no arado diferiu estatisticamente do PD. Os bioestimulantes utilizados via semente não influenciaram os componentes de rendimento, bem como, não houve diferença estatística no rendimento entre os

tratamentos com bioestimulantes e a testemunha. Conclui-se que o preparo do solo sob plantio direto aumenta o rendimento de grãos de trigo e que o uso de bioestimulantes não afetam os componentes de rendimento e tampouco o rendimento de grãos de trigo.

Palavras chave: Plantio direto, compactação do solo, bioestimulantes

SOIL TILLAGE AND BIOESTIMULANT USE ON THE WHEAT CROP (*Triticum aestivum* L.)

Luciano Leite Navarini

SUMMARY: Provide good conditions to the growth of plant root system is the object in soil tillage. Technologies have been proposed in order to minimize adverse conditions to, increasing plant yield. This study aimed at evaluating the effect of different soil managements and plant growth biostimulants use on wheat seed treatment. The experiment consisted of three soil management (no-tillage - NT, no-tillage chiseled - NTC, plowed) and three seed treatments (Stimulate®, Booster® and control) allotted to a randomized block design, with split plot arrangement. The physical-hydric attributes (bulk density, total porosity, soil pore size distribution, relative bulk density and least limiting water range), yield components were evaluated. The least limiting water range (LLWR) for the same density was higher under NTC than NT and plowed. The relative density when LLWR is zero was 0,94 for NT and NTC and 0,93 for plowed. The higher wheat grain yield was obtained under NTC and plowed management differing from NT. Biostimulants used via seed did not influence the yield components, as well as, there was not statistical difference in yield among treatments with biostimulants and control. It was concluded that soil tillage under NT increases wheat grain yield and biostimulants use does not affect yield components neither wheat grain yield.

Key Words: No-tillage, soil compaction, biostimulants

1. INTRODUÇÃO

Os solos do sul do Brasil de maneira geral apresentam naturalmente boas condições físico-hídricas para o desenvolvimento pleno das culturas. No entanto, a utilização intensiva do solo tem formado camadas compactadas, comprometendo assim o crescimento das raízes, infiltração de água, absorção de água e nutrientes pelas plantas e o rendimento das culturas.

O problema da compactação sub-superficial já existe desde a época em que eram realizadas mobilizações intensas do solo por diversos implementos, como, grades e arados.

O agravamento do problema compactação ocorreu com a adoção do sistema plantio direto (SPD) em função do não revolvimento. Porém em camada sub-superficial, principalmente os mal implantados, ou seja, SPD iniciado sem ter sido realizado um preparo adequado do mesmo, além do tráfego excessivo de máquinas e manejo inadequado que aumentam ainda mais o problema da compactação.

A compactação tem sido constatada mesmo em casos onde o SPD foi implantado de acordo com as recomendações técnicas, pois, fatores como a pressão exercida pelos rodados das máquinas e implementos agrícolas, principalmente quando o solo é trabalhado em condições de umidade ótima para compactação, déficit de palha na superfície, entre outros preceitos que devem ser observados, predispõe o solo a compactação.

O SPD foi fundamental para melhoria das propriedades físicas do solo, pois reduziu significativamente os graves problemas

de erosão que existiam, melhorando também alguns atributos do solo. A redução da erosão deve-se principalmente devido a presença de resíduos na superfície do solo que absorvem o impacto da gota da chuva. Entretanto, estudos têm demonstrado que o sistema plantio direto não é tão eficiente em relação à compactação do solo, ocasionado em um desenvolvimento precário das raízes, ou seja, elas não atingem profundidades adequadas no perfil do solo.

Sabe-se que esta capacidade da raiz explorar o perfil do solo em maiores profundidades é inerente a cada cultura, porém esta característica só tem valor quando o solo tem condições químicas e físicas ao longo do perfil que possibilitem o aprofundamento do sistema radical e consequentemente a maior exploração do solo pelas plantas, conferindo a estas, maior acesso à solução do solo.

Na perda de rendimento das culturas, a compactação do solo é um dos principais fatores a prejudicar as plantas, pois limita o desenvolvimento das raízes, além de estreitar a faixa de água facilmente disponível às plantas.

A compactação é caracterizada pela diminuição do volume de vazios ocupados pelo ar, que por sua vez limita a infiltração e a redistribuição de água no solo; reduz as trocas de gases e solução com o meio; afeta a disponibilidade de oxigênio, comprometendo a fonte de energia das raízes (respiração) prejudicando o crescimento radical, a busca de água e nutrientes, resultando à cultura uma grande suscetibilidade ao estresse hídrico e consequentemente a um baixo rendimento de grãos.

Devido à grande importância de um enraizamento profundo das culturas, tem-se empregado vários esforços nas áreas do

melhoramento vegetal, solo, e fisiologia (bioestimulantes), visando uma cultura (variedade) tolerante aos veranicos, com estabilidade de rendimento.

A hipótese deste trabalho foi que a mobilização do solo em conjunto com a aplicação de bioestimulantes via semente proporcione melhor condição para o crescimento das raízes, estimulando a planta a explorar um maior volume de solo, influenciando positivamente no desenvolvimento e rendimento da cultura do trigo e que os manejos do solo podem melhorar as propriedades físicas do solo.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de produtos bioestimulantes sobre a cultura do trigo em distintos manejos de solo, bem como, avaliar propriedades físicas do solo em relação ao manejo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultivo sobre solo manejado sob plantio direto

O sistema plantio direto (SPD) trouxe diversos benefícios, como não revolver o solo mantendo os resíduos vegetais na superfície, aumentar do teor de matéria orgânica, melhorar a estabilidade dos agregados, além de preservar a estrutura do solo, contribuindo para diminuir a erosão hídrica e a poluição do ambiente (BAYER e MIELNICKUK, 1997).

A importância do sistema plantio direto em diversas regiões do mundo é inegável. Considerado um sistema conservacionista por excelência para reduzir a perda de solo, água e fertilizantes. Porém, a compactação advinda principalmente do trânsito das máquinas e implementos agrícolas, muitas vezes limita a expressão do potencial produtivo das culturas (ALVES e SUZUKY 2004). Embora esta compactação também ocorresse em sistemas de cultivo convencional não era um problema, pois a mobilização frequente do solo descompactava esta camada superficial e sub suerficial.

É comum se verificar maiores rendimentos em áreas conduzidas sob sistema plantio direto, quando comparadas a áreas que receberam a mesma adubação, mas que estão menos estruturadas fisicamente e apresentam menor quantidade de palha. Pois além dos efeitos da palha sobre a dinâmica da água no solo, ela beneficia o solo melhorando a sua estruturação, que por sua vez melhora a distribuição

dos poros do solo. Logo, são as propriedades físicas do solo interferindo diretamente na absorção de água e na absorção de nutrientes pelas raízes das plantas, assim, mesmo não recebendo a devida importância, os efeitos das condições físicas do solo, possuem relação direta com os processos físico-químicos ligados à absorção de nutrientes pelas plantas (DENARDIN *et al.*, 2005).

Corroborando ao problema da compactação do solo, os fenômenos como El niño e La niña vem causando alterações climáticas, sendo que em alguns anos há regiões, no Rio Grande do Sul, com excesso de precipitação pluvial e outras a deficiência hídrica. Esses períodos de estresse hídrico, mesmo que breves acarretam em perdas quantitativas e qualitativas da produção agrícola devido às más condições físicas do solo sob sistema plantio direto (CUNHA, 2004).

Uma das alternativas para amenizar os danos causados pelos veranicos é o desenvolvimento de uma raiz que explore maiores profundidades no perfil do solo, tolerando aos estresses hídricos frequentemente ocorridos em nossa região.

Logo, com a crescente utilização do sistema plantio direto alguns atributos físicos do solo têm sido modificados. Dentre estes atributos destaca-se, a densidade do solo que mostra uma tendência de aumento nos primeiros anos de cultivo e, com o passar dos anos, apresenta uma tendência de diminuição da densidade. Entretanto, muitos resultados diferentes tem sido obtidos, sendo necessário gerar informações sobre os resultados de intervenções mecânicas sobre os outros atributos físicos (ASSIS e LANÇAS, 2005).

Em um novo conceito de sistema agrícola produtivo, Denardin e Kochhann (1993) citam que não só os parâmetros de

acidez, teor de matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes são necessários para definir a fertilidade do mesmo, entrando nesta nova definição os parâmetros físicos do solo, como densidade, porosidade, armazenamento de água, intervalo hídrico ótimo entre outros atributos do solo que devem ser consideradas na avaliação da fertilidade do solo. Mostrando a importância das condições físicas do solo, principalmente, em solos manejados sob SPD.

Segundo Klein (2008) solos sob SPD tendem a ter maior densidade do solo o que acaba ocasionando maior retenção de água, mesmo que esta nem sempre esteja disponível às plantas. Klein *et al.* (2008a) avaliando a volume de poros livres de água em Latossolo Vermelho sob plantio direto e cultivado com trigo observaram que durante 957 horas havia menos de 0,1 m^3 m^{-3} de poros livres de água, condição considerada inadequada e que afetou o rendimento do trigo.

2.2 Compactação e mobilização do solo

De acordo com Rosolem (1995), os fatores do solo que afetam o desenvolvimento radical podem ser divididos em fatores químicos, como falta de nutrientes, presença de elementos tóxicos e fatores físicos, como excessiva resistência mecânica à penetração, baixa disponibilidade hídrica e deficiência de aeração.

A densidade do solo em ambientes não cultivados é uma propriedade física dependente de fatores e processos pedogenéticos. O uso pode compactar o solo, através do pisoteio animal, tráfego de máquinas e implementos, cultivo intensivo e sistema de manejo

inadequado, aumentando a densidade destes solos (HAMZA e ANDERSON, 2005).

Segundo Freitas (1994), a compactação do solo é considerada uma das maiores limitações ao alto rendimento das culturas em todo o mundo, pois afeta diretamente o crescimento do sistema radical, diminui a capacidade de infiltração de água no solo, reduz a disponibilidade de nutrientes na solução do solo, resultando em uma pequena camada à ser explorada pelas raízes. O autor salienta que devido a grande dependência de outros fatores, principalmente a umidade do solo no período do desenvolvimento radical o efeito da compactação no rendimento das culturas é difícil de ser avaliado.

Os sistemas de manejo que possibilitem a manutenção de maior volume de água disponível para as culturas contribuem para a diminuição do estresse hídrico. Muitos fatores afetam a retenção da água no solo, sendo o principal deles a textura, pois ela determina a área de contato entre as partículas sólidas e a água, determinando em boa parte a distribuição do diâmetro dos poros (REICHARDT,1988).

Borges *et al*. (1999), afirmam que o aumento da compactação acarreta o aumento da umidade do solo e redução da porosidade de aeração (afetando o suprimento de oxigênio às raízes), disponibilidade de nutrientes, elementos em níveis tóxicos às plantas. Assim o monitoramento da compactação do solo é uma ferramenta imprescindível ao planejamento das práticas de cultivo a serem adotadas, visando maximizar a rentabilidade agrícola (TORRES e SARAIVA, 1999).

Para minimizar os efeitos da compactação do solo pode-se intervir mecanicamente, com diversos tipos de implementos, sendo

que cada um provoca distintas alterações nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Cada implemento atua no solo de maneira diferenciada, alterando principalmente as propriedades físicas do solo. A intensidade de revolvimento do solo e de incorporação dos resíduos culturais promovem modificações nos teores de matéria orgânica (MO), na capacidade de troca de cátions (CTC), no pH, na dinâmica dos íons e na agregação do solo. Estas modificações tornam-se mais evidentes, conforme aumenta o tempo de uso da área (TOGNON *et al*., 1997; DE MARIA *et al*., 1999).

Um dos métodos mais utilizados no SPD (sistema plantio direto) é a escarificação esporádica, que segundo Silveira (1988), consiste em romper o solo da camada arável de 15 a 30 cm com o uso de implementos denominados escarificadores. Esses são implementos de hastes que são utilizados no preparo primário do solo, e que apresentam vantagens sobre os implementos de discos pelo fato de não promoverem uma inversão da camada de solo obtendo-se, com isto, maior capacidade operacional e principalmente menor alteração da estrutura do solo. Para Dalla Rosa (1981) a escarificação deve ser utilizada para descompactar o solo, rompendo camadas compactadas, facilitando a penetração das raízes e a infiltração da água no solo. Essas intervenções mecânicas são uma alternativa para reduzir as limitações físicas que o solo possa propiciar ao desenvolvimento das plantas.

Estudando o efeito da escarificação nas propriedades de um Latossolo Vermelho distrófico típico Camara e Klein (2005), constataram que a taxa inicial, bem como, a final de infiltração aos 120 minutos, foi afetada pelo manejo do solo, observando-se uma

diferença na taxa inicial de infiltração a favor do plantio direto escarificado de 2,2 vezes e na taxa final de 3,77 vezes. O plantio direto apresentou uma taxa final de infiltração de 26,49 mm h^{-1} e o plantio direto escarificado de 99,99 mm h^{-1}.

A aração do solo compromete a sua estrutura, deixando-o mais suscetível a erosão pelo fato de promover uma grande incorporação de resíduos. Porém esta mobilização pode ser necessária para, além da descompactação do solo, incorporar calcário para correção do pH do solo em profundidade. Prado e Natale (2004), encontraram desempenho satisfatório no uso de arado e grade niveladora para correção do pH do solo a uma profundidade de 0,2 metros, ocasionando em maior rendimento de milho, quando comparado a aplicação convencional no SPD (em cobertura) e com o uso de gradagem pesada.

2.3 Resistência mecânica do solo à penetração

A resistência mecânica do solo à penetração e a densidade do solo são utilizadas principalmente para definir níveis a partir dos quais o solo está compactado e requer medidas corretivas. A resistência do solo à penetração é dependente da umidade, textura, mineralogia, matéria orgânica e da densidade do solo. Esta pode ser utilizada como propriedade de referência para monitorar a compactação do solo (KLEIN 2008).

2.4 Densidade do solo

A densidade do solo, depende da massa e volume, ou seja, da forma e distribuição do tamanho e arranjo das partículas de solo, sendo a amplitude de valores para solos minerais de 1,1 a 1,6 g/cm³, com valores superiores para solos arenosos (KIEHL, 1979).

A densidade do solo é influenciada pela textura do solo (LIBARDI, 2005), e é obtida pela divisão da massa de solo seco pelo seu volume. Klein (2008) afirma de forma isolada, que a densidade do solo não é um bom parâmetro físico para avaliar a qualidade física do solo, pois é dependente da textura do solo, sendo os solos arenosos mais densos que os solos argilosos.

Estudando a densidade máxima do solo pelo ensaio de Proctor, Braida (2004), concluiu que o acúmulo de matéria orgânica no solo reduz a densidade máxima do solo. Klein *et al.* (2004), encontraram densidade máxima de 1,55 g/cm³ para um solo com 66% de argila e densidade máxima de 1,77 g/cm³ em um solo arenoso (32% de argila).

A DMS é reduzida quando há o aumento da matéria orgânica e aumenta a umidade crítica para compactação, salientando que a magnitude é dependente principalmente da granulometria do solo (BRAIDA *et al.* 2003). Portanto, devido a microagregação e material de origem os solos arenosos apresentam DMS maior que solos argilosos.

A densidade relativa de acordo com Torres e Saraiva (1999), é um indicador adequado para determinar a qualidade física do solo, ressaltando que os valores ótimos ou restritivos ao desenvolvimento das plantas dependerá da espécie e condições climáticas em questão, conforme também estudado por Klein (2006).

2.5 Intervalo hídrico ótimo

O intervalo hídrico ótimo (IHO) tem sido proposto e utilizado pela comunidade científica como indicador de qualidade física do solo. No entanto, os indicadores de qualidade do solo devem satisfazer alguns critérios, entre eles, ser sensível às variações no manejo, ser acessível e aplicável no campo, quesitos contemplados pelo IHO (BEUTLER *et al.* 2009).

O IHO é a amplitude da água no solo em que são mínimas as limitações ao desenvolvimento das plantas relacionada com a disponibilidade de água, aeração e resistência mecânica a penetração, quantifica a interação entre estas variáveis, sendo utilizado como indicador de qualidade física do solo (KLEIN, 1998).

A densidade em que o IHO é igual a zero é definida como densidade do solo crítica (Dsc), e quando a Ds é maior que a Dsc, há indicações de severa degradação estrutural do solo, logo, sistemas de manejo que proporcionem redução no IHO expõem as culturas a maior frequência de estresses hídricos, de acordo com Klein e Camara (2007).

Segundo Tormena *et al.* (2007), das propriedades físicas do solo diretamente ligadas ao crescimento das plantas a RP é a que reduz o IHO mais frequentemente.

2.6 Bioestimulantes para as plantas

Em geral, as plantas respondem aos estresses ambientais sendo ágeis bioquimicamente. A sobrevivência independentemente do estádio de crescimento, depende da velocidade com que são capazes de responder aos estímulos externos, ajustando o seu metabolismo a estas flutuações. Esses estímulos podem variar de uma pequena redução quase imperceptível no desenvolvimento até a morte da planta, e isso indica o quanto a planta é hábil em resistir e se aclimatar à condições estressantes (FREITAS e LAUXEN, 2003).

Bioestimulantes são substâncias naturais ou sintéticas, consideradas reguladores vegetais, podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos, sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita. Por meio dessas substâncias, pode-se interferir em diversos processos, tais como: germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência (Castro e Vieira, 2001).

Conforme Taiz e Zeiger (2004), seis grupos de substâncias são considerados hormônios vegetais: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico e brassinoesteróides. Esses grupos atendem às premissas relativas ao conceito atual de hormônios vegetais. Esses autores destacam, ainda, que as giberelinas atuam ativamente na germinação das sementes por induzirem, via ação gênica, a síntese de enzimas que promovem a quebra e a mobilização de substâncias de reserva no endosperma das sementes. As citocininas possuem grande capacidade de promover divisão celular por atuarem no ciclo celular, participando no processo de diferenciação celular e alongamento, principalmente quando interagem com as auxinas.

Quanto às auxinas, elas têm como principal efeito fisiológico a indução do alongamento celular pela ativação da bomba de prótons (ATPase), promovendo, dessa forma, a acidificação da parede celular, possibilitando a ação das enzimas hidrolíticas sintetizadas pela ação das giberelinas.

Os bioestimulantes são produtos relativamente novos no mercado e sua utilização vem aumentando anualmente, porém há poucos trabalhos científicos que denotem a eficiência ou não da utilização destes produtos via tratamento de semente de culturas anual de grãos, fazendo-se necessário aprofundar os estudos sobre o produto em questão (FERREIRA, 2006; MACEDO *et al.*, 2002).

A utilização de bioestimulantes que auxiliam no desenvolvimento radical das culturas age em rotas metabólicas do metabolismo secundário, prevendo melhorar as respostas das culturas aos estímulos do meio (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Estudos realizados por Castro e Vieira (2001), comprovam que com a aplicação de bioestimulantes na cultura soja (*Glyicine max* L.) e por Alleoni *et al.* (2000), na aplicação do mesmo produto na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) obtiveram maiores valores de crescimento radical bem como acréscimos significativos na produção de grãos e de massa seca por planta. Em contra partida, Ferreira *et al.* (2007), em aplicações de bioestimulantes na semente do milho não encontrou diferença significativa para produtividade, apenas para massa seca de raízes e parte aérea.

Quando as plantas são cultivadas em um ambiente favorável ao desenvolvimento, é difícil identificar os efeitos dos bioestimulantes, porém quando submetidas a condições de estresse,

plantas cultivadas com esses produtos mostram um melhor desempenho, pois desenvolvem um melhor sistema de defesa devido ao incremento no nível dos antioxidantes (KARNOK 2000, LONG 2006).

2.7 Composição dos bioestimulantes

As auxinas são sintetizadas nas plantas nas regiões de crescimento ativo, como meristemas de raízes, no meristema apical, nas gemas axilares e em folhas jovens, onde atuam no mecanismo que controla o crescimento. O crescimento do caule é ocasionado pela atividade mitótica e por aumento de volume (vacuolização) das células meristemáticas do ápice. As auxinas participam deste processo pelo fato de serem encontrados altos níveis de auxinas nas regiões do caule que estão crescendo mais ativamente. Nas folhas envolve os processos de divisão, expansão e diferenciação celular. Pelo fato do conteúdo de auxinas terem relação direta com as taxas de crescimento das folhas jovens, que são centros ativos de síntese, diminui a atividade com a idade das folhas. Por sua vez as raízes são extremamente sensíveis as auxinas, quando aplicada em órgãos isolados ocorre aumento da resposta paralela ao aumento da concentração até certa concentração após ocorre efeito inibitório (FERRI, 1985).

Segundo Ferri (1985), as citocininas são substâncias reguladoras do crescimento que causam divisão celular nas plantas, envolvidas ou tendo efeitos na diferenciação, alongamento celular,

crescimento e senescência foliar, dominância apical, germinação, desenvolvimento de organelas, atividade enzimática, abertura estomática e hidrólise de reservas de sementes. Além dos efeitos mencionados acima, as citocininas desempenham um papel na aplicação no controle da resistência à seca, através de um sistema hormonal balanceado, que envolve ácido abscísico. Mostrando indícios que as citocininas podem controlar a permeabilidade da membrana dos estômatos, a falta de água tende a diminuir os níveis endógenos de citocinina mostrando que as raízes reduzem o suprimento deste hormônio para as folhas murchas ao mesmo tempo em que o nível de ácido abscísico aumenta e os estômatos se fecham.

As giberelinas são substâncias promotoras de crescimento, seus efeitos são comparados aos das auxinas, mas a grande diferença entre esses dois grupos e que as giberelinas produzem grande efeito em plantas intactas. Mas os efeitos mais pronunciados das giberelinas aparecem no crescimento do caule devido à ativação do meristema subapical normalmente inativo (FERRI, 1985).

De acordo com Castro e Veira (2001) os aminoácidos podem ser considerados bioestimulantes ou estimulantes vegetais, com capacidade regulatória quando em equilíbrio com outras substâncias compostas da natureza bioquímica da planta.

Cassillas *et al.* (1986), relata que essas substâncias podem ser eficientes quando aplicadas em baixas doses, pois auxiliam de forma positiva nos processos vitais das plantas, fornecendo condições para uma maior produção e capacidade de superar condições adversas do clima.

2.8 A cultura do trigo

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é a principal planta cultivada no mundo, no Brasil a história do trigo iniciou com a sua colonização, no século XVI. Esse cereal foi introduzido no país em 1534 por Martin Afonso de Souza, na Capitania de São Vicente, atual Estado de São Paulo. Mais tarde, chegou ao Sul por intermédio dos primeiros povoadores provenientes dos Açores, os quais, desde cedo, se dedicaram ao seu cultivo aproveitando a existência de frio e disponibilidade de água, fatores importantes para o desenvolvimento do trigo proveniente da Europa e não encontrados nas regiões tropicais do Brasil (FEDERIZZI *et al.*, 1999).

No Sul do país o início do cultivo de trigo foi um sucesso. Os primeiros dados estatísticos sobre a produção agrícola no Rio Grande do Sul, datam de 1780, apresentam o trigo em lugar de destaque em relação ao milho, feijão, mandioca e arroz. No entanto, o século XlX foi marcado por uma grande queda na produção desse cereal, devido ao surgimento da ferrugem, causada por um fungo do gênero *Puccinia* (LAGOS, 1983).

O trigo ocupa papel destaque dentre os cereais produzidos no Brasil, tendo uma importante função econômica e social. O consumo de trigo do Brasil, tem se mantido em aproximadamente 10 milhões de Megagramas (Mg) enquanto que a produção interna oscila entre 5 e 6 milhões de Mg, determinando a necessidade de importar entre 4 e 5 milhões de Mg para suprir a demanda nacional desse cereal (EMBRAPA, 2009).

Na alimentação humana, o trigo participa com aproximadamente 32% da produção mundial de grãos (COMISSÃO..., 2003). É considerado um alimento nobre, sendo componente fundamental da dieta alimentar na maioria dos países.

O estabelecimento de práticas de manejo que otimizem os insumos aplicados e a implantação da cultura pode contribuir para aumentar o rendimento da cultura do trigo no Brasil. O rendimento final da cultura depende da cultivar utilizada, da quantidade de insumos e das técnicas de manejo empregadas (ANDRADE BERNS, 2005).

Quanto à germinação das sementes de trigo, de acordo com Mundstock (1983), quando a semente é colocada a germinar inicia-se uma série de etapas que vão desde a absorção da água até a saída do coleóptilo na superfície do solo. Para que isto ocorra, torna-se necessária a conjugação dos seguintes fatores, em níveis favoráveis: água, temperatura e oxigênio. Sob baixas temperaturas as raízes são ativadas em primeiro lugar, em temperaturas mais elevadas o coleóptilo emerge primeiro da semente. Quando as raízes entram em contato com o solo iniciam a absorção de água e nutrientes, passando a suprir parcialmente as necessidades da nova planta, em escala progressivamente maior. Paralelamente, o coleóptilo que já contém a primeira folha em seu interior, alonga-se e rompe a barreira do solo entre a semente e a superfície. Quando ultrapassa a superfície em alguns milímetros paralisa seu crescimento. Em pouco tempo a primeira folha emerge e inicia o processo de fixação de CO_2, suprindo progressivamente as necessidades da nova planta.

Os principais componentes de rendimento e qualidade do trigo são, o número de plantas, afilhos, espigas e espiguetas por metro quadrado, o número de grãos por espiga, o massa de mil grãos e a massa específica aparente ou peso hectolitro (PH) do trigo que é uma propriedade que assume elevada importância para efeito de comercialização do produto, uma vez que os preços praticados consideram esta característica como um indicativo de qualidade e rendimento. No Brasil, o trigo limpo com teor de água de 13% é comercializado utilizando-se, como referência, um valor de PH (kg hL^{-1}) igual a 78 (CORREA, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido na área experimental da Universidade de Passo Fundo, no município de Passo Fundo – Rio Grande do Sul, com coordenadas S - 28° 12´ 36´´ e W - 52° 23´42´´ com altitude média de 687 m, clima do tipo Cfa 1 (subtropical chuvoso) segundo a classificação de Köppen.

O solo da área experimental pertence a unidade de mapeamento Passo Fundo, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, relevo ondulado e substrato basalto, com composição média apresentada na Tabela 1. A análise granulométrica foi realizada no Laboratório de Física e Água do Solo da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, baseada na metodologia descrita por Gee e Bauder (1986), ou seja, realizou-se a dispersão dos sólidos em meio líquido, utilizando-se para tal a dispersão mecânica (agitação lenta de 15 h) e química, utilizando como dispersantes solução aquosa de hexametafosfato de sódio puro e de hidróxido de sódio (Solução Calgon) em vidro de 600 mL. A determinação foi realizada utilizando o densímetro de Boyoucous, efetuou-se leituras na amostra condicionada em provetas de 1000 mL. Fizeram-se duas leituras com o densímetro, uma aos 40 segundos após a agitação e outra em duas horas. A primeira leitura corresponde aos teores de argila e silte, enquanto a segunda somente argila. A fração areia foi determinada por peneiramento e pesagem.

Tabela 1: Teores de argila, silte e areia de acordo com a profundidade, com amostras coletadas de um Latossolo Vermelho

Profundidade	Argila	Silte	Areia
cm		g kg^{-1}	
0 – 5	500	110	390
5 – 10	500	110	390
10 – 15	510	110	380
15 – 20	510	100	390

3.1. Tratamentos

Os tratamentos do experimento consistiram em três manejos de solo e três tratamentos de semente (dois com bioestimulantes e a testemunha), conforme pode-se observar na Tabela 2.

Tabela 2: Tratamentos adotados no experimento

Tratamento	Manejo	Tratamento de semente
T 1.1	Plantio direto	sem bioestimulante
T 1.2	Plantio direto	com Booster®
T 1.3	Plantio direto	com Stimulate®
T 2.1	Plantio direto escarificado	sem bioestimulante
T 2.2	Plantio direto escarificado	com Booster®
T 2.3	Plantio direto escarificado	com Stimulate®
T 3.1	Arado	sem bioestimulante
T 3.2	Arado	com Booster®
T 3.3	Arado	com Stimulate®

3.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e oito repetições, sendo o plantio direto (PD), plantio direto escarificado (PDE), e solo arado (SA) as parcelas principais. As subparcelas foram constituídas dos tratamentos das sementes com bioestimulantes, ou seja, com Stimulate®, Booster® e a testemunha.

O experimento totalizou 72 unidades experimentais, com área de 13 m², totalizando uma área de 1000 m².

3.3. Manejo do solo

A área do experimento foi conduzida sob o sistema plantio direto (consolidado), no inverno a área é cultivada com aveia ou trigo e no verão milho ou soja.

Após a colheita da cultura antecessora (soja), para implantação dos tratamentos de solo, utilizou-se para plantio direto escarificado (PDE) um escarificador modelo Jumbo-Matic (Figura 1), equipado com cinco hastes de formato parabólico e discos de corte, trabalhando a uma profundidade média de 25 cm. Para o manejo arado utilizou-se um arado reversível marca Jan com três discos de 28 polegadas (Figura 2), regulado para operar em uma profundidade de 20 cm, para o manejo PD não foi feito nenhum preparo do solo. O preparo de solo foi realizado no dia primeiro de maio de 2009.

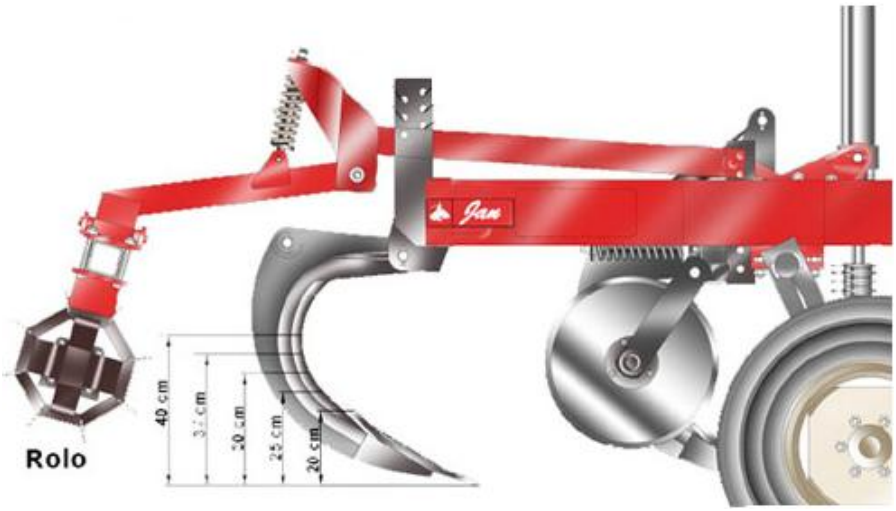


Figura 1: Escarificador modelo Jumbo-Matic.

Figura 2: Arado com discos de 28 polegadas de diâmetro.

3.4. Análise dos atributos químicos

Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 20 cm na área do experimento e submetida para análise dos atributos químicos do solo (pH, SMP, MO, macro e micronutrientes) a partir da interpretação dos resultados, foi realizada a correção e adubação de acordo com o Manual de Adubação e Calagem (2004) afim de não haver impedimentos nutricionais para o desenvolvimento da cultura do trigo.

3.5. Produtos bioestimulantes para o tratamento de sementes

Os produtos utilizados para os tratamentos de sementes foram o Booster® e o Stimulate®. O Booster® é composto por 3% de cobre, 2% de molibdênio, 0,1% de zinco, auxina e citocinina. Os nutrientes contidos nesse produto propiciariam um melhor sistema radical, promovendo uma maior quantidade de radicelas, o que aumentaria a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas (AGRICHEM, 2008).

O bioestimulante Stimulate®, composto por três reguladores vegetais 0,009% de cinetinina, 0,005% de ácido giberélico, 0,005% de ácido indolbutírico, e 99,981% de ingredientes inertes (STOLLER, 1998).

As doses utilizadas no tratamento de semente foi a recomendada pelos fabricantes, no caso do bioestimulante Booster® a

dose foi de 1 $mL.kg^{-1}$, No tratamento com o bioestimulante Stimulate® utilizou-se a dose de 4 $mL.kg^{-1}$.

3.6. Semeadura, tratamento de semente e cultivar

O trigo foi semeado no dia primeiro de julho, utilizando-se uma semeadora adubadora marca Semeato modelo SHM15/17 Rot, com sulcador de discos duplos. O espaçamento entre linhas de 0,17m, densidade de 250 sementes viáveis por metro quadrado e profundidade média de semeadura de 3 cm (COMISSÃO... 2008).

A adubação na semeadura foi realizada com 250 kg/ha de N:P:K na formulação 02-15-22. Foram realizadas duas aplicações de fertilizantes em cobertura, a primeira com 70 kg/ha de N:P:K (02-15-22) no estádio de perfilhamento. A segunda aplicação de fertilizante em cobertura foi somente nitrogênio (uréia) a dose foi de 150 kg de uréia, aplicado no estádio de elongamento.

As sementes foram previamente tratadas com fungicida (Thiram, Carbendazim) e inseticida (Fipronil), nas doses recomedadas para cultura. Para este tratamento utilizou-se uma máquina para tratamento de sementes.

O tratamento de semente com bioestimulantes foi realizado no momento da semeadura, para aplicação colocou-se a dose recomendada do produto junto com a semente dentro de um saco e agitou-se vigorosamente até que a adesão ficasse uniforme, foi utilizado 25 kg de semente para cada tratamento.

A cultivar de trigo utilizada no experimento foi a Safira. Obtida através dos cruzamentos do PF9099/OR-1//Granito. Apresenta

boa adaptação a região, hábito vegetativo semi-rasteiro, perfilhamento forte, altura da planta média de 89 cm, moderadamente suscetível ao acamamento; moderadamente suscetível a debulha natural; massa média de mil grãos de 32 g. Apresenta qualidade industrial classificado como trigo pão, grão vermelho e duro elevado peso hectolitro; moderadamente resistente a germinação na espiga. A cultivar apresenta reação a doenças ferrugem da folha, mosaico e oídio moderadamente resistente para giberela e manchas foliares é moderadamente suscetível (COMISSÃO... 2008).

3.7. Tratos culturais

A dessecação da área foi realizada com aplicação de glyphosate no dia da semeadura. Após 45 dias a partir emergência aplicou-se Metsulfuron-Metil na dose de três gramas de ingrediente ativo por hectare com volume de calda de 100 $L.ha^{-1}$, para controle de plantas daninhas dicotiledôneas. Para controle e prevenção de moléstias utilizou-se um fungicida composto de triazol (Cyproconazol) e estrobirulina (Piraclastrobin), na dose de 500 $mL.ha^{-1}$, a volume de calda na aplicação foi de 120L, foram realizadas duas aplicações de fungicida com a mesma dose. Para o controle de insetos utilizou-se duas aplicações de inseticida organofosforado (Metamidofós) na dose de 700 $mL.ha^{-1}$.

3.8. Colheita

A colheita do experimento foi realizada com uma colhedora de parcelas da Universidade de Passo Fundo, com

plataforma de 1,4 metro de largura sem reservatório interno e saca palhas, (Figura 3).

Figura 3: Colhedora de parcelas, no momento da colheita.

3.9. Variáveis analisadas

3.9.1. Solo

Para obtenção dos valores de densidade do solo para os diferentes manejos, coletou-se amostras com estrutura preservada de cinco em cinco centímetros, até 20 cm de profundidade, com oito repetições por tratamento. Para esta coleta utilizou-se um trado tipo Uhland e cilindros de aço inoxidável com média de cinco centímetros

de diâmetro e cinco centímetros de altura, totalizando um volume de 100 cm^3. As amostras foram coletadas após a colheita do trigo, ou seja, dia 25 de novembro, ou seja, aproximadamente sete meses após a mobilização do solo.

Determinou-se também a densidade máxima do solo e umidade ótima para compactação através do ensaio de Proctor normal conforme proposto por Klein (2008), na qual a amostra é compactada em cilindro metálico de 1000 cm^3 (MEDIR O PROCTOR), em três camadas, cada uma destas recebendo 25 golpes de um soquete de 2,5 kg caindo de uma altura de 30,5 cm, correspondente a uma energia de 560 kPa, metodologia de acordo com a ABNT..

As equações utilizadas para calcular a DMS e umidade gravimétrica ótima de compactação estão no software desenvolvido pela FAMV/UPF (Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo) no laboratório de Física e Água do Solo (Lafas), apresentado por Klein *et al.* (2008b) , e disponível no site www.upf.br/lafas .

Para obter-se a curva de compactação o solo foi compactado em oito amostras com distintos teores de umidade, ou seja, com intervalos de aproximadamente 1,5% de umidade gravimétrica, partindo-se de uma umidade de 0,16 $kg.kg^{-1}$, permitindo assim o quarto ou quinto ponto próximo a umidade crítica. Após cada compactação retirou-se do núcleo três amostras do solo compactado para determinação da umidade.

Com base nos valores de umidade e densidade do solo correspondente estimou-se a densidade máxima e a umidade ótima do solo para compactação.

Para densidade relativa foi utilizada a equação abaixo, conforme proposto por Klein (2006).

$$DR = \frac{Ds}{Ds\ máx}$$

Sendo:

DR = densidade relativa do solo;

Ds = densidade do solo no campo (g/cm³);

Ds máx = densidade máxima do solo (g/cm³).

Amostras com estrutura preservada foram coletadas para determinação da porosidade total, porosidade de aeração, microporos e criptoporos. A porosidade foi classificada de acordo com seu diâmetro.

Para definição da porosidade total utilizou-se a relação entre densidade do solo e densidade de sólidos do solo (EMBRAPA 1997), os macroporos foram considerados poros com diâmetro maior que 0,05 mm, ou seja, os poros vazios quando a amostra foi submetida a tensões inferiores a 6 kPa (para aplicar a tensão de 6 kPa nas amostras utilizou-se funis de placas porosas Funis de Haynes). Os microporos aqueles com diâmetro entre 0,05 e 0,0002 mm, ou seja, poros esvaziados em tensões entre 6 e 1.500 kPa. Os criptoporos, poros com diâmetro inferior a 0,0002 mm (KLEIN e LIBARDI, 2002), foram calculados a partir da equação proposta por Klein e Marcolin (2008), em função do teor de argila.

Y= teor de argila*

A resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi determinada em laboratório, utilizando um penetrômetro eletrônico de bancada, modelo MA-933 (Figura 4), marca Marconi, com velocidade constante de 0,1667 $mm.s^{-1}$, equipado com uma célula de carga de 200 N, e haste com cone de quatro milímetros de diâmetro de base e semi-ângulo de 30º, receptor e interface acoplado a um computador para coleta dos dados através de um software próprio para o equipamento. As determinações foram realizadas em amostras com estrutura preservada, submetida a diferentes teores de umidade. Para cada amostra foram obtidos cerca de 280 valores e utilizado a média de 220 valores centrais. A média destes valores foi corrigida pela equação de calibração do equipamento (y = 0,9613x + 0,1281) a qual corrige os valores obtidos pelo equipamento em função dos valores reais de força. Após a correção para kgf, foi necessário a transformação dos valores para MegaPascal (MPa). Para isso multiplicou-se os valores em kgf por 9,81 N (Newton), dividiu-se este valor pela área da base do cone correspondente a $1,2566*10^{5}$ m^2 e multiplicou-se por 1.000.000 para ter o valor em MPa.

Figura 4: Penetrômetro eletrônico de bancada.

Após a obtenção dos valores da RP em MPa, os dados foram ajustados a um modelo não linear proposto por Busscher (1990) e adaptado por Tormena *et al.* (1998) ou seja, a seguinte equação:

$$ln\ (RP) = ln\ (a) + b * ln\ (Ds) + c * ln\ (\theta)$$

Sendo:

a,b,c = parâmetros empíricos da equação;

Ds = densidade do solo (g/cm^3);

θ = Umidade volumétrica (m^3/m^3).

Para determinar os parâmetros empíricos da equação utilizou-se uma rotina para o software SAS (SAS INSTITUTE 1996)

proposta por Klein *et al.* (2009) a partir dos valores de umidade volumétrica, densidade do solo e resistência a penetração.

O intervalo hídrico ótimo (IHO) foi elaborado a partir da metodologia descrita por Klein (2008). Iniciando pela obtenção das equações de ajuste para os teores de água no solo na capacidade de campo (tensão de 6 kPa), ponto de murcha permanente, resistência a penetração de 2 MPa e porosidade de aeração de 0,1 cm^3/cm^3.

A partir das equações confeccionou-se um gráfico com quatro linhas (com o software Excel), com o gráfico pronto obtêm-se o IHO com os limites superiores e inferiores variando conforme a densidade do solo, também define-se a densidade crítica, que é o valor de densidade do solo em que o IHO é igual a zero.

3.9.2. Componentes do rendimento

Quanto aos componentes de rendimento da cultura do trigo, foram analisados, o número de plantas, afilhos e espigas por metro linear, estatura de planta, número de grãos por espiga e tamanho das espigas, massa de mil grãos, massa do hectolitro, para o rendimento foi colhida a parcela e após a colheita determinou-se a porcentagem de sementes viáveis.

O número de plantas, afilhos, espigas e estatura de plantas também foram analisados em um metro linear, o número de plantas e afilhos foram avaliados na antese, o número de espigas por metro linear e estatura de plantas avaliou-se durante a maturação fisiológica.

Na avaliação do tamanho de espigas e número de grãos por espiga coletou-se em todas unidades experimentais um metro linear de trigo, estas plantas foram tiveram as espigas medidas com um paquímetro digital, após a medição foram debulhadas (manualmente) e contadas o número de grãos por espiga, para análise estatística utilizou-se a média dos valores obtidos em cada unidade experimental.

Para obtenção do peso do hectolitro (massa específica aparente), utilizou-se um cilindro de 250 cm^3 de volume, pesado a massa de trigo que coube no cilindro e a partir desses dados calculou-se o PH do trigo.

Para determinação da massa de mil grãos contou-se as sementes e pesou-se a amostra em uma balança analítica.

Para estimar-se o rendimento colheu-se as unidades experimentais com uma colhedora de parcelas, a área colhida em cada unidade foi de aproximadamente oito metros quadrados. Para estimar o rendimento corrigiu-se a umidade do trigo colhido para 13%. Para isso, retirou-se uma alíquota de cada amostra, pesou-se, e levou-se a estufa a 105º até a amostra ficar com massa constante.

Determinou-se a germinação de uma alíquota, de sementes de trigo colhida no experimento, de cada parcela (400 semente por parcela), a análise foi realizada no laboratório de sementes da UPF através da rotina padrão proposta por Brasil (2009).

3.10. Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância pelo Teste T e as diferenças entre médias foram comparadas pelo teste Tukey a 0,05 de significância, com o auxílio do programa estatístico Assistat (2009).

Os resultado apresentados em tabelas mostram interação significativa quando há a comparação de médias de cada tratamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Textura do solo

A composição granulométrica do solo é uma propriedade inerente ao solo que possui grande importância no estudo do seu comportamento físico-hídrico. Vários fatores físico-hídricos do solo são influenciados pelo teor de argila do solo, tais como, o estado de energia da água no solo, o fluxo não saturado, porosidade e densidade do solo (BRAIDA, 2004). A diferença na distribuição de argila nos diferentes manejos de solo, conforme Tabela 3, não diferiu significativamente, esta diferença mínima que ocorreu pode ser atribuída ao método de análise.

Tabela 3: Teor de argila, silte e areia de acordo com o manejo adotado e profundidade da amostra

Prof.	PD	PDE	SA	PD	PDE	SA	PD	PDE	SA
	Argila			Silte			Areia		
cm	$g.kg^{-1}$								
0 – 5	500	510	510	120	100	110	380	390	410
5 – 10	500	500	500	110	100	100	390	400	390
10 – 15	520	520	520	110	100	110	370	380	380
15 – 20	500	510	510	110	90	100	390	400	380

PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

A não ocorrência de diferença estatística já era esperada, podendo ser explicada pelo tempo necessário para ocorrer mudanças nas características texturais do solo (Tabela 3).

4.2. Densidade do solo

Os resultados de densidade do solo apresentaram diferença estatística para os manejos de solo e para profundidade (Tabela 4). Ralisch *et al*. (2001), concluíram que a escarificação tem efeito somente para uma cultura, não tendo efeito residual para outras culturas subsequentes, enquanto que Pierce *et al.* (1992) relata que o efeito da escarificação pode persistir por anos em um solo franco-arenoso.

Tabela 4: Densidade média do solo de acordo com o manejo do solo e profundidade amostrada

Manejo	Profundidade (cm)				Média
	0 – 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	
	$g.cm^{-3}$				
PD	B1,13a	AB1,21ab	AB1,23a	A1,28a	1,21ab
PDE	C1,00b	B1,13b	A1,24a	A1,27a	1,16 b
SA	B1,14a	A1,29a	A1,27a	A1,28a	1,25a
Média	C 1,09	B 1,21	AB 1,25	A 1,27	
CV (profundidade)		6,89 %			
CV (manejo)		10,49 %			

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

A média das profundidades do manejo PDE não diferiu estatisticamente do PD quanto a densidade do solo. Pois, embora o escarificador promova uma mobilização do solo, ocasionando o empolamento com aumento da porosidade total (KLEIN *et al.*,1995), com o passar do tempo ocorre novamente uma acomodação natural

devido a ausência de revolvimento, como também, pela compactação ocasionada pelo tráfego de máquinas (DE MARIA *et al.*, 1999).

Ocorrendo diferença entre o manejo PDE e arado, que obteve a maior densidade de solo. Pode-se afirmar quanto ao manejo arado que a desestruturação do solo causada pelo implemento é maior facilitando a compactação pós-mobilização. Diferente dos resultados obtidos, Klein e Camara (2007) em experimento com Latossolo Vermelho Distroférrico típico, onde encontraram diferença significativa entre PD e PDE seis meses após a escarificação.

A diferença estatística observada nas duas primeiras camadas ocorreu devido a maior mobilização da camada superficial do solo pelos implementos, fato que dificulta a amostragem deste solo com estrutura preservada.

A intensa precipitação pluvial ocorrida durante o período do experimento (Figura 5) pode explicar a inexistência de diferença estatística entre as densidades de solo nos distintos manejos, pois a chuva acelera o processo de acomodação das partículas do solo, fato que ocorreu com o manejo arado por ter sido revolvido. Salientando que as amostras foram coletadas sete meses após a mobilização do solo. Por outro lado destaca-se o descrito por Klein *et al.* (2009) que a DS pode não ser a melhor propriedade para avaliar a estrutura do solo e sim a densidade relativa, que isola fatores como a textura do solo.

Estudando os efeitos da intervenção mecânica na redução da compactação, Tavares Filho *et al.* (2006) concluíram o efeito positivo da descompactação somente no primeiro ano, bem como, Vieira e Klein (2007) que após dois anos da escarificação de um Latossolo Vermelho não observaram diferenças na densidade do solo,

porém a taxa de infiltração de água ainda era maior no plantio direto escarificado.

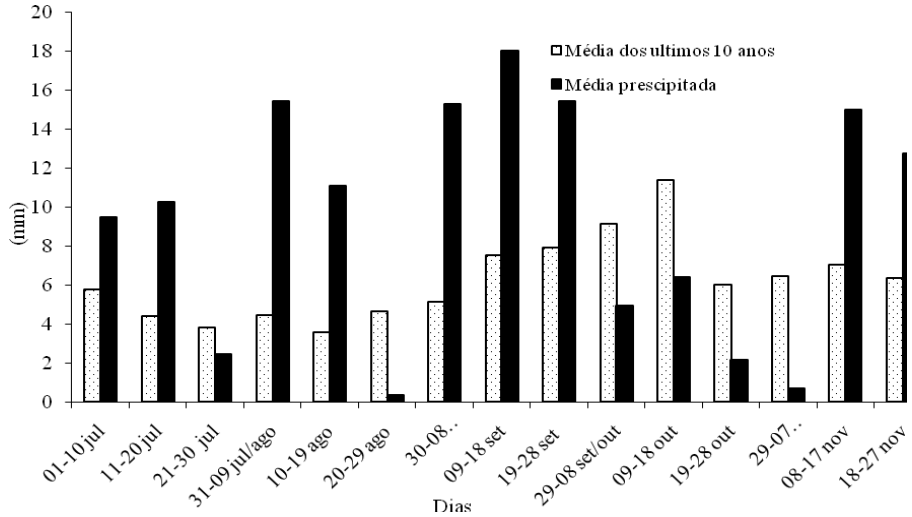


Figura 5: Precipitação pluvial esperada e ocorrida durante duração do experimento.

Em trabalho realizado por Reinert *et al.* (2008) com diferentes coberturas vegetais em um Argissolo Vermelho Distroférrico típico concluíram que o plantio direto elevou a densidade do solo para os níveis limitantes as plantas e que as espécies avaliadas (crotalária juncea, guandu anão, feijão de porco e mucuna cinza) em solos com compactação excessiva, não são suficientes para descompactar o solo, principalmente quando a densidade for maior que 1,85 g/cm³, sendo necessária a mobilização do solo com escarificador ou subsolador.

4.3. Densidade máxima do solo

De acordo com as equações da Tabela 5 pode-se calcular para o manejo desejado o momento da inflexão da curva, correspondente a maior densidade obtida pelo ensaio de proctor. A densidade máxima do solo variou levemente nos diferentes manejos, sendo menor no arado seguido pelo PDE, provavelmente pela de matéria orgânica (MO) incorporada no solo no momento da intervenção mecânica, de acordo com Braida *et al.* (2003),

Os valores obtidos para DMS e umidade ótima para compactação para os manejos PD, PDE e arado, foram respectivamente 1,52 $g.cm^{-3}$ e 0,23 $g.g^{-1}$; 1,51 $g.cm^{-3}$ e 0,24 $g.g^{-1}$; 1,49 $g.cm^{-3}$ e 0,240 $g.g^{-1}$. Enquanto, Dias Junior e Miranda (2000), estudando o processo de compactação, demonstraram que as classes de solos apresentam comportamento distinto devido à variação de textura, matéria orgânica e umidade. Encontrando em um Latossolo Vermelho-amarelo com teor de argila de 37 $g.kg^{-1}$, uma DMS de 1,57 Mg m^{-3}, e uma umidade ótima de 0,20 $kg.kg^{-1}$, e num Latossolo Vermelho-escuro com 570 $g.kg^{-1}$ de argila, uma DMS de 1,44 Mg m^{-3}, e uma umidade ótima de compactação de 260 $g.kg^{-1}$.

Tabela 5: Ensaio de Proctor.

Manejo	Equação	R^2	DMS $g.cm^{-3}$	UG ótima $g.g^{-1}$
PD	$Y= -33,317x^2 + 15,869x - 0,370$	0,915	1,52	0,238

PDE	$Y= -43,014x^2 + 20,489x - 0,928$	0,679	1,51	0,242
SA	$Y = -47,950x^2 + 18,653x - 0,183$	0.918	1,49	0,240

PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

4.4. Densidade relativa

A densidade relativa (DR), obtida da razão entre a densidade do solo no campo pela densidade máxima (obtida pelo ensaio de Proctor), denotou resultados que diferiram estatisticamente para os manejos e profundidades (Tabela 6). Ressaltando a heterogeneidade da DR no perfil do solo em todos os manejos.

Tabela 6: Densidade relativa do solo em função da profundidade e manejo do solo

Manejo	Profundidade (cm)				Média
	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	
PD	B0,74a	AB0,79ab	AB0,81a	A0,84a	0,80 ab
PDE	C0,66b	B0,75b	A0,82a	A0,84a	0,77 b
SA	B0,77a	A0,86a	A0,85a	A0,86a	0,83 a
Média	C 0,72	B 0,80	AB 0,83	A 0,84	
CV (profundidade)		6,88 %			
CV (manejo)		10,46 %			

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

No manejo arado obtiveram-se valores maiores para densidade relativa que nos demais manejos, provavelmente a alta precipitação da época tenha influenciado diretamente (Tabela 6).

A densidade relativa ótima para Beutler *et al.* (2005), que estudaram o rendimento da soja em casa de vegetação, foi superior no Latossolo Vermelho eutroférrico argiloso (0,84), comparada a do Latossolo Vermelho caulinítico de textura média (0,75) na tensão de 10 kPa e no campo a densidade relativa ótima para a soja foi de 0,80. Para Klein (2002), em um Latossolo Roxo de textura argilosa o valor da DR em condições ideais para as plantas foi de 0,71, para máximo IHO.

Nos dados obtidos mesmo nas maiores DR o valor não ultrapassou 0,86, e segundo Klein (2006) e Reinert *et al.* (2008), a faixa de DR entre 0,80 e 0,90 considera-se não compactado, não sendo considerada restritiva ao desenvolvimento das plantas, conforme destacado por de Marcolin,(2009).

Na profundidade mais superficial (0-5 cm) observa-se os menores valores de DR, chegando ao valor maior na profundidade de 15-20 cm no manejo arado. Provavelmente, devido a uma camada compactada realizada pelo próprio implemento. Ferreras *et al.* (2001), em um solo siltoso da Argentina encontraram valores de densidade relativa de 0,82 e 0,69 na camada superficial (0-6 cm), enquanto na camada de 10-16 cm foi de 0,87 e 0,85 para plantio direto e escarificação, respectivamente. Nesse solo observaram que a cultura da soja apresentou menor rendimento de grãos no plantio direto (1.700 $kg.ha^{-1}$) que no escarificado (3550 $kg.ha^{-1}$). Destacam ainda o efeito da camada superficial adensada em plantio direto, onde observaram menor desenvolvimento do sistema radical, fato que no presente experimento não ocorreu, pois na camada superficial do PD a DR era

de 0,85, considerado um valor bom para desenvolvimento das plantas, de acordo com Marcolin (2009).

4.5. Porosidade do solo

A porosidade total do solo (Pt) apresentou interação entre os manejos e profundidade (Tabela 7), sendo os resultados obtidos próximos entre eles. Todos os valores ficaram acima de 0,51 $cm^3.cm^{-3}$. O PDE diferiu estatisticamente do manejo arado, porém não do PD discordando com os resultados obtidos por Klein e Camara (2007), que não encontraram diferença estatística para porosidade total quando compararam plantio direto com plantio direto escarificado. Os resultados obtidos não permitem concluir sobre a eficiência da escarificação em diminuir a densidade do solo, descompactando-o e aumentando a porosidade total do solo.

Tabela 7: Porosidade total do solo, de acordo com o manejo e profundidade

Prof.	Manejo									Média	
	PD			PDE			SA				
cm	$cm^3.cm^{-3}$										
0-5	B	0,57	a	AB	0,62	a	A	0,56	a	0,58	a
5-10	A	0,54	ab	A	0,57	b	A	0,51	b	0,54	b
10-15	B	0,53	ab	B	0,53	c	A	0,51	b	0,52	bc
15-20	A	0,51	b	A	0,52	c	A	0,51	b	0,51	c
Média	AB	0,54		A	0,56		B	0,52			
CV (Manejo)	8,82 %										
CV (Profundidade)	5,80%										

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

A macroporosidade apresentou diferença entre os manejos, porém um ponto importante a ser destacado é a grande variação (Tabela 8) dos valores do CV = 36,53% para os manejos e 26,72% para a profundidade, que indicam a alta variabilidade espacial, que pode interferir no desenvolvimento radical das plantas, bem como no fluxo da água nestes solos.

Mesmo no manejo arado onde obteve-se os menores valores para macroporosidade os mesmos não foram inferiores a 0,10 cm^3/cm^3, que de acordo com Libardi (2005) é o mínimo para o desenvolvimento normal das plantas, pois estes são os poros responsáveis pela aeração e pela drenagem da água no solo.

Tabela 8: Volume de macroporos em função do manejo de solo e profundidade

Prof.	Manejo			Média
	PD	PDE	Arado	
cm	$cm^3.cm^{-3}$			
0 -5	B0,21a	A0,312a	B0,23 a	0,25 a
5-10	AB0,18ab	A0,23b	B0,14b	0,18 b
10-15	A0,16ab	A0,17bc	A0,13b	0,15 bc
15-20	A0,14b	A0,13c	A0,12b	0,13 c
Média	AB 0,17	A 0,21	B 0,16	
CV (Manejo):	36,56%			
CV (Profundidade)	26,72%			

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

Deve-se ressaltar que o fluxo de gases bem como o movimento de água no solo estão intimamente relacionados ao volume de macroporos, ou seja, a garantia de suprimento de oxigênio às raízes, bem como, a capacidade de infiltração e redistribuição de água no perfil dependem dessa propriedade. Sua efetividade, nesses casos, depende mais da qualidade (continuidade, abertura na superfície) destes poros do que somente a quantidade (SILVA *et al.*, 2005). Normalmente a escarificação do solo promove um aumento temporário da macroporosidade, embora não tenha ocorrido diferença estatística observou-se que no PDE o volume de macroporos foi maior em relação aos demais manejos.

Os microporos (Tabela 9) não diferiram estatisticamente quanto aos manejos, somente em profundidade, apresentando maior volume de microporos na profundidade de 15 – 20 cm. Segundo Klein (2008), os microporos são responsáveis pela água facilmente disponível às plantas. Logo, este volume maior de microporos influencia na disponibilidade de água em profundidade e denota a necessidade das raízes se aprofundarem mais no perfil solo.

Tabela 9: Volume de microporos em função do manejo de solo e profundidade

Prof.	Manejo			Média
	PD	PDE	SA	
cm	$cm^3.cm^{-3}$			

0-5	A	0,16	a	B	0,14	b	B	0,14	b	0,15b
5-10	A	0,16	a	A	0,15	a b	A	0,16	ab	0,16a b
10-15	A	0,14	a	A	0,16	ab	A	0,17	a	0,16 ab
15-20	A	0,16	a	A	0,16	a	A	0,17	a	0,17 a
Média	A	0,16		A	0,15		A	0,16		
CV (Manejo)	14,55 %									
CV (Profundidade)	11,50%									

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

Os criptoporos (Tabela 10) são os poros onde a água fica retida com tal energia (forças capilares e de adsorção) que não fica disponível as plantas, logo quanto maior o volume de criptoporos maior será a quantidade de água retida no solo (água não disponível as plantas). Quanto aos manejos o arado diferiu do PDE, no qual encontrou-se o menor número de criptoporos. Em profundidade o volume de criptoporos aumentou em todos manejos.

Tabela 10: Volume de criptoporos em função do manejo de solo e profundidade

Prof.	Manejo			Média
	PD	PDE	Arado	
cm	$cm^3.cm^{-3}$			
0 -5	A0,18b	B0,16c	A0,18b	0,17 c
5-10	AB0,19ab	B0,18b	A0,20a	0,19 b
10-15	A0,20a	A0,20a	A021a	0,20 a
15-20	A0,21a	A0,21a	A0,21a	0,21 a
Média	AB 0,19	B 0,19	A 0,20	
CV (manejo):	10,45%			

CV (profundidade)	6,86%

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

4.6. Resistência mecânica do solo a penetração

O solo não apresentou diferenças na resistência a penetração (RP) em função da profundidade da coleta dos dados, porém diferiu estatisticamente entre os manejos adotados conforme observa-se na tabela 11. Corroborando com os resultados obtidos Inoue *et al.* (2002) e Cavalieri *et al*. (2003), que apresentaram trabalhos demonstrando a eficiência da escarificação no perfil do solo na redução da resistência do solo a penetração.

Klein *et al.* (2009), estudando a resistência do solo a penetração em SPD e PDE, considerando a mesma umidade e densidade de solo, o PDE apresentou menor resistência do solo à penetração e diferenças acentuadas em relação ao plantio direto nas datas em que as amostras apresentavam baixa umidade volumétrica. Os dados obtidos corroboram com os obtidos por Klein *et al.* (2009) porém a diferença de RP já é considerável com o solo em capacidade de campo.

Tabela 11: Resistência mecânica do solo a penetração em MPa, em amostras com umidade equivalente a capacidade de campo, em quatro profundidades e três manejos

Manejo	Profundidade (cm)				Médias
	0-5	5-10	10-15	15-20	
	MPa				

PD	0,91	0,85	0,87	0,99	0,88 a
PDE	0,43	0,44	0,55	0,71	0,53 c
Arado	0,71	0,79	0,72	0,86	0,77 b
Médias	A0,68	A0,69	A0,71	A0,82	
CV (manejo)		23,14 %			
CV (profundidade)		28,59 %			

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

De acordo com Beutler *et al.* (2005), valores de resistência a penetração menores de 0,85 MPa são considerados solos soltos, onde enquadra-se o PDE e o Arado, enquanto segundo Rosolem *et al.* (1999), o PD é classificado como não compactado, ou seja, entre o intervalo de 0,86 e 0,90.

Os coeficientes de variação obtidos, concordam com Ribon e Tavares Filho (2008) que estudando a resistência mecânica do solo a penetração em um Latossolo Vermelho encontram coeficientes de variação variando de altos a muito altos, caracterizando a variabilidade espacial da RP.

4.7. Intervalo hídrico ótimo

O intervalo hídrico ótimo (IHO) integra vários fatores que influenciam no rendimento das culturas, estes fatores são, a resistência a penetração, a porosidade de aeração, a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. O IHO obtido no experimento para os distintos manejos está apresentado na figura 6, de acordo com cada manejo.

Os dados obtidos no experimento corroboraram com Da Costa *et al.* (2009), que estudando os efeitos da aração, escarificação e plantio direto em sistemas de manejo de integração agricultura pecuária, encontraram redução na densidade e umidade na capacidade de campo com aumento da porosidade total e macroporosidade nos sistemas mobilizados.

O IHO, em todos os manejos diminuiu com o aumento da densidade do solo. No PD o limite inferior do IHO em densidades do solo que variam de 0,8 a 1,5 g/cm³ a resistência mecânica do solo a penetração (RP) prevaleceu. resultados também observados por Klein e Camara (2007).

No PDE o limite inferior até a densidade de 0,94 g/cm³ é o ponto de murcha permanente (PMP), após esta densidade a RP assume o limite inferior do IHO. No manejo arado o cruzamento da RP com o PMP ocorre na densidade de 1,02 g/cm³. Estas observações demonstram a importância de conhecer a RP do solo, pois bem antes do solo atingir a umidade considerada como PMP a planta já sofre restrições devido ao impedimento mecânico do solo (Figura 6).

Como limite superior do IHO a capacidade de campo (CC) no PD foi até a densidade de 1,36 g/cm³, no PDE 1,35 g/cm³, no Arado 1,34 g/cm³, a partir destas densidade passo a ser o fator limitante a PA, em todos os manejos, semelhante aos valores obtidos por Klein e Camara (2007) em um Latossolo Vermelho em que no PD com densidades a partir de 1,30 g/cm³ e no PDE a partir de 1,26 g/cm³ a PA passa a ser o limite superior do IHO. Blainski *et al.* (2009) estudando IHO num Latossolo Vermelho distroférrico irrigado encontrou como limite superior até densidade de 1,35 g/cm³ a CC, e a

partir deste valor a PA, o mesmo encontrado neste trabalho, e para o limite inferior pode-se afirmar que foi o mesmo do PD, ou seja em toda extensão o limite foi a RP.

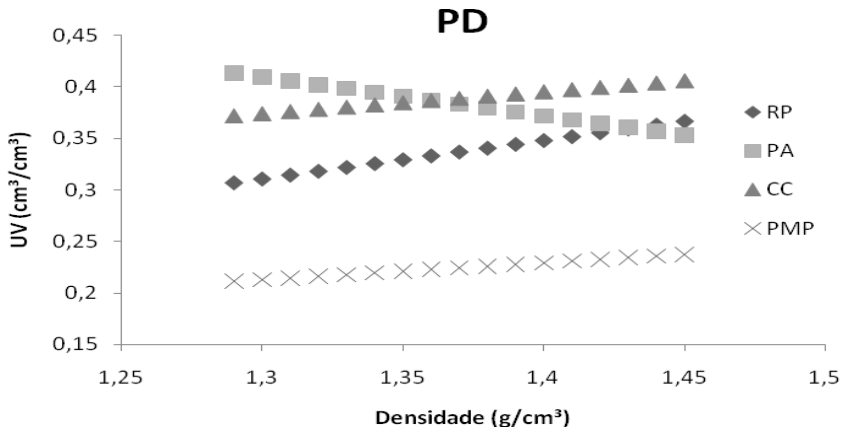
Considerando a densidade crítica como o valor de densidade do solo em que o IHO é igual a zero, tem-se valores não muito distintos entre os manejos, pois de acordo com Klein e Camara (2007) este limite é inerente ao solo, independendo do manejo adotado, para o PD foi de 1,43 g/cm³, no PDE 1,42 g/cm³ e no arado 1,4 g/cm³ concordando com a densidade crítica encontrada por Blainski *et al.* (2009) que foi de 1,4 $g.cm^{-3}$.

A partir dos valores de IHO igual a zero, obtém-se os seguintes valores de densidade relativa (DR) para o PD, PDE e arado, 0,94, 0,94 e 0,93, respectivamente. De acordo com Marcolin (2009) valores entre 0,90 e 0,95 de DR é um solo considerado compactado, onde ocorrem restrições com deformações na morfologia das raízes em grau médio. Assim, os resultados obtidos mostram que nesta condição de DR as raízes não terão água disponível pois o IHO será igual a zero denotando um solo muito compactado com necessidade de intervenção mecânica (mobilização do solo).

Os dados obtidos corroboram com Freddi *et al.* (2009), que estudando um Latossolo Vermelho encontrou valor de DR, para IHO igual a zero, de 0,92, valor próximo ao encontrado no experimento.

De acordo com o observado nos gráficos, a porosidade de aeração passa a ser o limitante superior após uma determinada densidade, que para o solo sob PD é de 1,36 $g.cm^{-3}$ equivalente a DR de 0,89; para o solo sob manejo PD a densidade em que a porosidade

de aeração passa a ser a restritiva é de 1,34 g.cm^{-3}, ou seja, DR de 0,88; para o manejo de solo arado, a densidade em que a capacidade de campo deixa de ser o limite superior foi de 1,33 g.cm^{-3}, igual a densidade relativa de 0,89. Os valores de DR para todos os manejos, segundo Klein (2006) e Reinert *et al.* (2008) enquadram-se em solos não compactados (DR = 0,80 a 0,90), uma faixa de densidade relativa considerada não restritiva ao crescimento das plantas. Porém, no limiar superior desta faixa começa haver restrições de aeração às raízes das plantas.



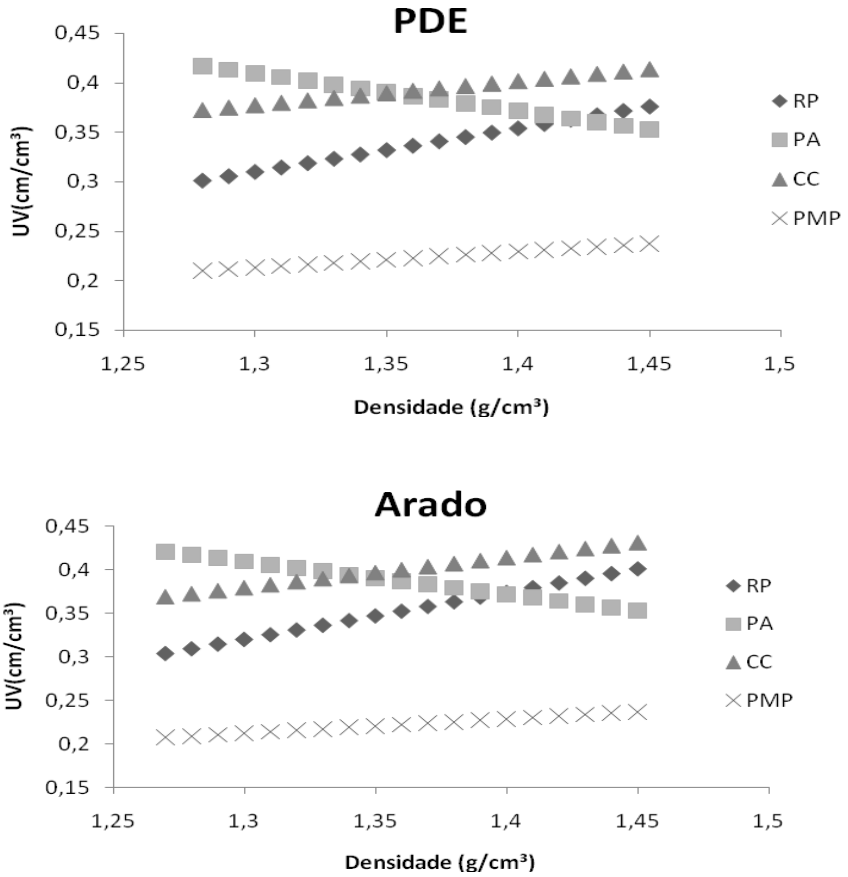


Figura 6: Gráficos do IHO, de cada manejo adotado, em função da umidade volumétrica e densidade do solo.

No experimento os dados obtidos corroboraram com Da Costa *et al.* (2009), que estudando os efeitos da aração, escarificação e plantio direto em sistemas de manejo de integração agricultura pecuária, encontraram redução na densidade e umidade na capacidade de campo com aumento da porosidade total e macroporosidade nos sistemas mobilizados.

Os maiores valores de densidade média obtidos no experimento foram 1,21 g.cm^{-3} para PD, 1,16 g.cm^{-3} para PDE, e 1,25

g.cm^{-3} para o arado; sendo o volume de água disponível (no IHO) para esta condição de densidade era de 0,094 cm^3.cm^{-3} para o PDE, 0,077 cm^3.cm^{-3} para o PD e 0,069 cm^3.cm^{-3} para o arado. Esta maior quantidade de água no PDE pode ter influenciado no rendimento de grãos que diferiu do PD, porém o arado que não diferiu em rendimento do PDE. Pode ter havido alteração na densidade após a intensa precipitação pluvial ocorrida, uma vez que o arado desestrutura o solo, deixando-o desagregado e sem palha na sua superfície para proteção contra o impacto da chuva, e as amostras foram coletadas após este período.

Considerando uma densidade igual para os três manejos, por exemplo, densidade de 1,21 g.cm^{-3}, chega-se a um volume de água de 0,077 cm^3.cm^{-3} para os manejos PD e arado, enquanto para o PDE este valor é de 0,085 cm^3.cm^{-3}, esta diferença de 0,008 cm^3.cm^{-3}, quando elevada para a condição de um hectare considerando-se uma profundidade de 0,2m, corresponde a 16 m^3 de água, ou seja, o solo possui 1,6 mm a mais de água no IHO para a mesma condição de densidade.

4.8. Componentes de rendimento do trigo

4.8.1. Número de plantas por metro

O manejo de solo não influenciou o número de plantas de trigo por metro, não havendo diferença estatística. Nos tratamentos de semente ocorreu diferença significativa (Tabela 12), sendo o melhor tratamento (maior número de plantas por metro) o Booster® que

estatisticamente foi igual ao resultado da testemunha. O tratamento com menor número de plantas por metro foi obtido com o uso do Stimulate® que, entretanto, não diferiu estatisticamente da testemunha. Em experimento realizado por Vieira *et al.* (2009) obteve-se maior número de plantas com o uso de bioestimulante atribuindo à maior germinação das sementes tratadas. Pois, de acordo com Taiz e Zieger (2004), estes reguladores influenciam diretamente em diversos processos vitais, um deles é a germinação, porém os processos podem ser alterados de acordo com as condições fisiológicas vigentes no momento. No experimento o melhor resultado obtido não diferiu da testemunha, no entanto o menor número de plantas obtido com o uso do Stimulate® também não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos.

Observando a tabela 12 nota-se que houve interação dos tratamentos, mostrando que no PD os tratamentos com bioestimulantes foram satisfatórios, quanto ao PDE e arado não se recomenda o uso dos bioestimulantes, porque a sua utilização não diferiu da testemunha.

Tabela 12: Número de plantas por metro 17 dias após a semeadura (DAS).

Manejo	Tratamento de semente									Média
	Testemunha			Booster®			Stimulate®			
PD	B	41		A	51	a	BA	48	a	44 a
PDE	A	45	a	A	48	a	A	51	a	47 a
Arado	A	47	a	A	44	a	A	42	a	47 a
Média	BA	47		A	48		B	44		
CV (manejo)	7,04 %									

CV (tratamento de semente)	13,76 %

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

4.8.2. Número de afilhos e espigas

O número de afilhos (tabela 13) não diferiu estatisticamente entre os tratamentos de semente e manejo, também não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o F da interação não foi significativo. Discordando com os resultados obtidos por Cato (2006) e Belançon (2008) com experimentos realizados a campo que encontram diferença significativa para o número de afilhos quando testaram bioestimulantes.

Tabela 13: Número de afilhos por metro na cultura do trigo.

Manejo	Tratamento de semente			Média
	Testemunha	Booster®	Stimulate®	
PD	19	19	16	18 a
PDE	9	15	16	13 a
Arado	12	13	14	13 a
Média	A 13	A 16	A 15	
CV (manejo)		48,08 %		
CV (tratamento de semente)		40,08 %		

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

A inexistência de diferença estatística no número de afilhos deve ser atribuída ao alto coeficiente de variação, 48,08% no manejo de solo e 40,08% no tratamento de semente.

Quanto ao número de espigas (tabela 14), não houve interação significativa entre os tratamentos, e nem diferença entre os tratamentos de semente. Enquanto, nos manejos de solo a diferença estatística ficou entre o PD e o arado, ficando o trigo conduzido sobre solo arado com 7 espigas a menos que no PD. O PDE não diferiu dos demais tratamentos.

Tabela 14: Número de espigas por metro em função do tratamento de semente e manejo

Manejo	Tratamento de semente			Média
	Testemunha	Booster®	Stimulate®	
PD	62	69	65	65 a
PDE	54	64	67	61 a b
Arado	59	57	57	57 b
Média	A 58	A 63	A 63	
CV (tratamento de semente)	9,72 %			
CV (manejo)	14,48 %			

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

O maior número de espigas no PD tem origem no número de afilhos (tabela 13), onde os resultados obtidos para o número de afilhos no PD, mesmo não diferindo estatisticamente, possibilita afirmar que a diferença estatística no PD é devido ao maior número de afilhos deste manejo, ressaltando que o perfilhamento é proveniente da plasticidade da planta, ou seja, da capacidade de ocupar o espaço livre, lembrando do menor número de plantas por metro observado no PD, o perfilhamento ocorreu devido a plasticidade da cultura.

4.8.3. Estatura de plantas

Para estatura de plantas os dados obtidos diferiram entre si quando considerado o tratamento de semente, onde o Booster® apresentou estatura média de planta maior que os outros dois tratamentos que não diferiram entre si (tabela 15). Mesmo resultado obtido por Inoue *et al.* (2002) quando testaram bioestimulante na cultura da soja.

Tabela 15: Estatura de plantas em função do tratamento com bioestimulantes e manejo de solo

Manejo	Tratamento de semente									Média	
	Testemunha			Booster®			Stimulate®				
	cm										
PD	B	71,4	b	A	82,0	a	A	79,1	a	77,5	a
PDE	B	78,8	ab	A	82,0	a	BA	77,7	a	78,5	a
SA	A	76,3	a	A	79,0	a	A	75,4	a	77,0	a
Média	B	74,5		A	81,0		B	77,4			
CV (a)	3,03 %										
CV (b)	5,38 %										

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

Quanto a interação entre os tratamentos pode-se afirmar que o uso de bioestimulante no PD e PDE foi benéfico, pois, ambos os tratamentos diferiram da testemunha. Quanto ao arado não houve nenhuma interação.

A estatura do melhor tratamento ficou em 81cm, 6,5 cm de diferença da testemunha, ressaltando que o trigo é uma cultura

propensa ao acamamento esta maior estatura deve ser avaliada de forma cautelosa, avaliando o propósito da cultura (pastagem, grãos, duplo propósito).

No experimento os manejos de solo não afetaram o desenvolvimento da cultura do trigo (número de afilhos, estatura), discordando do observado por Carvalho Filho *et al.* (2006), que encontraram maiores valores absolutos para solo manejo com arado.

4.8.4. Tamanho e número de grãos por espiga

Para o tamanho das espigas não houve interação significativa (tabela 16), as médias obtidas dos manejos de solo também não diferiram entre si, enquanto nos tratamentos de semente os maiores resultados foram obtidos com o Booster® que diferiu estatisticamente do tratamento com Stimulate®, e a testemunha não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos de semente.

Tabela 16: Tamanho da espiga em função do manejo de solo e tratamento de semente

Manejo	Tratamento de semente			Média
	Testemunha	Booster®	Stimulate®	
	mm			
PD	59,5	59,7	55,4	58,2 a
PDE	58,9	59,1	59,0	59,0 a
Arado	58,3	59,5	56,6	58,1 a
Média	BA 58,9	A 59,4	B 57,0	
CV (a)	5,61 %			
CV (b)	5,87 %			

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

O número de grãos por espigas (tabela 17), em que se pode verificar, que a interação entre os tratamentos não foi significativa, e também não houve diferença entre as médias de ambos tratamentos, ficando todos valores próximos a 30 grãos por espiga.

Tabela 17: Número de grãos por espiga em função do manejo de solo e tratamentos de semente

Manejo	Tratamento de semente			Média
	Testemunha	Booster®	Stimulate®	
PD	31,8	30,7	27,3	29,9 a
PDE	30,9	30,5	30,6	30,7 a
SA	31,6	30,7	30,4	30,9 a
Média	A 31,4	A 30,7	A 29,4	
CV (a)	7,5 %			
CV (b)	10,2 %			

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

4.8.5. Peso do hectolitro e de mil grãos

Para o massa do hectolitro (PH) não houve diferença estatística para nenhum dos tratamentos, ou mesmo interação entre eles (tabela 18), embora Busnello (2009), encontrou relação entre o uso de bioestimulantes e aumento do PH, trabalhando com as cultivares Safira e Fundacep 55 em um ano com ocorrência de períodos de estresse hídrico.

Tabela18: Massa do hectolitro em função do manejo de solo e tratamento de semente

Manejo	Tratamento de semente			Média
	Testemunha	Booster®	Stimulate®	
	PH			
PD	67,7	67,4	67,5	67,6 a
PDE	68,9	68,9	68,2	68,7 a
SA	67,7	69,0	67,0	67,9 a
Média	A 68,1	A 68,5	A 67,6	
CV (manejo)	2,99 %			
CV (tratamento de semente)	3,8%			

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

De acordo com Guarienti *et al.* (2009), o enchimento de grãos e o peso hectolitro é afetado pelo excesso de chuvas, o que pode ser explicado pela interferência na síntese de produtos fotossintéticos que promovem o enchimento de grãos. A diminuição do peso hectolitro é relacionada às mudanças na umidade dos grãos, resultado das adições de água. Podendo ser explicada a ausência de resultado devido ao excesso de precipitação pluvial na fase reprodutiva.

Além da precipitação, Alamini (2009) em estudo com aplicação via foliar de aminoácidos não obteve diferenças significativas referente à variação do peso hectolitro em relação à testemunha. Através da interpretação dos resultados cita vários fatores que influenciaram, destacando-se a fertilidade natural do solo, a solubilidade dos nutrientes utilizados, mobilidade dos nutrientes na planta e nos tecidos e pH da solução.

4.8.6. Massa de mil grãos

Na massa de mil grãos não houve interação entre os tratamentos, e nem diferença significativa entre os tratamentos de semente, somente nos manejos de solo houve diferença para a massa do hectolitro, conforme apresentado na tabela 19, o maior peso de semente foi no PDE que não diferiu estatisticamente do arado. Corroborando com os resultados obtidos por Oliveira (2007) na cultura da soja com tratamento via semente de produtos bioestimulantes, que não diferiram entre si.

Tabela 19: Massa de mil grãos em função do tratamento de semente e manejo

Manejo	Tratamento de semente			Média
	Testemunha	Booster®	Stimulate®	
	g			
PD	26,8	25,4	26,1	26,1 b
PDE	27,7	28,1	27,2	27,7 a
Arado	27,1	27,7	27,2	27,3 a b
Média	A 27,2	A 27,1	A 26,8	
CV (manejo)	6,77 %			
CV (tratamento de semente)	4,61 %			

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

A massa de mil grãos observada na tabela 20 justifica o maior rendimento de grãos encontrado no PD e no arado quando comparado ao PD, embora os valores encontrados estão abaixo do esperado para esta variedade que é de 32 g por mil sementes.

4.8.7. Rendimento de grãos

Os dados obtidos de rendimento quanto aos manejos de solo estão apresentados na tabela 20.

Tabela 20: Rendimento de grãos em função do manejo de solo e tratamento de semente

Manejo	Tratamento de semente									Média
	Testemunha			Booster®			Stimulate®			
	kg/há									
PD	A	2648	a	B	2233	b	B A	2496	a	2459 b
PDE	A	2765	a	A	3107	a	A	2809	a	2894 a
Arado	A	2963	a	A	2728	a	A	2630	a	2774 a
Média	A	2792		A	2689		A	2645		
CV (manejo)	14,30 %									
CV (tratamento de semente)	10,63 %									

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

Para o rendimento de grãos houve interação entre os tratamentos adotados. Os menores rendimentos foram obtidos com a utilização do Booster® e Stimulate® no PD, sendo que a utlização de Booster® diferiu de todos tratamentos, exceto do Stimulate® utilizado no PD.

Quanto às médias dos tratamentos, o uso de bioestimulantes no tratamento de semente não incorreu em diferença estatística quando comparadas as médias entre sí, corroborando com o observado por Cato (2006) e Ferreira *et. al*. (2007) quanto ao rendimento médio de grãos de trigo e soja, respectivamente, quando utilizado bioestimulantes e fertilizantes via tratamento de sementes.

Os resultados obtidos contrariam o observado por Oliveira (2007), o qual verificou aumento no rendimento de grãos de soja tratada com bioestimulante via sementes.

A discordância nos resultados obtidos se explicam segundo Karnok (2000) e Long (2006), por que plantas cultivadas em ambiente favorável ao seu desenvolvimento a planta não necessita de aplicação de reguladores de crescimento e quando utilizado é difícil identificar os efeitos dos bioestimulantes, assim sendo, é necessário submeter a cultura a algum tipo de estresse, condição em que poderia ser evidenciada como o PD, devido a compactação. Porém, conforme analisados os dados, os valores de densidade não diferiram do solo arado, porém a densidade relativa do solo sob PD está num patamar acima dos PDE.

Considerando os manejos de solo, entre o maior e o menor rendimento a diferença é de 435 $kg.ha^{-1}$, que ocasionou diferença estatística entre os manejos, ou seja, PDE seguido pelo arado não diferiram estatisticamente entre si, porém ambos diferiram do PD. Este rendimento maior no solo mobilizado embora não tenha ocorrido diferença na densidade do solo e densidade relativa, a resistência à penetração no PDE foi a menor, diferindo do arado que também diferiu do PD, possibilitando atribuir essa expressiva diferença de rendimento a facilidade encontrada pelo sistema radical em explorar o solo e consequentemente ter acesso a maior quantidade de nutrientes e água (solução do solo). Discordando dos resultados obtidos por Klein e Camara (2007), que para cultura da soja conduzida em PD e PDE não apresentou diferença estatística no rendimento de grãos. Neste caso deve-se ressaltar a diferença dos sistemas radicais das duas

culturas, sendo que a cultura da soja possui sistema radical pivotante e é menos sensível a compactação do solo (ROSOLEM *et al.* 2002). Rosolem *et al.* (1999) observaram que o aumento da densidade reduz o número de raízes adventícias.

Estudando diferentes preparos de solo, Carvalho Filho *et al.* (2007), concluíram que a escarificação promoveu elevado índice de rugosidade e baixo empolamento, atendendo as condições conservacionistas de preparo de solo.

Quanto aos manejos PDE e arado, Siqueira (1999), com os dois mesmos tratamentos, observou maior número de plantas de milho emergidas no PDE em relação ao arado de discos, porém o rendimento dessa cultura não apresentou diferença estatística entre os dois métodos de preparo.

De acordo com Carvalho filho *et al.* (2007), o solo deve ser preparado com o mínimo de mobilização, não implicando na diminuição da profundidade de operação, mas sim redução no número de operações, deixando rugosa a superfície do solo e mantendo o máximo de resíduos culturais sobre a superfície, trazendo benefícios para sustentabilidade ambiental e também para economia, corroborando com o descrito pelos autores, o melhor desempenho da cultura em rendimento de grãos foi obtido no manejo de solo que teve a maior profundidade de operação e deixou maior quantia de resíduos vegetais sobre o solo.

4.8.8. Potencial de germinação das sementes de trigo colhidas

Quanto ao potencial de germinação das sementes de trigo colhidas no experimento, observou-se a não ocorrência de interação entre os tratamentos, e nem diferença estatística entre os tratamentos de semente. Para as médias do manejo de solo ocorreu diferença significativa (tabela 21). As sementes colhidas no sistema arado apresentaram maior germinação, 88,9% que diferiu do PDE que a germinação ficou em 86,2%.

Tabela 21: Potencial de germinação das sementes de trigo colhidas, em função do tratamento de semente e preparo de solo

Manejo	Tratamento de semente			Média
	Testemunha	Booster®	Stimulate®	
	%			
PD	88,7	87,6	87,5	87,9 a b
PDE	86,1	86,3	86,1	86,2 b
SA	89,0	87,8	90,0	88,9 a
Média	A 87,9	A 87,3	A 87,8	
CV (manejo)	3,72 %			
CV (tratamento de semente)	3,77 %			

Médias antecedidas pela mesma letra na horizontal e sucedidas pela mesma letra na vertical não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de significância.
PD: plantio direto PDE: plantio direto escarificado SA: solo arado

O potencial de germinação não diferiu quanto aos tratamentos com bioestimulantes, porém, segundo Taiz e Zeiger (2004), bioestimulantes aplicados na planta agem até a germinação das sementes colhidas, pois a giberelina presente no produto aplicado influencia diversos processos metabólicos da planta.

5. CONCLUSÕES

A hipótese do trabalho foi parcialmente comprovada, uma vez que a mobilização do solo sob plantio direto (escarificação e aração) proporcionou melhores condições ao desenvolvimento das plantas o que redundou em maior rendimento de grãos, o mesmo não ocorrendo com o tratamento de sementes de trigo com bioestimulantes, permitindo concluir que:

- Análises de propriedades físico-hídricas do solo como densidade relativa, resistência à penetração, porosidade total e distribuição dos diâmetros dos poros foram capazes de detectar diferenças entre os manejos.
- Com a densidade relativa do solo de 0,94 para PD e PDE e 0,93 para o arado o IHO foi igual a zero.
- O IHO do PDE variou dos demais manejos, sendo maior quando considerada a mesma densidade de solo.
- A resistência mecânica do solo foi maior no plantio direto.
- A mobilização do solo aumentou o rendimento da cultura do trigo.
- A utilização de bioestimulantes apenas apresentou diferença estatística em relação a testemunha na estatura de plantas.
- O bioestimulante Booster® apresentou a maior estatura de plantas.

- Os bioestimulantes utilizados no experimento, não influenciaram o rendimento de grãos da cultura do trigo e nem a qualidade destes grãos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de bioestimulantes apenas apresentou diferença significativa no rendimento do trigo, sendo assim, no experimento constata-se a utilização de bioetimulante como sendo um custo a mais na produção do trigo, uma vez que ele não trouxe benefícios ao rendimento de grãos.

O manejo de solo apresentou-se como uma ferramenta para o incremento no rendimento de grãos de trigo, no experimento. E quanto aos atributos físicos do solo, a escarificação se mostrou a mais eficiente, quando analisado o IHO.

7. REFERÊNCIAS

AGRICHEM. Consulta de produtos. 2008. Disponível em http://www.agrichem.com.br/produtos2.asp?id=35 Acesso em 23. dez. 2009.

ALAMINI, D. B.; Adubação Foliar com Aminoácidos na Cultura do Trigo. Disponível em:< http://www.fag.edu.br/graduacao/agronomia/csvolume22/14.pdf>. Acesso em: 09. set. 2009.

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M.; Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate® no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) Publicatio UEPG – *Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias*, 6, pg 23-35, 2000.

ALVES, M. C. e SUZUKY, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas, *Acta Scientiarum*., 26:27 – 34, 2004.

ANDRADE BERNS, A. C.. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura – Lages, 2005. 53 p. Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC, 2005.

ASSIS, R. L. de; e LANÇAS, K. P..Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 29: p.515-522, 2005.

ASSISTAT - Assistência Estatística Por Prof.Dr.Francisco de Assis Santos e Silva. DEAG - CTRN - Universidade Federal de Campina Grande Campus de Campina Grande-PB, 2009.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 21, p. 105-12, 1997.

BELANÇON, E.. Avaliação de diferentes produtos enraizadores no rendimento de grãos de trigo. Cascavel, 2008. Monografia de conclusão de curso, 58p. FAG, 2008.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G. e FERRAZ, M. V.. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produção de soja. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, v. 29, p. 843-849, 2005.

BEUTLER, A.; CENTURION, J.; MENGATTO, L.; ALVES, J.; WAGNER, G. Impacto do tráfego de máquinas na qualidade física do solo e produtividade de milho em Argissolo - DOI: 10.4025/actasciagron.v31i2.7042. *Acta Scientiarum Agronomy*, Brasil, 31 mai. 2009.

BLAINSKI, E.; GONÇALVES, A. C. A.; TORMENA, C. A.; FOLEGATTI, M. V. e GUIMARÃES, R. M. L.. Intervalo hídrico ótimo num Nitossolo Vermelho distroférrico irrigado. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 33:273-281, 2009.

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORREIA, G.F.; BORGES, E.V.S. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho-escuro textura média. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, p. 663-67, 1999.

BRAIDA, J. A. Matéria orgânica e resíduos vegetais na superfície do solo e suas relações com o comportamento mecânico do solo sob plantio direto. Santa Maria, 2004. 107 p. Tese (Doutorado), UFSM, 2004.

BRAIDA, J. A.; SEQUINATTO, L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Da. Carbono orgânico e suas implicações na umidade crítica para a compactação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto, 2003. Resumo expandido. Ribeirão Preto: SBCS, 2003. CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Regras para análises de semente/MAPA. Secretaria da Defesa Agropecuária – Brasília: MAPA / ACS, 2009.

BUSNELLO, F. A.. Avaliação de dosagens de bioestimulantes em duas cultivares de trigo (Triticum aestivum L.). Unochapecó Monografia 58p. Chapecó, 2009.

BUSSCHER, W. J.. Adjustement of flat-tippes penetrometer resistance data to a common water content. Transactions of *ASAE*, v. 33, p. 519-24, 1990.

CAMARA, R.C.; KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento de soja. *Ciência Rural*, v. 35, n. 4, p. 813-819, 2005.

CARVALHO FILHO, A.; CARVALHO, L. C. C.; CENTURION J. F.; DA SILVA, R. P. e FURLANI, C. E. A.. Efeitos do preparo do solo na cultura da soja. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.3, p.777-786, set./dez. 2006.

CARVALHO FILHO, A.; CENTURION, J. F.; SILVA, R. P. da; FURLANI, C. E. A. E CARVALHO L. C. C.. Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 229-237, jan./abr. 2007.

CASSILLAS, V. J. C. et al. Análisis cuantitativo de la aplicación de cuatro bioestimulantes en el cultivo del rábano (Raphanus sativus L.). *Acta Agronômica*, Palmira, v. 36, n. 32, p. 185-195, 1986.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132 p.

CATO, S. C.; Ação de bioestimulantes na cultura do amendoinzeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberilinas. 2006. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho eutroférrico sob dois sistemas de manejo. In: Congresso brasileiro de ciência do solo, 29, Ribeirão Preto, 2003. Resumo expandido. Ribeirão Preto: SBCS, 2003.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. Informações técnicas para a safra de 2009: trigo e triticale. *Embrapa*, Passo Fundo/RS, 2008.

COMISSÃO SUL - BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO: Indicações técnicas da Comissão Sul – Brasileira de Pesquisa de Trigo. Passo Fundo: EMBRAPA TRIGO, 2003. 119 p.

CORREA, C. et al . Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola*, Campina Grande, v. 10, n. 3, set. 2006 .

CUNHA, G. R. da., Lidando com riscos climáticos: clima, sociedade e agricultura / Gilberto Rocca da Cunha. – Passo Fundo: *Embrapa* Trigo, 2004. 400p.

DA COSTA, A.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L. e DA SILVA, R. F.. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 33:235-244, 2009.

DALLA ROSA, A. D.. Práticas mecânicas e culturas na recuperação de características físicas de solo degradados pelo cultivo – solo Santo Ângelo (Latossolo Roxo distrófico). 1981. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1981.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, p. 703-709, 1999.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Requisitos para a implantação e manutenção do sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Plantio direto no Brasil. Passo Fundo : Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FLORES, C. A.; FERREIRA, T. N.; CASSOL, E. A.; MONDARDO, A. e SCHWARZ, R. A.. Agricultura conservacionista – sistema plantio direto. Manejo de enxurrada em sistema plantio direto. Porto Alegre: Fórum Estadual de solo e Água, p. 19 – 21, 2005.

DIAS JUNIOR, M. S. e MIRANDA, E. E. V. de. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras (MG). *Ciências Agrárias*, Lavras, v. 24, p. 337-46, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solo. 2ª Ed. Rio de Janeiro: 1997 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa 2009. Disponível em http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm. Acesso em 10. jan. 2010.

FEDERIZZI, L.C.; SCHEEREN, P.L.; NETO, J.F.B.; MILACH, S.C.K.; PACHECO, M.T. Melhoramento do Trigo. In: BORÉM, A. (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 52p.

FERREIRA, L. A. Bioestimulante e Fertilizantes associados ao tratamento de sementes de milho e soja. 2006. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

FERREIRA, L.A; OLIVEIRA, J. A; PINHO, E. V. R. V; QUEIROZ, D. L.. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*. Vol. 29 nº 2, p. 80-89. 2007.

FERRERAS, L. A.; BATTISTA de, J. J.; AUSILIO, A. e PECORARI C.. Parâmetros físicos del suelo em condiciones no perturbadas y bajo laboro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 1, p. 161 – 170, 2001.

FERRI, M. G.; Fisiologia Vegetal. São Paulo: 2ª ED. E.P.U. Editora Pedagógica Universitária LTDA. 1985. 400 p.

FREITAS, L. B. de; LAUXEN, M. da S.; Mecanismos de defesa contra o estresse em Plantas. In. Genética & Evolução Vegetal.

Organizado por FREITAS. L. B. de; BERED, F. 1ª Edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. p. 149-161.

FREITAS, P. L., de Aspectos físicos e biológicos do solo. In: Landers, J.N. Ed. Experiências de Plantio Direto no Cerrado. Goiânia: APDC, 1994. p. 199-213. 261p.

FREDDI, O. S. da; CENTURION, J. F.; DUARTE A. P. e PERES, F. S. C. Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo Vermelho. II – Intervalo hídrico ótimo e sistema radicular. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:805-818, 2009.

GEE, G.W.; BAUDER, J.W. Particle size analysis. In: KLUTE, A. (Ed.) Methods of soil analysis: physical, chemical and mineralogical methods. Madison: *American Society of Agronomy*, 1986, p. 383-411.

GUARIENTI, E. M., CIACCO, C. F., CUNHA, G. R., DEL DUCA, L. d. J. A., CAMARGO, C. M. O.; Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. Disponvel em: < http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n3/27004.pdf > Acesso em: 21. nov. 2009.

HAMZA, M.A. e ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. Soil Till. Res., 82:121-145, 2005.

INOUE, t. t.; Araújo, m. a.; Tormena, c. a.; Esteves, n.; mignoso, v.; leite, j. c. Influência da escarificação em propriedades físicas de um

Latossolo vermelho distroférrico após 13 anos de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14, Cuiabá, 2002. Resumos Expandidos. Cuiabá: SBCS, 2002. CD-ROM.

KARNOK, K. J. Promises, promises: can biostimulants deliver? Golf Course Management. Blacksburg, v. 68, p. 67-71, 2000.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia: relação solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979, 262 p.

KLEIN, V. A.; BOLLER, W.; CANDATEN, A.; BORTOLOTTI, D. R; DALPAZ, R. C. Avaliação de escarificadores e reposta da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 19, p. 307-311. 1995.

KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídrico-mecânicas de um Latossolo roxo, sob diferentes sistemas de uso e manejo. Piracicaba, 1998. 150 p. Tese (Doutorado), USP-ESALQ, 1998.

KLEIN, V. A. . Densidade relativa- um indicador da qualidade física do solo. In: *Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água*, 2002, Cuiabá - MT. Anais. Viçosa - MG : SBCS, 2002.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade de distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo,* 26:857 – 867, 2002.

KLEIN, V. A.; MASSING, J. P.; CAMARA, R. K.; BIASUZ Jr., I. J. e SIMON, M. A.. Densidade máxima e relativa de solo sob plantio direto. *Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 15*, Santa Maria, 2004. Resumos expandidos. Santa Maria: UFSM, 2004.

KLEIN, V. A.. Densidade relativa – um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. Revista de *Ciências Agroveterinárias*, v. 5, p. 26 – 32, 2006.

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

KLEIN, V. A.. *Física do solo*. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.

KLEIN, A. V., VIEIRA, M. L., DURIGON, F. F., MASSINGJ. P., FÁVERO, F. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n, 2, p. 365-371, mar-abr, 2008a.

KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M. ; MADALOSSO, T. . Metodologia para determinação do ensaio de Proctor e planilha para cálculo da densidade máxima e teor de água do solo ótimo para compactação. In: *XVII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água*, 2008, Rio de Janeiro. Anais CD ROM. Rio de Janeiro : SBCS UFRJ, 2008b.

KLEIN, V. A.; MARCOLIN, C. D. Utilização do psicrômetro WP4 – T para determinação do potencial da água no solo. In: *Manejo e conservação do solo e da água no contexto de mudanças ambientais*. Rio de Janeiro, 2008.

KLEIN, V. A. ; BASEGGIO, M. ; MADALOSSO, T. . Indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistema plantio direto escarificado. *Ciência Rural*, v. 39, p. 2475-2481, 2009.

LAGOS, M. B. *História do Melhoramento do Trigo no Brasil*. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1983.

LIBARDI, P. L. *Dinâmica da água no solo*. 1ª Ed. Piracicaba : Edusp, 2005. 335p.

LONG, E. The importance of biostimulants in turfgrass management. 2006 .Disponível em: http://www.golfenviro.com/Article%20Archive/ Biostimulants-Roots.htm Acesso em: 30 jun. 2009.

MACEDO, F.B. *et al*. Fitorregulador, produção e conteúdos de clorofila nas folhas em feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) cv IAPAR-pérola. *Revista Ecossistema*. Vol. 27, n.1,2 jan – dez, 2002.

MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. *Sociedade brasileira de ciência do solo*. Comissão de química e fertilidade do solo. 10ª ed. Porto Alegre, 2004.

MARCOLIN, C. D.. Uso de pedotransferência entre atributos físicos de solos sob plantio direto / Clóvis Darli Marcolin. – 2009. 187 f. : Il. ; 30 cm. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2009.

MUNDSTOCK, C.M. *Cultivo dos cereais de estação fria*: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste, triticale. Porto Alegre : NBS, 1983. 265p.

OLIVEIRA, E. F. de: Resposta do Milho ao Awaken e da Soja ao Acaplus aplicados via sementes. Relatório de pesquisa, Coodetec – *Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola*, Cascavel, Pr., 2007.

PIERCE, F. J., FORTIN, M. C., STATON, M. J. Immediate and residual effects of zone-tillage in rotation with no-tillage on soil physical properties and corn performance. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 30, p. 149 - 165, 1992.

PRADO, R. de M. e NATALE, W.. Uso da grade aradora superpesada, pesada e arado de disco na incorporação de calcário em profundidade e na produção de milho. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n.1, p. 167-176, jan./abr. 2004.

RALISCH, R. et. al.. Avaliação de um solo argiloso sob PD de uma escarificação na evolução da resistência a penetração. In: Congresso brasileiro de engenharia agrícola, 30, 2001, Foz do Iguaçu. Resumo Expandido. Foz do Iguaçu, 2001.

REICHARDT, K.. Capacidade de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 12, p. 211 – 216, 1988.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERDT, M.; AITA, C. e ANDRADA, M. M. C.. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1805-1816, 2008.

RIBON, A. A. e TAVARES FILHO, J..Estimativa da resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho sob cultura perene no norte do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1817-1825, 2008.

ROSOLEM, C. A. *Relações solo-planta na cultura do milho*. Jaboticabal: Funep, 1995. 53 p.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M. e CRUSCIOL, C.A.C.. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo a penetração. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34:821-828, 1999.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J.S.S e TIRITAN, C.S.. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. *Soil Till.* Res., 65:109-115, 2002.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT procedure guide for personal computers. 5. Ed. Cary, 1996. 1686p.

SILVA, M.A.S da; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. *Ciência Rural*, v. 35, n. 3, p. 544-552, 2005.

SILVEIRA, G.M. O preparo do solo: implementos corretos. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 243 p.

SIQUEIRA, R. *Sistemas de preparo em diferentes tipos de coberturas vegetais do solo*. 1999. 191f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

STOLLER DO BRASIL. Stimulate Mo em hortaliças. *Informativo técnico*. Cosmópolis: Stoller do Brasil. Divisão Arbore, 1998.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3ª Edição, Porto Alegre, Artmed Editora S. A., 2004. 719p.

TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B.; RIBON, A. A. e BARBOSA, G. M. C.. Efeito da escarificação na condutividade hidráulica saturada de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 996 – 999, mai.-jun. 2006.

TOGNON, A. A.; DEMATTÊ, J. A. M.; MAZZA, J. A. Alterações nas propriedades químicas de Latossolos Roxo em sistemas de manejo intensivos e de longa duração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, p. 271-278, 1997.

TORMENA, C. A. ; ARAÚJO, M. A.; FIDALSKI, J. e COSTA, J. M. da. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférrico em sistemas de plantio direto. Revista *Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 211-219, 2007.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L.. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 22, p. 573 – 581, 1998.

TORRES, E. e SARAIVA, O. F.. Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p..(Circular Técnica, 23)

VIEIRA, E. L.; SANTOS, C.R.S.; BENJAMIN, D.A.; GONÇALVES, C.A.; SILVEIRA, P.S.; Crescimento inicial da soja sob tratamento com Stimulate® em condições de rizotron. *V Congresso brasileiro da soja, Mercosoja* 2009. Goiânia - GO, 2009.

VIEIRA, M.L.; KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo,*Viçosa, v.31, p.1271-1280, 2007.