

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**LARISSA LEITE MOMOLI HANSEN**

**POTENCIAL HÍDRICO EM PLANTAS DE SOJA SOB DIFERENTES  
NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**LARISSA LEITE MOMOLI HANSEN**

**POTENCIAL HÍDRICO EM PLANTAS DE SOJA SOB DIFERENTES  
NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

LARISSA LEITE MOMOLI HANSEN

**POTENCIAL HÍDRICO EM PLANTAS DE SOJA SOB DIFERENTES  
NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rachel Muylaert Locks  
Guimarães.

Coorientador: Eng.<sup>a</sup> Agron.<sup>a</sup> Vacilania Pacheco.

PATO BRANCO

2019

**Hansen, Larissa Leite Momoli**  
**Potencial hídrico em plantas de soja sob diferentes níveis de compactação/ Larissa Leite Momoli Hansen.**  
**Pato Branco. UTFPR, 2019**  
43 f. : il. ; 30 cm

**Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rachel Muylaert Locks Guimarães**  
**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2019.**

**Bibliografia: f. 32- 35**

**1. Agronomia. 2. *Glycine max* L. 3. Latossolo Vermelho. Guimarães Rachel Muylaert Locks, orient. II. Pacheco, Vacilania, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.**

**CDD: 630**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
*Campus Pato Branco*  
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias  
**Curso de Agronomia**



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso – TCC**

**POTENCIAL HÍDRICO EM PLANTAS DE SOJA SOB DIFERENTES**  
**NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO**

por

LARISSA LEITE MOMOLI HANSEN

Monografia apresentada às 13 horas 30 min. do dia 13 de junho de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Prof. Dr. José Ricardo da Rocha Campos**  
UTFPR *Campus Pato Branco*

**Eng.<sup>a</sup> Agron.<sup>a</sup> Vacilania Pacheco**  
PPGAG-PB UTFPR – Mestranda  
Coorientadora

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rachel Muylaert Locks Guimarães.**  
UTFPR *Campus Pato Branco*  
Orientadora

**Prof. Dr. Jorge Jamhour**  
Coordenador do TCC

A “Ata de Defesa” e o decorrente “Termo de Aprovação” encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus Pato Branco-PR*, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

*Dedico esse trabalho a Deus e à minha família.*

## AGRADECIMENTOS

Ao longo desses anos Deus esteve sempre presente em minha vida e fez coisas incríveis por mim, me capacitou, deu força, ânimo e coragem para lutar por esse sonho. A Ele devo minha toda minha gratidão.

À UTFPR *Campus* Pato Branco e toda sua direção pelos recursos e o apoio que recebi ao longo do curso.

Reconheço o esforço e dedicação de minha orientadora e de todos os professores, agradeço profundamente pelo conhecimento transmitido, pela paciência e dedicação ao ensino.

Agradeço à Eng.<sup>a</sup> Agron.<sup>a</sup> Vacilania Pacheco, por toda ajuda e por compartilhar de seu conhecimento para que pudesse concluir esse projeto.

Me emociono ao mencionar a importância de minha mãe nessa etapa da minha vida. Sou grata por suas orações, conselhos e pelo apoio que me levantaram por diversas vezes.

Sou grata à minha filha e eterna princesinha Nicolli por toda compreensão e colaboração durante a graduação.

Ao meu amado esposo Francisco, com quem compartilho a vida. Agradeço pelo carinho, paciência e por me trazer paz na correria de cada semestre.

À toda minha família e amigos deixo meu agradecimento pela força e torcida para que eu chegasse até aqui.

Ao longo dos anos de graduação conheci pessoas maravilhosas, fiz amizades que levarei para a vida, em especial, minha amiga e comadre Luana Bertoleti.

Às pessoas que de alguma forma me ajudaram a conquistar esse título, deixo aqui meu reconhecimento e gratidão!

“Não importa o que aconteça, continue a nadar”.  
(WALTERS, GRAHAM; **PROCURANDO NEMO**).



## RESUMO

HANSEN, Larissa Leite Momoli. Potencial hídrico em plantas de soja sob diferentes níveis de compactação. 43 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

Plantas estão em constante alteração de seu estado fisiológico a fim de se adaptar as restrições impostas pelas condições do solo em que estão inseridas. A compactação dos campos ocorre por meios mecânicos ou pisoteio animal, altera as propriedades físicas do solo, aumentando a densidade e reduzindo a porosidade, ocorrendo a redução da infiltração e ramificação das raízes por excessiva resistência do solo à penetração e aeração deficiente, ocasionando limitação no potencial hídrico de água disponível às plantas refletindo no potencial produtivo da cultura. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial hídrico e o desenvolvimento vegetal em plantas de soja, cultivadas em Latossolo Vermelho Distrófico típico, sob diferentes níveis de compactação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na UTFPR, *Campus* Pato Branco-PR, em um delineamento de blocos ao acaso (DBA). Foram utilizados quatro níveis de compactação, realizada manualmente, sendo elas: 1,0 Mg m<sup>-3</sup> (T1); 1,15 Mg m<sup>-3</sup> (T2); 1,25 Mg m<sup>-3</sup> (T3) e 1,35 Mg m<sup>-3</sup> (T4). Foram utilizados tubos de PVC de 10 x 80 cm (diâmetro/altura), revestidos com plástico. Foi semeado uma semente por tubo da cultivar NS4823RR, Nidera®, com irrigação realizada de acordo com a necessidade da cultura. Após a semeadura, a cada 7 dias até o 56° dia, foram monitoradas a altura de planta (AP) e número de folhas (NF). Ao 56° dia avaliou-se o potencial hídrico ( $\Psi$ ), massa fresca de parte aérea (MFPA) e raiz (MFR); massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) e comprimento da camada compactada (CCC). Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro, utilizando o software Minitab. Não houve diferenças significativas nas variáveis AP aos 7, 14, 21, 42, 49 e 56 DAS e NF,  $\Psi$ , MFR, MSR, MSPA para nenhum dos tratamentos. Para AP (28 e 35 DAS) houve diferença significativa somente entre os tratamentos T1 e T4, onde plantas submetidas ao tratamento T1 obtiveram um porte superior. O CCC do tratamento T1 e T2 diferiram significativamente dos demais, apresentando menor comprimento de camada compactada. Quanto a variável MFPA, os tratamentos T1 e T2 apresentaram maior produção de massa fresca, em comparação com os demais, devido ao melhor desenvolvimento vegetal. Estes resultados se devem aos níveis de compactação atingidos pela compactação manual aliados à manutenção da irrigação em todo o período de condução do experimento.

**Palavras-chave:** Agronomia, *Glycine max* L., Latossolo Vermelho.

## ABSTRACT

HANSEN, Larissa Leite Momoli. Water potential in soybean plants under different levels of compaction. 43 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná. Pato Branco, 2019.

Plants are in constant change of their physiological state in order to adapt to the restrictions imposed by the soil condition to which they are inserted. The field compaction occurs by mechanical means or animal trampling, alters the physical properties of the soil and increases its density and decreases its porosity, leading to a reduction of the infiltration and ramification of the roots, caused by excessive soil resistance to penetration and poor aeration, causing limitations on the water potential available to the plants, reflecting on the productive potential of the culture. In this way, this work aims to evaluate the water potential and development of soybean plants, cultivated in typical Dystrophic Red Latosol, under different levels of compaction. The experiment was conducted in a greenhouse in the Pato Branco - PR's campus of UTFPR, in a randomized block design (DBA). This work used four levels of compression, performed manually, being them: 1,0 Mg m<sup>-3</sup> (T1); 1,15 Mg m<sup>-3</sup> (T2); 1,25 Mg m<sup>-3</sup> (T3); 1,35 Mg m<sup>-3</sup> (T4). The work also used PVC tubes of 10 x 80cm (diameter/height), lined with plastic. One seed of the NS4823RR, Nidera® cultivar was sown per tube, and irrigated accordingly to the culture's needs. After sowing, every 7 days to the 56th day, the plants height (AP) and the number of leaves were monitored. On the 56th day, were evaluated the water potential ( $\Psi$ ), the fresh mass of the aerial part (MFPA) and the fresh mass of the root (FMR); the dry mass of the aerial part (MSPA) and the dry mass of the root (MSR); and the length of the compacted layer (CCC). The data was submitted to analysis of variance and averages comparison by the Tukey test, with 1% error probability, using the Minitab software. There were no significant differences in the AP variables at 7, 14, 21, 42 49 and 56 DAS and NF,  $\Psi$ , MFR, MSR, MSPA for none of the treatments. For the AP (28 and 35 DAS) there was a significant difference only between treatments T1 and T4, in which plants submitted to T1 treatment obtained a higher size. The CCC of the treatment T1 and T2 differed significantly from the others, showing smaller length of the compressed layer. As for the MFPA variable, the treatments T1 and T2 showed higher production of fresh mass in comparison with the others, due to better plant development. These results are due to the low levels of compaction affected by the manual compression, allied to the maintenance of the irrigation through the whole period of conduction of the experiment.

**Keywords:** Agronomy, *Glycine max* L., Oxisols.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Croqui da disposição das unidades experimentais referentes ao projeto: " Potencial hídrico em plantas de soja sob diferentes níveis de compactação". UTFPR, *Campus* Pato Branco-PR. 2019.....23
- Figura 2 – Plantas submetidas as densidades de 1,0 Mg m-3 (T1); 1,15 Mg m-3 (T2); 1,25 Mg m-3 (T3) e 1,35 Mg m-3 (T4). Planta submetida a maior compactação (T4) apresenta aparente estresse hídrico. UTFPR, *Campus* Pato Branco-PR, 2019.....27
- Figura 3 – Desenvolvimento das raízes pela fissura entre o solo e o tubo. UTFPR, *Campus* Pato Branco-PR, 2019.....27

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Valores médios para variável número de folha (un.) em quatro níveis de compactação. UTFPR, *Campus* Pato Branco-PR, 2019.....25
- Tabela 2 – Valores médios para a variável altura de planta (cm) entre quatro níveis de compactação. UTFPR, *Campus* Pato Branco-PR, 2019.....26
- Tabela 3 – Valores médios para as variáveis: potencial hídrico (MPa), comprimento da camada compactada (cm) e massa vegetal (g), entre quatro níveis de compactação. UTFPR, *Campus* Pato Branco-PR, 2019.....28

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AP	Altura de planta
CCC	Comprimento da camada compactada
DBA	Delineamento de blocos ao acaso
DAS	Dias após a semeadura
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	Estados Unidos da América
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MFPA	Massa fresca de parte aérea
MFR	Massa fresca de raiz
MSPA	Massa seca de parte aérea
MSR	Massa seca de raiz
ns	Não significativo
NF	Número de folha
PVC	Policloreto de vinila
SPD	Sistema de Plantio Direto
PR	Unidade da Federação – Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE ABREVIATURAS

ha	Unidade de área – hectare (s)
cm	Unidade de comprimento – centímetro (s)
m	Unidade de comprimento – metro (s)
mm	Unidade de comprimento – milímetro (s)
kg	Unidade de massa – quilograma (s)
MPa	Unidade de pressão – megapascal
°C	Unidade de temperatura – graus Celsius
L	Unidade de volume – litro (s)
Mg m <sup>-3</sup>	Unidade de volume – megagrama por metro cúbico
mL	Unidade de volume – mililitro (s)
un.	Unidade padrão

## LISTA DE SÍMBOLOS

<	Menor que
()	Parênteses
%	Percentual
Ψ	Potencial hídrico
®	Registrado
°	Unidade de medida – ângulo ou temperatura

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>30</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>37</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A modernização da agricultura trouxe facilidades nas atividades do campo culminando em rapidez e eficiência do trabalho. As tecnologias foram avançando e com isso surgiram máquinas maiores e mais pesadas, otimizando o trabalho no campo, porém trazendo consigo problemas como a compactação do solo.

A compactação do solo é um fenômeno produzido pela compressão do solo não saturado provocando uma reorganização estrutural das partículas e de seus agregados, resultando em aumento da densidade do solo e redução da porosidade total e da macroporosidade (GUPTA, ALLMARAS, 1987; STONE, GUIMARÃES, MOREIRA, 2002). Esta ocorre principalmente em decorrência do excesso de pressão exercida pelo tráfego de máquinas e equipamentos sobre o solo em condições de elevada umidade.

Dentre os efeitos negativos gerados, o processo de compactação causa a redução da penetração e ramificação das raízes por excessiva resistência do solo à penetração e aeração deficiente, culminando com a redução da produtividade das culturas e da sustentabilidade dos solos agrícolas. Isso em consequência da redução na infiltração e na redistribuição de água no solo, redução das trocas gasosas, da disponibilidade de oxigênio e da limitação na absorção de água e nutrientes pelas plantas (HAKANSSON, VOORHEES, 1998).

A água no solo é um dos fatores responsáveis pela regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas. A ocorrência de déficit hídrico em culturas produtoras de grãos, durante os estádios vegetativo e reprodutivo, pode provocar alterações fisiológicas e morfológicas nas plantas que limitam uma boa produção agrícola (KUSAKA, OHTA, FUJIMURA, 2005; BOYER, 1982). Períodos de grande estiagem têm a capacidade de reduzir a disponibilidade de água no solo e diminuir o nível hídrico das plantas, que em razão às condições atmosféricas continuam a perder água pelo processo da transpiração (JALEEL *et al.*, 2009).

Uma vez efetuado o manejo do solo de forma correta, com o aumento da quantidade de matéria orgânica, isto favorecerá o acréscimo na capacidade de absorção e retenção da água do solo, melhorando as condições físicas e favorecendo o aprofundamento do sistema radicular das plantas.

Este trabalho tem como objetivo averiguar o potencial hídrico em plantas de soja cultivadas em Latossolo Vermelho Distrófico típico, sob diferentes níveis de compactação, assim como analisar o desenvolvimento da cultura da soja e as alterações na estrutura do solo em cada tratamento.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Avaliar a resposta das plantas de soja, assim como a estrutura do solo sob diferentes níveis de compactação.

### 2.2 ESPECÍFICOS

Avaliar os efeitos dos níveis de compactação sobre a fenologia da cultivar de soja NS4823RR;

Estabelecer uma relação quantitativa entre potencial hídrico das plantas de soja e o nível de compactação em um Latossolo Vermelho Distrófico típico;

Avaliar as alterações do sistema radicular em função de diferentes níveis de compactação do solo;

Verificar as alterações que ocorrem na estrutura do solo nos diferentes níveis de compactação.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) tem sua origem no Extremo Oriente, chegando ao Brasil por volta de 1882. Sua expansão pelo país deu-se nos anos de 1970, quando a indústria de óleo passou a ser ampliada. O desenvolvimento rápido de tecnologias e pesquisas focadas no atendimento e demanda externa, esteve associada a ampliação dos plantios de soja no país (MANDARINO, 2017).

Nos últimos vinte anos, a produção de soja no Brasil tem crescido em torno de 13% ao ano. Essa leguminosa é de grande importância econômica para o Brasil, classificando o país como o segundo maior produtor mundial desta cultura, atrás apenas dos EUA (EMBRAPA, 2017). Apesar de ser naturalmente sensível ao fotoperíodo, com o melhoramento genético ela foi adaptada às diversas condições de cultivo, possibilitando deste modo, estabelecer a cultura em diversas regiões.

A eficiência na produção da soja é definida pela interação da planta com o ambiente e o manejo. A otimização de seu cultivo somente será alcançada quando as condições necessárias citadas forem favoráveis, em todas as fases do desenvolvimento da planta. Com isto, estudos sobre o manejo de solos se tornam essenciais para aprimorar o rendimento desta cultura (GILIOLI *et al.*, 1995).

O conhecimento da capacidade de uso do solo é um importante fator a ser considerado para realizar um manejo adequado. Conforme a agregação de suas partículas primárias (areia, silte e argila), é possível classificar o solo quanto a sua estrutura e assim, quais as principais aptidões de uso e manejo para cada tipo de solo, podendo propor o planejamento de uso e ocupação de forma orientada.

Tem-se ainda que a classificação do solo poderá ocorrer quanto a forma (estrutura laminar, prismática, em blocos e granular), tamanho (muito pequeno, pequeno, médio, grande e muito grande) e grau de desenvolvimento (sem e com estrutura). Por meio dessas análises se concebe quais são os métodos mais eficazes de manejo devido a estrutura mineral do solo (CAPECHE, 2008).

O uso intensivo do solo sem as apropriadas formas de uso e manejo decorrem em deformação e degradação física do solo. Assim faz-se necessário salientar a importância de técnicas de uso e manejo que preservem as qualidades físicas do solo (aeração, retenção de água, compactação, estruturação), assim como aspectos químicos (disponibilidade de nutrientes e interação entre estes) e

biológicos (teor de matéria orgânica, respiração e microrganismos). Os efeitos dos sistemas de preparo do solo podem variar em função do tipo de solo, do clima, do próprio preparo e do tipo de intensidade mecânica aplicado (TORRES; SARAIVA; GALERANI, 1993).

Há alguns anos o Sistema de Plantio Direto (SPD) foi incorporado por praticamente todos os envolvidos com produção agrícola no Brasil, devido a praticidade deste. Se trata de uma tecnologia conservacionista que teve grande desenvolvimento a partir da década de 1990. O Brasil no ano de 2017 apresentou uma área sob sistema de plantio direto de 32.878.660 ha, destes, 4.859.075 ha referentes ao estado do Paraná (IBGE, 2017).

Como este método envolve a constante permanência de espécies em cultivo, um dos fatores preocupantes é a circulação constante de máquinas de grande porte que, aliado a um sistema de plantio direto mal executado, ocasiona a compactação do solo.

A compactação do solo ocorre devido à pressão exercida sobre o solo úmido com implementos agrícolas ou pelo pisoteio de animais. O fator citado altera as propriedades físicas do solo com acréscimo da densidade e conseqüente queda de região porosa, em especial os macroporos.

“As propriedades físico-mecânicas do solo como umidade, aeração, temperatura e resistência do solo à penetração, afetam diretamente a produção das culturas, as quais são dependentes da textura, estrutura, densidade, característica do perfil do solo, etc.”(SECCO, 2003)

De acordo com Tosta (2014), a densidade e o comprimento de raízes aumentam até o início da floração da soja, tem-se ainda que, conforme o nível de compactação, as propriedades mencionadas por SECCO (2003), são afetadas em diferentes graus, a densidade global do solo aumenta, reduzindo a macroporosidade e conseqüentemente o potencial de água disponível às plantas, ocorrendo um decréscimo na penetração das raízes. O aprofundamento do sistema radicular é de suma importância, principalmente para culturas não-irrigadas como a soja. Uma vez que isto ocorra, um dos eventos negativos é a má formação radicular, comprometendo a absorção de água e nutrientes pela planta resultando em um desenvolvimento inadequado da soja.

Com o aumento da densidade do solo, redução de macroporos e um desenvolvimento radicular comprometido, tem-se como conseqüência um possível

problema de déficit hídrico, causado pela escassez de água em regiões com limitações físicas do solo, e queda na absorção de água (EMBRAPA, 2013).

Sabe-se que o déficit hídrico expressivo provoca alterações fisiológicas, uma vez que o processo de crescimento celular é dependente da turgidez. As plantas respondem ao estresse com a redução da área foliar, fechamento estomático, redução da transpiração, senescência e abscisão acelerada de folhas fisiologicamente velhas para reduzir o uso da água, queda prematura de vagens resultando, por fim, em redução do rendimento de grãos (TAIZ; ZEIGER, 2006; MORANDO *et al.*, 2014; TOSTA, 2014).

Durante o déficit hídrico a translocação de foto assimilados é menor na planta, devido a redução da fotossíntese nas folhas, ocorrendo, redução ou inibição do crescimento dos órgãos da planta. Uma vez que a planta esteja com estresse hídrico seu desenvolvimento estará em risco, e isto leva a pensar sobre os meios de cultivo mais efetivos para que a cultura não seja prejudicada (THOMAS; COSTA, 1994).

A fim de checar o desenvolvimento da soja devido as condições descritas, é necessário averiguar se a planta absorveu a quantidade suficiente de água, para isto analisa-se o potencial hídrico da planta.

Relacionado ao déficit hídrico está o potencial hídrico apresentado no solo. Se o solo apresenta grande quantidade de umidade, pode-se afirmar que seu potencial hídrico é elevado, por outro lado se o solo é seco o potencial hídrico será baixo. Entretanto esta afirmativa é válida para solos em condições físicas ideais, ou seja, sem alterações estruturais; em solos compactados o déficit hídrico poderá ocorrer devido as consequências físicas causadas ao solo e a formação radicular.

O potencial hídrico da planta é dinâmico e varia de acordo com o desenvolvimento da planta, condições atmosféricas e a disponibilidade de água no solo (EMBRAPA, 2013). O contato íntimo entre a superfície das raízes com o solo, e o volume de solo explorado são essenciais para a absorção efetiva da água pelas raízes. Com a redução da disponibilidade de água no solo a produtividade da cultura pode ser comprometida, uma vez que a mesma é necessária para a maioria das funções vitais, reações e rotas metabólicas (TAIZ; ZEIGER, 2006; TOSTA, 2014).

Uma das principais limitações à expressão do potencial de rendimento da cultura é a disponibilidade de água no solo, uma vez que, cerca de 90% do peso

da planta de soja é constituída por água, e esta, demanda expressiva quantidade de água nos períodos de desenvolvimento, germinação e floração. Com o desenvolvimento da planta, a necessidade de água vai aumentando, atingindo o máximo durante o enchimento de grãos, decrescendo após esse período (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007; EMBRAPA, 2013; LOPES, 2013).

“Considerando que o estado hídrico da planta se altera de acordo com um gama de fatores como: disponibilidade de água no solo, condições atmosféricas e o estágio de desenvolvimento (RODRIGUES *et al.*, 2003), o potencial hídrico na folha tem sido sugerido como uma ferramenta eficiente para manejo de irrigação (MORIANA *et al.*, 2012).” (BARBOSA, 2017)

O déficit hídrico nas plantas pode ser determinado pelo potencial de água na planta, o qual varia de valores próximos de zero nas plantas sem estresse, até valores bem abaixo de zero ou igual ao potencial osmótico, em plantas com estresse severo (EMBRAPA, 2013).

Logo, é adequado aferir no tecido vascular vegetal (xilema), responsável pela condução da água no interior da planta, se o potencial hídrico apresentado é adequado para o desenvolvimento máximo da cultura.

Sabendo que a planta absorve a água pela raiz e transporta, via xilema, até as folhas, é possível medir o potencial hídrico de uma planta através do método da bomba de Scholander, que permite observar a pressão hidrostática da seiva no xilema (SCHOLANDER, 1965; GUIMARÃES; STONE, 2008). O método consiste em colocar uma folha imediatamente após ser destacada da planta, dentro de um recipiente hermético e que possua material resistente para suportar a pressão, onde o gás inerte (nitrogênio) é inserido gradativamente no cilindro, havendo apenas um orifício neste recipiente para colocar o pecíolo da folha no ambiente externo. Com o auxílio de uma lente de aumento é possível observar a seiva saindo pelo pecíolo, nesse momento a pressão aferida pelo manômetro é a mesma do potencial de pressão da seiva do xilema da folha.

Uma vez obtido estes dados é possível estabelecer parâmetros com o potencial hídrico da folha, e assim conjecturar a necessidade que a espécie apresenta em receber maior quantidade de hidratação, ponderando sobre os aspectos negativos na estrutura física do solo.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus* Pato Branco-PR, (26°13'44"S, 54°40'15"O) 760 m de altitude.

Para disposição do experimento utilizou-se solo de classificação Latossolo Vermelho Distrófico típico de textura argilosa, coletado na área experimental da UTFPR. O solo foi destorroado, seco ao ar, peneirado em malha de 2,0 mm e homogeneizado. Retirou-se subamostras para realização da análise granulométrica e química.

Como unidades experimentais, foram utilizados tubos de PVC de 10 cm de diâmetro por 80 cm de altura, revestidos internamente com pacotes plásticos. Com o volume de solo seco necessário para se chegar a densidade desejada, a compactação foi realizada manualmente mediante golpes com um cilindro de compactação. O solo foi compactado em porções de 500g, onde o mesmo era umedecido para aplicar a compactação.

O delineamento foi de blocos ao acaso (DBA). Foram utilizados quatro níveis de compactação, com oito repetições, totalizando 32 vasos (Figura 1, Apêndice A), avaliados por um período de 56 dias após a semeadura (DAS). O solo foi compactado com as seguintes densidades: 1,0 Mg m<sup>-3</sup>(T1); 1,15 Mg m<sup>-3</sup>(T2); 1,25 Mg m<sup>-3</sup>(T3) e 1,35 Mg m<sup>-3</sup>(T4).

Para tais densidades utilizou-se massa de solo de: 6,28 kg (T1); 7,22 kg (T2); 7,85 kg (T3) 8,47 kg (T4). As densidades foram estabelecidas para simular o comportamento de um solo de mata (T1), solos cultivados bem manejados (T2 e T3), solo compactado (T4) (BEUTLER *et al.*, 2001).

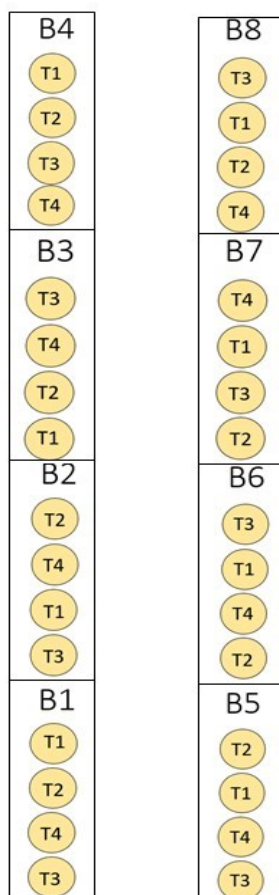
A semeadura da cultivar NS4823RR, Nidera<sup>®</sup> (2018), foi realizada no dia 25 de setembro de 2018, com uma densidade de semeadura de 2 sementes por unidade experimental a 2 cm de profundidade. Após a emergência foi realizado o raleio, mantendo 1 planta por tubo, e a irrigação foi realizada manualmente com irrigador mediante necessidade da cultura.

Após semeadura, a cada 7 dias até os 56° DAS, foi realizado o monitoramento da altura de planta (AP) em centímetros (cm) e número de folhas (NF). Ao 56° DAS, além de AP e NF, também foram avaliados o potencial hídrico da



planta medido em MPa ( $\Psi$ ); massa fresca de parte aérea (MFPA) e raiz (MFR); massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) e comprimento da camada compactada (CCC) em cm.

**Figura 1** – Croqui da disposição das unidades experimentais referentes ao projeto: " Potencial hídrico em plantas de soja sob diferentes níveis de compactação". UTFPR, *Campus Pato Branco-PR*. 2019.



Fonte: autoria própria 2019.

Aos 21 DAS, foi realizada a aplicação de inseticida a fim de controlar um ataque de *Diabrotica speciosa* com o produto comercial Jackpot 50 EC, Adapar®, utilizando uma dose de 0,4 mL para 0,5 L de calda.

O potencial hídrico da planta foi estabelecido por medições com bomba de Scholander da empresa 'Soilmoisture Equipment Corp', modelo 3115 nas primeiras horas da manhã (Apêndice C).

Com o auxílio de um estilete a parte aérea da planta foi separada para pesar a massa fresca e seca. Seguidamente retirou-se o revestimento interno de plástico do tubo sem danificações, possibilitando analisar o comprimento da camada

compactada, assim como separar o sistema radicular para medir a massa fresca e seca do mesmo.

A massa seca de parte aérea e raiz foi determinada através de secagem em estufa a 65°C, até o peso constante (EMBRAPA, 1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey, com nível de 5% de probabilidade de erro. As análises foram feitas utilizando o software estatístico Minitab.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variável número de folhas (NF) desde a implantação até os 56 DAS não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (tabela 1). Esse fato pode ser atribuído pelo tempo em que o experimento foi conduzido, assim como pelo nível de compactação, que pode ter sido baixo a ponto de não causar alterações significativas ao desenvolvimento vegetativo da cultivar.

Tais resultados não condizem com os obtidos por Queiroz-Voltan, Nogueira e Miranda (2000), em experimento realizado em vasos de cerâmica com Latossolo Roxo de textura argilosa, com níveis de compactação de 1,20; 1,35; e 1,50 Mg m<sup>-3</sup> (prensa hidráulica). Mantidas sob irrigação periódica, duas cultivares de soja foram avaliadas (IAC-8 e IAC-14), em ambas, aos 91 dias após a implantação, o número de folhas, a altura de planta, o peso da matéria seca de raiz e do caule diminuíram com o aumento da densidade do solo.

**Tabela 1** – Valores médios para variável número de folha (un.) em quatro níveis de compactação. UTFPR, *Campus Pato Branco-PR*, 2019.

Tratamento	NF 28	NF 35	NF 42	NF 49	NF 56
T 1	1,625 <sup>ns</sup>	2,375 <sup>ns</sup>	4,500 <sup>ns</sup>	5,750 <sup>ns</sup>	7,625 <sup>ns</sup>
T 2	1,250 <sup>ns</sup>	2,250 <sup>ns</sup>	3,625 <sup>ns</sup>	5,000 <sup>ns</sup>	6,875 <sup>ns</sup>
T 3	1,000 <sup>ns</sup>	2,125 <sup>ns</sup>	3,125 <sup>ns</sup>	4,250 <sup>ns</sup>	6,375 <sup>ns</sup>
T 4	1,000 <sup>ns</sup>	2,000 <sup>ns</sup>	2,750 <sup>ns</sup>	4,000 <sup>ns</sup>	5,625 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>Não significativo. NF: número de folha.

A altura de planta foi influenciada pela compactação, havendo diferença significativa entre os tratamentos aos 28 e 35 DAS. Plantas submetidas ao tratamento T1 obtiveram um porte superior, sendo que a compactação T4 foi a que proporcionou a menor estatura de plantas (tabela 2, Apêndice B). Em maior parte do experimento não houve diferença significativa para a variável altura de planta entre os tratamentos aplicados. Esses resultados corroboram aqueles obtidos por Giarola *et al.* (2009).

Utilizando Latossolo Vermelho Eutroférico típico de textura muito argilosa Giarola *et al.* (2009), estudaram os tratamentos: sistema plantio direto contínuo sem compactação adicional e sistema plantio direto com compactação adicional, sob efeito de quatro passadas sequenciais e sobrepostas do rodado de um trator com massa de 4,6 Mg (pressão média sobre o solo em torno de 250 KPa).

A compactação promovida na superfície do solo atingiu densidade média de até 1,51 Mg m<sup>-3</sup>. Mantiveram a umidade próxima da capacidade de campo. Ao avaliar diferentes cultivares de soja (Coodetec 204, Coodetec 215, Monsoy 5942, Embrapa 48 c e Spring), tais autores concluíram que não houve diferença para as variáveis fitomassa seca e altura de planta, apontaram que as diferenças obtidas entre as variáveis fitomassa seca e altura de plantas avaliadas não foram influenciadas pela compactação adicional do solo, mas sim determinadas pelas características das cultivares.

**Tabela 2** – Valores médios para a variável altura de planta (cm) entre quatro níveis de compactação. UTFPR, *Campus Pato Branco-PR*, 2019.

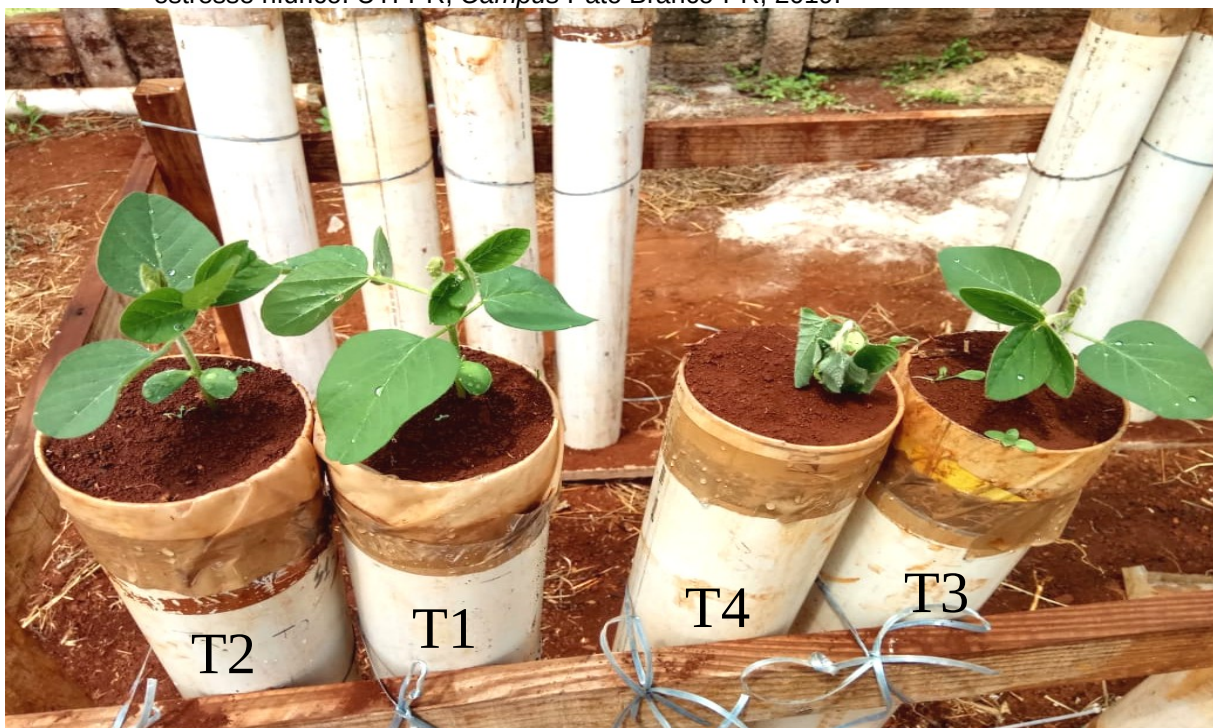
Tratamento	AP 7	AP 14	AP 21	AP 28*	AP 35*	AP 42	AP 49	AP 56
T 1	2,487 <sup>ns</sup>	5,587 <sup>ns</sup>	7,188 <sup>ns</sup>	7,900 a	9,200 a	14,688 <sup>ns</sup>	14,688 <sup>ns</sup>	21,810 <sup>ns</sup>
T 2	2,075 <sup>ns</sup>	5,513 <sup>ns</sup>	7,150 <sup>ns</sup>	7,587 ab	8,775 ab	12,713 <sup>ns</sup>	12,713 <sup>ns</sup>	17,163 <sup>ns</sup>
T 3	1,838 <sup>ns</sup>	4,925 <sup>ns</sup>	7,137 <sup>ns</sup>	7,500 ab	8,637 ab	12,590 <sup>ns</sup>	12,590 <sup>ns</sup>	15,440 <sup>ns</sup>
T 4	1,837 <sup>ns</sup>	4,525 <sup>ns</sup>	6,525 <sup>ns</sup>	6,800 b	7,550 b	11,400 <sup>ns</sup>	11,400 <sup>ns</sup>	15,060 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>Não significativo. \*Dados não seguidos por mesma letra, na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro. AP: altura de planta.

Não houve diferenças entre os tratamentos quando avaliado o potencial hídrico das plantas. Este fato está fortemente ligado a um erro experimental, em que a irrigação não foi suspensa antes da avaliação do potencial hídrico, o que é mandatório para experimentos como este. Em resposta à redução da disponibilidade de água no solo para a planta, causado pela compactação do solo, os sintomas de estresse hídrico foram visíveis na cultura durante a condução do experimento. Em plantas submetidas à níveis superiores de compactação do solo (T4), nos dias de temperatura elevada foi possível perceber os sintomas de murcha da parte aérea de maneira mais definida, bem como, ao finalizar o experimento foi possível observar o desenvolvimento radicular mais concentrado nas camadas superficiais do solo.

Assim como observado por Queiroz-Voltan, Nogueira e Miranda (2000) as raízes se desenvolveram verticalmente nos pontos de menor contato entre o tubo e o solo (Figura 2 e 3). Como não houve um controle da quantidade mínima da água a ser aplicada, ou a simulação de um estresse hídrico, tais fatores explicam a falta de diferença estatística entre os tratamentos, mesmo em densidade elevada.

**Figura 2** – Plantas submetidas as densidades de  $1,0 \text{ Mg m}^{-3}$  (T1);  $1,15 \text{ Mg m}^{-3}$  (T2);  $1,25 \text{ Mg m}^{-3}$  (T3) e  $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$  (T4). Planta submetida a maior compactação (T4) apresenta aparente estresse hídrico. UTFPR, *Campus Pato Branco-PR*, 2019.



Fonte: autoria própria, 2018.

**Figura 3** – Desenvolvimento das raízes pela fissura entre o solo e o tubo. UTFPR, *Campus Pato Branco-PR*, 2019.

Fonte: autoria própria, 2018.

A energia aplicada no solo se mostrou eficiente para reorganizar as partículas do solo, com isso o comprimento da camada compactada aumentou com o acréscimo da densidade (Tabela 3, Apêndice D). Embora a densidade aplicada neste experimento tenha sido superior à crítica ao crescimento das plantas (densidade acima de  $1,1 \text{ Mg m}^{-3}$  indicada por Tormena, Silva, e Libardi *et al.* (1998), os níveis de compactação atingidos nesse projeto se mostraram pouco eficientes para demonstrar seu efeito sobre o desenvolvimento vegetal da soja, pois o experimento foi mantido sob irrigação. O aporte de água foi suficiente para manter o desenvolvimento das plantas mesmo em níveis críticos de compactação.

**Tabela 3** – Valores médios para as variáveis: potencial hídrico (MPa), comprimento da camada compactada (cm) e massa vegetal (g), entre quatro níveis de compactação. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2019.

Tratamento	$\Psi$	CCC*	MFR	MSR	MFPA*	MSPA
T 1	84,7 <sup>ns</sup>	17.27 c	11,940 <sup>ns</sup>	6,810 <sup>ns</sup>	12,343 a	7,392 <sup>ns</sup>
T 2	75,2 <sup>ns</sup>	26.88 c	10,303 <sup>ns</sup>	6,623 <sup>ns</sup>	10,372 ab	7,0734 <sup>ns</sup>
T 3	65,7 <sup>ns</sup>	51.69 b	10,016 <sup>ns</sup>	6,548 <sup>ns</sup>	10,086 b	6,920 <sup>ns</sup>
T 4	64,9 <sup>ns</sup>	73.44 a	9,875 <sup>ns</sup>	6,451 <sup>ns</sup>	10,083 b	6,911 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>Não significativo. \*Dados não seguidos por mesma letra, na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.  $\Psi$ : potencial hídrico; CCC: comprimento da camada compactada; MFR: massa fresca de raiz; MSR: massa seca de raiz; MFPA: massa fresca de parte aérea; MSPA: massa seca de parte aérea.

Tormena, Silva, e Libardi *et al.* (1998), em um experimento conduzido sob Latossolo Roxo de classe textural muito argiloso, em sistema de plantio direto irrigado por aspersão (pivô central), concluíram que a compactação do solo não influenciou os parâmetros de desenvolvimento radicular pelo fato de que o experimento foi mantido sob irrigação.

Assim como observado por Tormena, Silva, e Libardi *et al.* (1998), e Giarola (2009), a manutenção da umidade ao longo do ciclo da cultura controlou o incremento da resistência do solo à penetração e, com isso, o efeito direto dela no crescimento das raízes. Esse fato justifica a ausência de diferença nos parâmetros de massa seca e fresca de raiz.

Para a variável de massa fresca de parte aérea, a interação entre os fatores foi significativa, sendo que plantas submetidas a um menor nível de compactação tiveram um desenvolvimento vegetal superior, onde o tratamento T1 apresentou maior produção de massa fresca, em comparação com os demais.

A falta de resposta à compactação do solo sobre a maior parte dos parâmetros de desenvolvimento vegetal indica que, as alterações ocorridas nos atributos físicos do solo não afetaram significativamente o desenvolvimento da cultivar avaliada. Esse fato pode ser atribuído à manutenção da umidade ao longo do experimento, onde, o aporte de água que foi suficiente para manter o desenvolvimento das plantas mesmo em níveis críticos de compactação, controlando o incremento da resistência do solo à penetração permitindo o desenvolvimento das plantas de soja.

## 6 CONCLUSÕES

Aos 28 e 35 dias após a semeadura as plantas submetidas a densidade  $1,00 \text{ Mg m}^{-3}$  (T1) apresentaram maior altura quando comparada com as plantas submetidas a densidade  $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$  (T4).

Não houve diferença significativa nos parâmetros: número de folha, potencial hídrico, massa seca e fresca de raiz e massa seca de parte aérea.

A técnica de compactação aplicada ao solo foi eficiente para reorganizar as partículas de solo, uma vez que, observou-se maior comprimento da camada compactada no maior nível de compactação (T4).



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É recomendado montar vasos extras para que o instrumento utilizado para avaliar o potencial hídrico seja calibrado de acordo com a espessura do pecíolo da folha da planta de soja.

Para trabalhos futuros, é interessante utilizar uma metodologia capaz de atingir níveis de compactação maiores, como por exemplo a prensa hidráulica ou realizar em condições de campo utilizando ensaio com passadas de trator.

O aprimoramento do vaso se faz necessário, uma vez que o sistema radicular da soja tende a crescer em áreas não compactadas (espaços vazios entre o solo e as dobras do pacote plástico), fator que torna a avaliação do desenvolvimento radicular imprecisa. A utilização de vasos com diâmetros maiores possibilitaria a extração de amostras indeformadas de solo (anéis), e com isso seria possível quantificar as modificações físicas ocorridas nos atributos do solo submetidos aos diferentes níveis de compactação.

Muitos problemas ocorrem em experimentos realizados em casa de vegetação pelo fato de que outros experimentos são conduzidos ao mesmo tempo. É necessário as devidas precauções para que em caso de restrição hídrica, essa exigência não seja negligenciada.

A condução do experimento poderá ser realizada até a cultura concluir seu ciclo, para verificar se haverá queda da produtividade mediante níveis de compactação.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Lucas Andrade. **Limite crítico do potencial hídrico da soja durante os estádios vegetativo e reprodutivo**. 192 p. — Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19843/1/LimiteCriticoPotencial.pdf>. Acesso em: 09 maio 2018.
- BEUTLER, Amauri N. *et al.* Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 167–177, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n1/18.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- BOYER, H. J. Plant productivity and environment. **Science**, v. 218, p. 443–448, 1982. Acesso em: 09 maio 2018.
- CAPECHE, Cláudio Lucas. **Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/comtec51\\_2008\\_nocoos\\_estrutura\\_solo\\_000g3h86s8u02wx5ok0r2ma0ndtwqqga.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/comtec51_2008_nocoos_estrutura_solo_000g3h86s8u02wx5ok0r2ma0ndtwqqga.pdf). Acesso em: 03 jan 2019.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16-online.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2018.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p. EMBRAPA-CNPSo. Documentos; 1. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos\\_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf). Acesso em: 20 mar. 2018.
- FARIAS, Jose Renato B.; NEPOMUCENO, Alexandre L.; NEUMAIER, Norman. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 2007. 9 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSo-2009-09/27615/1/circtec48.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2018.
- GIAROLA, Neyde Fabíola Balarezo *et al.* Cultivares de soja sob plantio direto em latossolo vermelho compactado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 641–646, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asagr/v31n4/a14v31n4.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- GILIOLI, J. L. *et al.* Soja: série 100. Cristalina: FT Sementes, 1995. (Boletim técnico, 3). Acesso em: 20 dez. 2018.

GUIMARÃES, Cleber Morais; STONE, Luís Fernando. **Métodos de avaliação das condições hídricas das plantas**. Santo Antônio de Goiás: EMBRPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/216270/1/comt161.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2018.

GUPTA, Satish C; ALLMARAS, R. R. Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. **Advances in Soil Science**, New York, v. 6, p. 65–100, 1987. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-4682-4\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-4682-4_2). Acesso em: 20 mar. 2018.

HAKANSSON, I.; VOORHEES, W. B. Soil compaction. In: **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: CRS Press, 1998. p. 167–179. *Advances in Soil Science*. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=4gv5HEOrX8YC&oi=fnd&pg=PA167&dq=Hakansson,+I.+and+Voorhees,+W.B.+Soil+compaction.+In:+LAL,+R.%3B+Blum,+W.H.%3B+Valentine,+C.%3B+Steward,+B.A.+Methods+for+assessment+of+soil+degradation.+Boca+Raton:+CRS+Press,+1998.+p.+167--179+\(Advances+in+Soil+Science\).+&ots=8jXW4A3-Z6&sig=CAHOcpHSTR7H3Y86VaSeHrGqgMk&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=4gv5HEOrX8YC&oi=fnd&pg=PA167&dq=Hakansson,+I.+and+Voorhees,+W.B.+Soil+compaction.+In:+LAL,+R.%3B+Blum,+W.H.%3B+Valentine,+C.%3B+Steward,+B.A.+Methods+for+assessment+of+soil+degradation.+Boca+Raton:+CRS+Press,+1998.+p.+167--179+(Advances+in+Soil+Science).+&ots=8jXW4A3-Z6&sig=CAHOcpHSTR7H3Y86VaSeHrGqgMk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 20 mar. 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo agropedológico: resultados preliminares, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro\\_2017\\_resultados\\_preliminares.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf). Acesso em: 10 abr. 2018.

JALEEL, Cheruth Abdul *et al.* Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 11, n. 1, p. 100–105, 2009. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/fc62/ad94f99b818ee7f9aca6d879b434b04ba609.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018.

KUSAKA, Masayuki; OHTA, Masaru; FUJIMURA, Tatsuhiro. Contribution of inorganic components to osmotic adjustment and leaf folding for drought tolerance in pearl millet. **Physiologia Plantarum**, Japan, v. 125, n. 4, p. 474–489, 2005. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1399-3054.2005.00578.x>. Acesso em: 10 abr. 2018.

LOPES, Alessandra Lomelino. **Campos cultivo e manejo da soja**. In: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 2013. Disponível em: <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjc2OTI=>>. Acesso em: 27: abr. 2018.

MANDARINO, José Marcos Gontijo. **Origem e história da soja no Brasil**. 2017. Disponível em: <https://blogs.canalrural.uol.com.br/embrapasoja/2017/04/05/origem-e-historia-da-soja-no-brasil/>. Acesso em: 30 abr. 2018.

MORANDO, Rafaela *et al.* Déficit hídrico: efeito sobre a cultura da soja. **Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 3, n. especial, p. 114–129, 2014. Disponível em: <http://www.dca.uem.br/V3NE/10.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2018.

NIDERA. **NIDERA SEMENTES**. 2018. Disponível em: <http://www.niderasementes.com.br/produto/ns-4823-rr.aspx>. Acesso em: 30 abr. 2018.

QUEIROZ-VOLTAN, Rachel Benetti; NOGUEIRA, Sandra dos Santos Sevá; DE MIRANDA, Manoel Albino Coelho. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 929-938, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n5/4714.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2019.

SCHOLANDER, P. F. *et al.* Sap pressure in vascular plants. **Science**, v. 148, p.339–346, 1965. Disponível em: <http://science.sciencemag.org/content/148/3668/339>. Acesso em: 29 abr. 2018.

SECCO, Deonir. **Estados de compactação de dois Latossolos sob plantio direto e suas implicações no comportamento mecânico e na produtividade de culturas**. 108 p. — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003. Disponível em: [http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Deonir\\_Secco\\_Tese.pdf](http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.quoos.com.br/downloads/Deonir_Secco_Tese.pdf). Acesso em: 09 out. 2018.

STONE, Luis Fernando; GUIMARÃES, Cleber Moraes; MOREIRA, Aloísio Alves Jose. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. i: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, p. 207–212, 2002. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/250985141\\_Compactacao\\_do\\_solo\\_na\\_cultura\\_do\\_feijoeiro\\_I\\_Efeitos\\_nas\\_propriedades\\_fisico-hidricas\\_do\\_solo](https://www.researchgate.net/publication/250985141_Compactacao_do_solo_na_cultura_do_feijoeiro_I_Efeitos_nas_propriedades_fisico-hidricas_do_solo) >. Acesso em: 20 jan. 2018.

TAIZ, Lincon; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2006. 565 p. Acesso em: 29 abr. 2018.

THOMAS, André Luís; COSTA, José Antonio. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 9, p. 1389–1.396, set. 1994. Disponível em: [http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1398954688\\_art\\_06.pdf](http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1398954688_art_06.pdf) >. Acesso em: 29 jan 2019.

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**, v. 22, n. 4, p. 573–581, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n4/02.pdf> >. Acesso em: 29 jan. 2019.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F.; GALERANI, P.R. Manejo do solo para a cultura da soja. **EMBRAPA-Ci1iPSo**, Londrina, p. 71, 1993. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/449022/manejo-do-solo-para-a-cultura-da-soja>. Acesso em: 20 jan. 2019.

TOSTA, A. S..Tolerância ao déficit hídrico e eficiência do uso de água em genótipos de **cebola**, Goiás, 2014. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/6425/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Alex%20Leonardo%20Tosta%20-%202014.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2018.

**ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS**

<b>APÊNDICE A – Disposição das unidades experimentais em casa de vegetação no momento da instalação e após o estabelecimento da cultura. UTFPR, Pato Branco-PR, 2019.....</b>	<b>38</b>
<b>APÊNDICE B – Altura de planta de soja submetidas a compactação com densidade de 1,15 Mg m<sup>-3</sup> (T2); 1,0 Mg m<sup>-3</sup> (T1); 1,35 Mg m<sup>-3</sup> (T4) e 1,25 Mg m<sup>-3</sup> (T3) respectivamente ao 56º DAS. UTFPR, Pato Branco-PR, 2019.....</b>	<b>39</b>
<b>APÊNDICE C – Bomba de Scholander utilizada para medir o potencial hídrico na soja. UTFPR, Pato Branco-PR, 2019.....</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICE D – Comprimento da camada compactada dos vasos com as densidades de 1,25 Mg m<sup>-3</sup> (T3), 1,35 Mg m<sup>-3</sup> (T4); 1,0 Mg m<sup>-3</sup> (T1) e 1,15 Mg m<sup>-3</sup> (T2) respectivamente aos 56º DAS. UTFPR, Pato Branco-PR, 2019.....</b>	<b>41</b>

## APÊNDICES

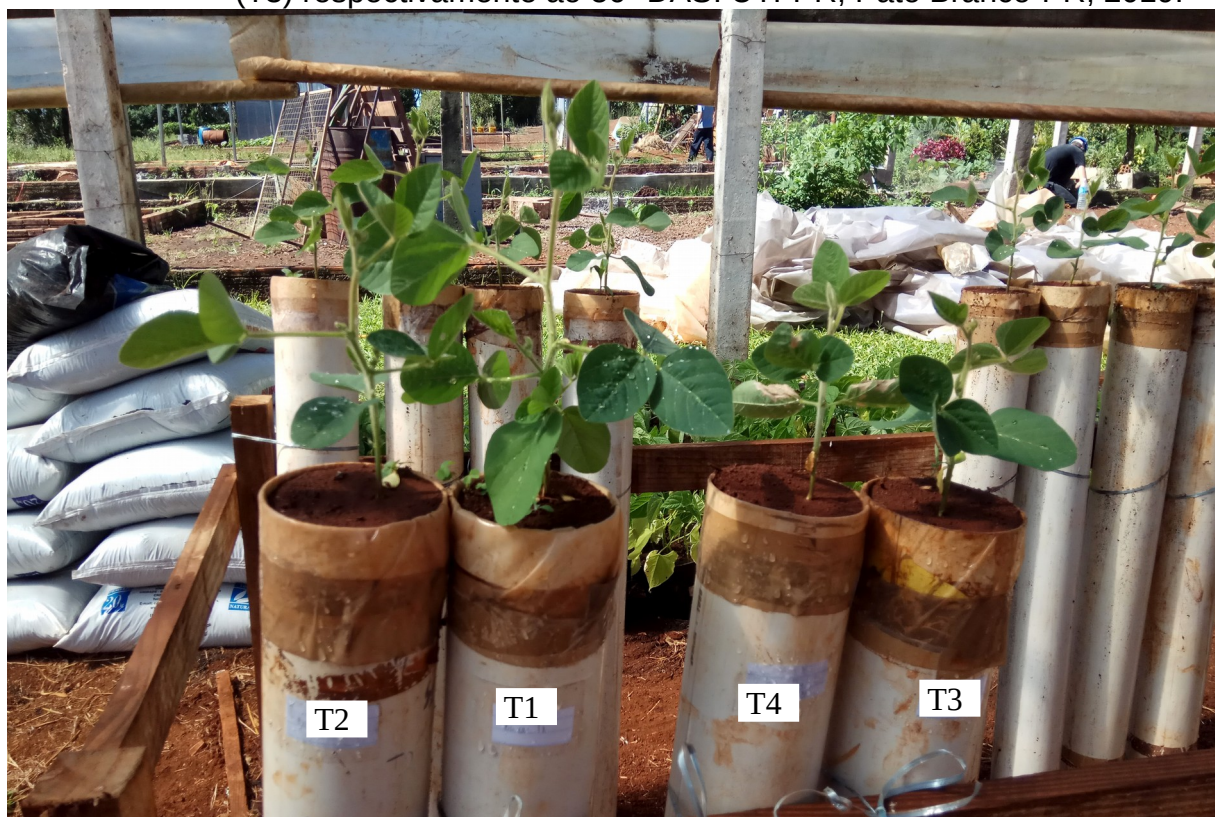
APÊNDICE A – Disposição das unidades experimentais em casa de vegetação no momento da instalação e após o estabelecimento da cultura. UTFPR, Pato Branco-PR, 2019.



Fonte: autoria própria, 2018.



APÊNDICE B – Altura de planta de soja submetidas a compactação com densidade de  $1,15 \text{ Mg m}^{-3}$  (T2);  $1,0 \text{ Mg m}^{-3}$  (T1);  $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$  (T4) e  $1,25 \text{ Mg m}^{-3}$  (T3) respectivamente ao 56º DAS. UTFPR, Pato Branco-PR, 2019.



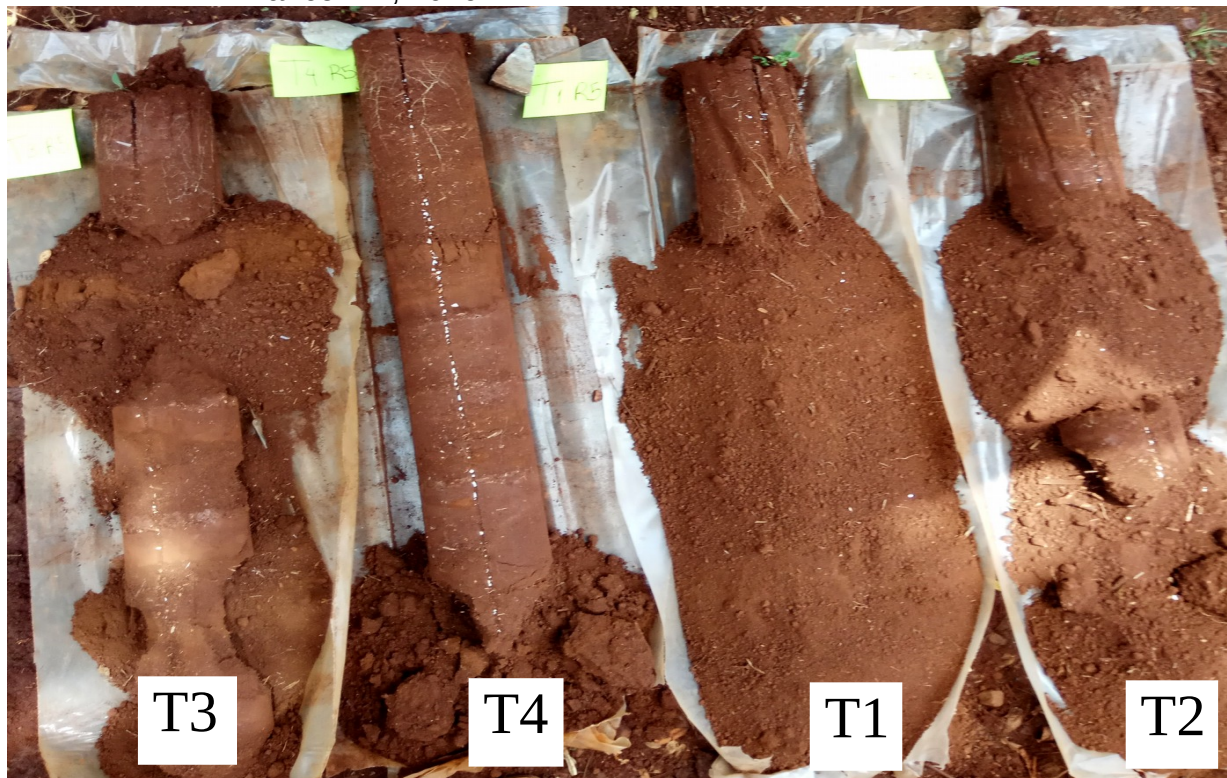
Fonte: autoria própria, 2018.

APÊNDICE C – Bomba de Scholander utilizada para medir o potencial hídrico na soja. UTFPR, Pato Branco-PR, 2019.



Fonte: autoria própria, 2018.

APÊNDICE D – Comprimento da camada compactada dos vasos com as densidades de  $1,25 \text{ Mg m}^{-3}$  (T3),  $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$  (T4);  $1,0 \text{ Mg m}^{-3}$  (T1) e  $1,15 \text{ Mg m}^{-3}$  (T2) respectivamente aos 56º DAS. UTFPR, Pato Branco-PR, 2019.



Fonte: autoria própria, 2018.