

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FARROUPILHA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**PRODUTIVIDADE DA SOJA EM TERRAS BAIXAS EM DIFERENTES  
DECLIVIDADES DO SISTEMA SULCO/CAMALHÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

**Matheus Oliveira Giuliani**

Alegrete, 2021

# **PRODUTIVIDADE DA SOJA EM TERRAS BAIXAS EM DIFERENTES DECLIVIDADES DO SISTEMA SULCO/CAMALHÃO**

**Matheus Oliveira Giuliani**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Agrícola**

**Orientador: Prof. Dr. Rafael Ziani Goulart**

Alegrete, RS, Brasil  
2021

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha  
Universidade Federal do Pampa  
Curso de Engenharia Agrícola

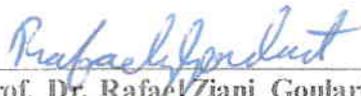
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso II

**PRODUTIVIDADE DA SOJA EM TERRAS BAIXAS EM DIFERENTES  
DECLIVIDADES DO SISTEMA SULCO/CAMALHÃO**

Elaborado por  
**Matheus Oliveira Giuliani**

Como requisito parcial para a obtenção de grau de  
**Bacharel em Engenharia Agrícola**

**COMISSÃO EXAMINADORA**



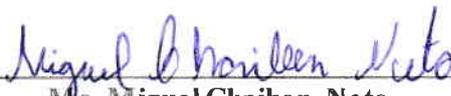
---

Prof. Dr. Rafael Ziani Goulart  
(Orientador – IF Farroupilha)



---

Prof. Dr. Douglas Dalla Nora  
(IF Farroupilha)



---

Me. Miguel Chaiben Neto  
(UFSM)

Alegrete, 6 de julho de 2021

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais Sônia Marisa Oliveira Giuliani e Valdoir Giuliani por todo o apoio, incentivo e por sempre acreditarem em mim, assim, como meu irmão Marcelo Oliveira Giuliani por sempre estar do meu lado.

Agradeço ao meu orientador professor Dr. Rafael Ziani Goulart pela oportunidade, orientação, ensinamentos, atenção e paciência, ao senhor meu muito obrigado.

A minha namorada Eduarda Corrêa Pereira por sempre estar do meu lado me auxiliando e me dando força para continuar em frente sem desanimar, muito obrigado meu amor.

Aos meus colegas do Grupo de Ensino Pesquisa e Extensão em Agricultura de Conservação (GEPEAC), Antônio Augusto Marquez, Cristian Ramos Soares, Felipe Bilik, Samara Beier e Vinício José Bordignon, por toda a ajuda nas coletas dos dados, tratamentos culturais e análises em laboratório. A vocês meu muito obrigado pelo apoio e amizade.

Agradeço aos Engenheiros Agrícolas Esteven Butzke e Paula Cardoso por todos os ensinamentos passados quando entrei no grupo de pesquisa (GEPEAC).

Agradeço aos funcionários do Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete por todo o auxílio durante a realização do experimento.

Agradeço ao Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete por ter cedido a área experimental e todos os insumos necessários para o cultivo, bem como a bolsa de iniciação científica PAIT-ES (IT).

## **RESUMO**

Trabalho de Conclusão de Curso II

Curso de Engenharia Agrícola

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha  
Universidade Federal do Pampa

### **PRODUTIVIDADE DA SOJA EM TERRAS BAIXAS EM DIFERENTES DECLIVIDADES DO SISTEMA SULCO/CAMALHÃO**

AUTOR: MATHEUS OLIVEIRA GIULIANI

ORIENTADOR: RAFAEL ZIANI GOULART

Alegrete, 6 de julho de 2021.

O uso de técnicas de manejo de solo que propiciam um ambiente melhor ao desenvolvimento das plantas é fundamental para o sucesso da rotação de culturas em terras baixas. Baseado nisso, o presente estudo buscou avaliar o uso do sistema sulco/camalhão sob quatro declividades, sem uso de irrigação no cultivo de soja. O experimento foi disposto em um delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Sendo a parcela principal as diferentes declividades de 0,0%; 0,25%; 0,5%; 1,0%. E a subparcela foi a localização nas parcelas que foram divididas em 3 pontos, início, meio e fim. Essa divisão foi realizada devido o tempo de escoamento da água do início da parcela ser menor que do final. Foram avaliados os seguintes atributos do solo: Densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, condutividade hidráulica do solo saturado e a umidade do solo. O desenvolvimento de plantas foi avaliado pela população de plantas estabelecidas, teor de clorofila na folha e rendimento de grãos. Os tratamentos não influenciaram os índices físicos-hídricos do solo. O número de plantas estabelecidas aumenta conforme a declividade do sulco aumenta, tendo o tratamento 0% diferindo estatisticamente do 1%. Apesar de ocorrerem diferenças no teor de clorofila, não foi possível observar uma tendência clara nos resultados. A umidade no solo no tratamento de 1% no fim da parcela foi 40,6% maior que no início. Em anos com baixa incidência pluviométrica, um manejo de solo focado para a drenagem não interfere no rendimento da soja.

**Palavras-chave:** Drenagem, Hidromorfismo, Terras Baixas.

## **Abstract**

Course Completion Work II

Agricultural Engineering Course

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha  
Universidade Federal do Pampa

### **SOYBEAN PRODUCTIVITY IN LOWLAND ON DIFFERENT SLOPES OF THE FURROW/CAMALHÃO SYSTEM**

AUTHOR: MATHEUS OLIVEIRA GIULIANI

ADVISOR: RAFAEL ZIANI GOULART

Alegrete, 6<sup>th</sup> June 2021.

The use of soil management techniques that provide a better environment for plant development is critical for successful lowland crop rotation. Based on this, the present study sought to evaluate the use of the furrow/ridge system under four slopes, without the use of irrigation in soybean cultivation. The experiment was arranged in a randomized block design with split plots and four replications. The main portion being the different slopes of 0.0%; 0.25%; 0.5%; 1.0%. And the subplot was the location in the plots that were divided into 3 points, beginning, middle and end. This division was carried out because the water runoff time at the beginning of the plot is shorter than at the end. The following soil attributes were evaluated: Soil density, total porosity, macroporosity, microporosity, saturated soil hydraulic conductivity and soil moisture. Plant development was evaluated by established plant population, leaf chlorophyll content and grain yield. The treatments did not influence the physical-water indices of the soil. The number of established plants increases as the slope of the furrow increases, with 0% treatment differing statistically from 1%. Despite differences in chlorophyll content, it was not possible to observe a clear trend in the results. The soil moisture in the 1% treatment at the end of the plot was 40.6% higher than at the beginning. In years with low rainfall, soil management focused on drainage does not interfere with soybean yield.

**Keywords:** Drainage, Hydromorphism, Lowlands.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Município de Alegrete – RS (Fonte: Raphael Lorenzeto de Abreu). _____	19
<b>Figura 2:</b> Confeção do sistema sulco-camalhão com implemento sulcador. _____	20
<b>Figura 3:</b> Cultivo de azevém no período hibernar como planta de cobertura _____	20
<b>Figura 4:</b> Área experimental de terras baixas com o cultivo de soja do estudo, no Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete RS. _____	21
<b>Figura 5:</b> Semeadora de parcelas com 4 linhas. _____	21
<b>Figura 6:</b> Coleta de amostra indeformadas em cilindro metálico. _____	22
<b>Figura 7:</b> Permeâmetro de carga constante. _____	23
<b>Figura 8:</b> Medidor eletrônico do teor de clorofila. (Fonte: Virtualexpo Group). _____	24
<b>Figura 9:</b> Trilha das plantas para determinação do rendimento de grãos. _____	24
<b>Figura 10:</b> Sistema sulco-camalhão com azevém como planta de cobertura. _____	29
<b>Figura 11:</b> Dano nas plantas causado pela Podridão radicular de <i>Phytophthora</i> em soja. ____	31
<b>Figura 12:</b> Plantas no momento da primeira análise do teor de clorofila. _____	33
<b>Figura 13:</b> Plantas no momento da segunda análise do teor de clorofila. _____	34
<b>Figura 14:</b> Umidade do solo sob diferentes declividades do sistema sulco-camalhão em diferentes locais avaliada 4 dias após a ocorrência da precipitação. _____	34
<b>Figura 15:</b> Umidade do solo sob diferentes declividades do sistema sulco-camalhão em diferentes locais avaliada 7 dias após a ocorrência da precipitação. _____	35

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Atributos físicos-hídrico de um Gleissolo Háplico submetidos a diferentes declividades do sistema sulco-camalhão para drenagem, Alegrete RS, 2019. \_\_\_\_\_ 26
- Tabela 2.** Atributos físicos de um Gleissolo Háplico em diferentes camadas, diferindo locais em diferentes declividades do sistema sulcos-camalhão para drenagem, Alegrete RS, 2019. \_\_\_\_\_ 28
- Tabela 3.** Estabelecimento de plantas de soja por metro linear nos 30 DAS, 60 DAS e na MF sob sistema sulco-camalhão com diferentes declividades em terras baixas. \_\_\_\_\_ 30
- Tabela 4.** Teor de clorofila na folha de soja cultivada em área de terras baixas sob sistema sulco-camalhão com diferentes declividades, Alegrete RS, 2020. \_\_\_\_\_ 32
- Tabela 5.** Produtividade de soja cultivada sob sistema sulco-camalhão com diferentes declividades em terras baixas na safra 2019/2020. \_\_\_\_\_ 36

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1 Objetivo geral	11
1.2 Objetivos específicos	11
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>12</b>
2.1 Áreas de terras baixas no Rio Grande do Sul	12
2.2 Características dos solos de terras baixas	13
2.3 Rotação de culturas em terras baixas	14
2.4 Cultivo de soja em terras baixas	16
2.4 Alternativa para o sucesso da rotação	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>19</b>
3.1 Análises de solo	22
3.2 Análises de planta	23
3.3 Análise estatística	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>26</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>37</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	<b>38</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) teve um aumento na área de várzea cultivada com arroz (*Oryza Sativa*), estabilizando em torno de um milhão de hectares (ha) semeados. No entanto, no ano agrícola de 2019/2020, a área semeada chegou aos 936.316 ha de arroz irrigado e 341.188 ha de soja, um equivalente a 36,4% da área de arroz em solos de terras baixas (IRGA 2020). Os sucessivos cultivos de arroz irrigado nessas áreas causaram aumento da infestação de plantas daninhas, e com isso uma concorrência entre a cultura e a planta daninha por luminosidade e nutrientes, acarretando em uma redução de produtividade.

A rotação de culturas pode ser uma alternativa para assegurar a produtividade potencial do arroz nessas áreas (GOULART, 2016), proporcionando a redução da ocorrência de plantas daninhas, promovendo a ciclagem de nutrientes e também resultando na melhoria da estrutura do solo devido aos diferentes tipos de sistemas radiculares (DALLA NORA, 2017).

No entanto, as características de relevo predominantemente plano, bem como a ascensão do lençol freático em períodos chuvosos, a alta relação água/ar e principalmente a condutividade hidráulica praticamente nula no horizonte B propiciam um ambiente mal drenado dificultando o cultivo de culturas de sequeiro (SOSBAI, 2014; EMBRAPA, 2017). Nesse sentido, o uso de técnicas de manejo de solo que ajudem a propiciar um ambiente melhor drenado para o desenvolvimento das plantas é fundamental para o sucesso da rotação de culturas de sequeiro com o arroz irrigado.

Uma operação que pode ser realizada é a semeadura em camalhões, na qual o sistema radicular da cultura é elevado. Isso proporciona uma melhor aeração do solo, além da criação de um sulco que contribui com a drenagem do solo, o que forma um caminho preferencial para o escoamento da água em precipitações elevadas. Dessa forma, há uma diminuição no tempo de alagamento das áreas, o que reduz o estresse hídrico da planta causado pela elevação do lençol freático (GOULART, 2016; EMBRAPA, 2017). Além disso, o mesmo sulco pode ser utilizado para irrigação complementar quando necessário (DA SILVA et al., 2007).

O uso da soja (*Glycine max*) nessa rotação pode ser muito vantajoso para a propriedade, pois é uma cultura de fácil comercialização e com valor de comercialização mais estável que outras culturas como o arroz e o milho, e em boas condições de desenvolvimento pode chegar a boas produtividades.

### **1.1 Objetivo geral**

Avaliar o desenvolvimento da cultura da soja cultivada no sistema sulco/camalhão com diferentes declividades.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Avaliar a influência do manejo de solo nos índices físicos e hídricos do solo;
- Verificar se o cultivo no sistema sulco/camalhão influencia o desenvolvimento da cultura durante todo o ciclo;
- Avaliar se esse manejo de solo proporciona um ambiente melhor drenado para a cultura.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Áreas de terras baixas no Rio Grande do Sul

O Rio Grande do Sul (RS) possui uma área de terras baixas de aproximadamente 5,4 milhões de hectares correspondendo a cerca de 20% da área total do Estado (PINTO et al., 2017). De acordo com Marchesan (2015), de toda esta área, em torno de um milhão está sob cultivo de arroz irrigado anualmente, no entanto três milhões já foram cultivadas e estão estruturadas para a irrigação e a drenagem.

A cultura do arroz é bem expandida nesses ambientes, principalmente na região da Fronteira Oeste do Estado, que é onde tem-se uma maior concentração de áreas com arroz irrigado, com destaque para os municípios de Uruguaiana e Itaqui (BEUTLER et al., 2012)

Nessas áreas está a grande concentração da produção de arroz, que é uma das principais fontes de alimento do mundo, com uma produção de aproximadamente 80 % do total produzido centralizada em solos de terras baixas (MARRENJO et al., 2016).

O Estado teve um aumento na área de terras baixas cultivada com arroz (*Oryza Sativa*) até a safra 2004/5, estabilizando-se em torno de um milhão de hectares (ha) semeados, porém, o restante dessas áreas é deixado em pousio ou utilizada para a pecuária extensiva (MARCHESAN, 2015).

Estas áreas sempre se destacaram pelo monocultivo em grande escala do arroz irrigado ou a pecuária extensiva, fator esse decorrente de questões culturais, predominando assim por grandes períodos nesse mesmo sistema, associado a questões edafoclimáticas, que tiveram grande influência para a utilização dessas duas maneiras de uso do solo das áreas (ROCHA, 2000).

O manejo de produção tradicional que está inserido nessas áreas, com arroz irrigado e pecuária de corte vem cada vez enfrentando mais problemas com uma rentabilidade não satisfatória para os produtores. Isso é consequência principalmente da alta infestação de plantas daninhas que acabam fazendo com que o produtor deixe boa parte das suas áreas em pousio (PINTO et al., 2004).

No entanto, nota-se que no ano agrícola de 2018/2019, a área de cultivo chegou aos 965 mil ha de arroz irrigado e 312 mil ha de soja, atingindo 32% da área de arroz irrigado (IRGA 2019). Já na safra (2019/2020) a área semeada chegou aos 936.316 ha de arroz irrigado e 341.188 ha de soja, um equivalente a 36,4% da área de arroz em solos de terras baixas (IRGA,

2020), mostrando assim um aumento do cultivo de soja em áreas arroteiras e até mesmo um progressivo processo de substituição entre o uso dessas culturas.

As áreas de terras baixas no Estado são consideradas uma fronteira agrícola de aumento de produção de cereais, leguminosas e carne. Esses ambientes, com predominância do cultivo do arroz irrigado por inundação acabam possibilitando uma grande infestação de arroz daninho (arroz vermelho), desta forma a rotação de cultura é uma opção vantajosa e viável quando bem manejada para o sistema (GOULART, 2016).

## **2.2 Características dos solos de terras baixas**

Os solos popularmente conhecidos como solos arroteiros, são solos basicamente que se originaram de sedimentos, sendo solos com vários tipos de materiais de origem em sua composição, devido sua localização ser predominantemente em beiras de rios ou lagoas, onde acaba se depositando sedimentos derivados de erosão pluvial, fluvial ou eólica. Esses solos possuem uma grande variabilidade em sua composição granulométrica e mineralógica e necessitam de um manejo adequado para que a implantação de uma cultura de sequeiro se torne viável (VEDELAGO et al., 2012).

Os solos desses ambientes são extremamente heterogêneos, tanto para a sua categoria de classificação, quanto as características e propriedades que se pode apresentar em uma mesma classificação. Mesmo tendo uma grande variabilidade desses solos, suas características físicas não variam muito sendo eles constituídos de: estruturas soltas, elevada densidade, baixa porosidade total, baixa relação macro/microporos, baixa permeabilidade das camadas mais superficiais, e uma drenagem deficiente (DENARDIN, 2014).

De acordo com Pinto et al. (2004), os solos desses ambientes são classificados na sua grande maioria como: Planossolos, Chernossolos, Neossolos, Vertissolos, Plintossolos e Gleissolos que apresentam 56, 16, 12, 9, 8 e 7% das áreas, respectivamente. Esses solos possuem uma camada mais compactada próxima a superfície (DOS SANTOS et al., 2018).

Portanto, essa camada compactada pode ser uma limitação para a cultura de sequeiro na rotação, pois ela irá influenciar diretamente no crescimento das raízes das plantas, assim como na conservação de água do solo e em consequência disso, haverá um decréscimo da produtividade final da cultura (SICZEK & LIPIEC, 2011).

A característica do relevo predominantemente plano dessas áreas é uma realidade, bem como a ascensão do lençol freático em períodos chuvosos, a alta relação água/ar e principalmente a condutividade hidráulica praticamente nula no horizonte B. Tudo isso, propicia um ambiente mal drenado dificultando o cultivo de culturas de sequeiro (SOSBAI,

2014; EMBRAPA, 2017). Esses ambientes mal drenados ocorrem principalmente devido à baixa condutividade hidráulica do solo e a reduzida velocidade de infiltração de água em conjunto com a topografia do terreno que em sua grande maioria tem baixa declividade (GOMES et al., 2006). No entanto, durante períodos de estiagem, esses solos apresentam reduzida capacidade de armazenamento de água, assim diminuindo a quantidade de água para culturas não irrigadas, deixando assim um reduzido intervalo de umidade ideal para o desenvolvimento de culturas de sequeiro (GUBIANI et al., 2018).

Os solos de terras baixas, devido as características de seu relevo, quando está saturado, a água ocupa todos os poros tirando o lugar do oxigênio, praticamente inibindo a respiração de forma aeróbica, fator este que dificulta o estabelecimento de culturas que necessitam de condições aeróbicas para o seu desenvolvimento (GAZOLLA-NETO et al., 2012).

O solo desses ambientes de modo geral, são solos que apresentam uma alta densidade, baixa infiltração de água, relação de macro e microporosidade reduzida e uma topografia basicamente plana, que faz com que a drenagem seja limitada, fazendo com que o solo permaneça alagado por mais tempo, assim, reduzindo o oxigênio para as raízes (SOSBAI, 2014; RODRIGUES, 2015).

A drenagem dessas áreas antes da implantação de uma cultura de sequeiro é fator primordial, pois o excesso hídrico é o principal problema encontrado nesse tipo de ambiente de solos normalmente arrozeiros para o cultivo da soja. Devido a esse panorama, a drenagem deve ser realizada de tal forma, a possibilitar uma eficiente retirada do excesso de água em elevadas precipitações, para que a cultura de sequeiro não seja influenciada negativamente e assim, acarretar prejuízo para o produtor (IRGA, 2019).

### **2.3 Rotação de culturas em terras baixas**

Os sucessivos anos de monocultivo do arroz irrigado nesses ambientes acabam ocasionando um aumento no custo de produção, pois a cada ano o produtor tem maior dificuldade em manejar doenças e plantas daninhas que estão mais resistentes. Esse manejo acarreta principalmente no desenvolvimento do arroz vermelho, que é a principal planta daninha, sendo que suas sementes são capazes de permanecerem viáveis no solo por grandes períodos, assim, dificultando seu controle o que acarreta em uma redução na produtividade do arroz (SILVA et al., 2017).

A rotação de cultura de modo geral é uma importante ferramenta para o sucesso dos sistemas produtivos, pois auxilia no controle de doenças com a quebra dos ciclos, possibilita a

ciclagem de nutrientes através dos diferentes enraizamentos e reduz a infestação de plantas daninhas (GOULART, 2016).

Segundo Andres et al. (2001) em ambientes com uma grande infestação de plantas daninhas de difícil controle, a rotação de cultura é a principal alternativa para o produtor, pois ela irá possibilitar a diminuição do banco de sementes presente no solo.

Nas áreas de terras baixas, a rotação é o método mais eficiente para o controle do arroz vermelho, que é a principal planta daninha do arroz irrigado, visto que é um dos principais problemas que o produtor vem enfrentando (SHOENFELD, 2010). O uso de cultivares de milho ou soja resistentes ao herbicida glifosato (RR) é um facilitador no controle das plantas daninhas, devido ao seu uso não afetar o desenvolvimento da cultura e, ao mesmo tempo, é eficiente no combate as invasoras (CHAIBEN NETO, 2019; DA SILVA & SCHOENFELD, 2013).

Normalmente, as culturas mais indicadas para a rotação nesses ambientes são a soja e o milho no período estival e algumas forrageiras hibernais como o azevém que é a cultura mais utilizada e que irá auxiliar o sistema, já que a pecuária de corte está presente nesses ambientes (SILVA et al., 2017).

A implantação da cultura da soja em solos hidromórficos necessita de cuidados especiais, pois as condições físicas desse ambiente são naturalmente desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura. Faz-se necessário o conhecimento da cultura e suas demandas como época de plantio adequada, eficiência dos drenos, sejam eles superficiais ou subsuperficiais, uso de cultivar mais adaptada, escolha da área, época de colheita (VERNETTI JUNIOR et al., 2009). Nos estágios iniciais do estabelecimento da cultura, a soja é muito sensível ao encharcamento e apenas alguns dias com o solo saturado já podem ser suficientes para o abortamento das plantas (EMBRAPA, 2013). Com isso, o sistema de drenagem das áreas cultivadas deve ser muito eficiente, para minimizar esse dano. Assim, em condições de alagamento, estudos prévios devem ser feitos, que vão desde espécies alternativas até a avaliação de cultivares mais tolerantes ao alagamento, buscando produtividades satisfatórias para o produtor (GOULART, 2016).

Há projetos em andamento que visam boas produtividades nesses ambientes, como em ambientes de terras altas (coxilha), assim estimulando os produtores a tratar desse cultivo de soja em terras baixas como uma atividade rentável. Outro estímulo é a disponibilidade de água e as características de infraestrutura organizacional que os manejos da cultura do arroz irrigado possibilitam, assim, facilitando a irrigação da soja nesses ambientes se necessário (MARCHESAN, 2016).

## 2.4 Cultivo de soja em terras baixas

A soja, atualmente é a principal opção de cultura de grão para estar presente no sistema arrozeiro no estado, isso é decorrente de seu valor econômico e os benefícios que ela traz para o arroz (IRGA, 2020). Embora o arroz seja a cultura principal nas áreas, o cultivo da soja vem crescendo expressivamente nos últimos anos, e alcançando produtividades satisfatórias para o produtor, assim seu cultivo nesses ambientes não é apenas vantajoso para a cultivo do arroz irrigado e sim para o aumento da produtividade global das propriedades agrícolas (GIACOMELI, 2019).

O cultivo de soja em terras baixas tem vários propósitos, dentre eles o principal é o controle de plantas daninhas, no entanto ele também viabiliza outro cultivo de grãos, podendo ser mais uma renda para o produtor, e diminui a incidência de micro-organismos causadores de doenças que prejudicam a cultura do arroz (SOUZA, 2017).

De acordo com Goulart (2016), a soja atualmente é considerada entre os técnicos e os produtores como a melhor escolha para potencializar a produção dessas áreas de terras baixas. No entanto, o mesmo autor cita que há grandes limitações para a implantação da soja nesses ambientes, devido a deficiência de drenagem encontrada nessas áreas, bem como não haver ainda uma cultivar que seja realmente tolerante a excesso hídrico. Ainda, Bandinelli et al. (2015) afirma que existe um grande desafio para os programas de melhoramento genético da cultura da soja que é o de produzir cultivares que tenham uma maior tolerância ao excesso hídrico associado a um alto potencial produtivo.

Em conjunto com a soja, está a cultura do milho que também tem um grande potencial para ser utilizada na rotação com o arroz irrigado. Assim como a soja, o milho tem uma fácil comercialização e um bom valor agregado e se adapta muito bem ao sistema, assim possibilitando ao produtor agregar valor à sua propriedade, pois esse produto tem a possibilidade de ser utilizado na alimentação animal, para a produção de leite e carne (CHAIBEN NETO, 2019; GASTAL et al., 2004). Goulart (2016), cita que a Embrapa, desde 1986, faz monitoramentos de safras que indicam que a produtividade do arroz é aumentada em torno de 25% quando em rotação com o milho.

As principais vantagens na utilização da soja e milho em rotação com arroz está a diminuição da infestação de arroz-vermelho e preto, facilidade na semeadura pois pode ser realizada em plantio direto e diminuição dos custos com o preparo do solo (CHAIBEN NETO, 2019).

O cultivo de soja em terras baixas no Rio Grande do Sul, teve um aumento apenas na safra 2009/10, ocupando cerca de 25% dessas áreas destinadas para o arroz irrigado, isso foi

devido a necessidade do produtor de controlar o arroz vermelho, que é a principal planta daninha dessas áreas, devido as cultivares de soja terem tecnologia *Ronundup Read*, assim facilitando o controle dessas plantas daninhas (MARCHESAN, 2016).

O arroz vermelho é a principal planta daninha encontrada na cultura do arroz irrigado e os principais fatores para o aumento da presença de arroz vermelho nessas áreas são: uso intensivo, poucos herbicidas seletivos, alto degrane das panículas, dormência no solo, rusticidade da planta, manejo inadequado da resteva do arroz (PINTO et al., 2004). Além disso, suas sementes são capazes de durar longos períodos sem germinar, até que haja alguma operação no solo ou que se apresente uma condição ideal para romper a dormência e então a semente germinar (ANDRES, 2001). As áreas do RS estão sob uma alta pressão de infestação por arroz vermelho e por isso, a dificuldade em combatê-lo é maior (THEISEN, 2013).

O cultivo de soja nesses ambientes de produção de arroz irrigado, está cada vez mais em alta, pois está se tornando uma alternativa de sustentabilidade do agroecossistema presente nestas áreas (MARCHESAN et al., 2013).

#### **2.4 Alternativa para o sucesso da rotação**

O sucesso para uma rotação entre culturas de sequeiro e arroz irrigado, está interligado com estudos preliminares que devem ser realizados nessas áreas. Estudo esses que vão da escolha de uma cultivar mais tolerante ao alagamento, a um adequado manejo de solo que vise melhorar as estruturas físicas do solo e a drenagem da área (GOULART, 2016).

As áreas arroteiras, muitas vezes são sistematizadas reduzindo a declividade da área a uma cota zero. Assim, um sistema de drenos superficiais com baixa profundidade em elevadas precipitações não são capazes de retirar todo o excesso de água da superfície ou da camada superficial do solo (DA SILVA et al., 2007). Baseado nesse panorama, a semeadura sobre camalhão é uma opção para auxiliar a drenagem superficial da água, assim tornando viável o cultivo e o desenvolvimento de uma cultura de sequeiro em áreas de terras baixas (FIORIN et al., 2009).

A escolha da semeadura em camalhões é uma forma de melhorar o ambiente radicular para o desenvolvimento da soja em terras baixas, é um método simples e fácil de impedir o excesso de umidade presente nesses ambientes, sendo muito eficiente para evitar o alagamento na superfície do solo, pois os sulcos que são formados nesse sistema irão fazer com que a água de precipitações elevadas tenha esse caminho preferencial. Esse método tem sido de grande valia, pois aumenta o crescimento das raízes e a nodulação, assim, a capacidade de absorção de nitrogênio é aumentada devido o aumento da fixação biológica. (TAKAHASHI et al., 2006).

O sistema de cultivo em sulco/camalhão é uma boa técnica para o uso de culturas de sequeiro como, soja e milho em áreas de arroz irrigado. O sistema é indicado tanto pra solos planos quanto para solos com alguma declividade, sendo recomendado desníveis não superiores a 0,5% para evitar erosão do solo, sendo a declividade ideal para a irrigação entre 0,1% e 0,4%, valores intermediários a esses são os que proporcionam uma irrigação mais uniforme, o que acaba limitando o seu comprimento. É indicado que em solos arenosos em que a água infiltra mais rapidamente, os sulcos devem ser mais curtos para evitar perdas excessivas por percolação para que a água atinja as extremidades. Já, em solos argilosos, devido a infiltração ser mais lenta, os sulcos podem ser mais longos (EMYGDIO et al., 2017). No entanto, quanto maior for essa declividade mais eficiente será a drenagem durante períodos com elevadas precipitações (DA SILVA et al., 2007).

Cabe ressaltar que ainda há pouca informação sobre a comparação de declividades, apenas dizendo o que é indicado, mas sem um comparativo pratico, pois em algumas áreas a declividade de 0,5% pode não ser o suficiente para que haja uma drenagem eficaz para tornar o cultivo de uma cultura de sequeiro eficiente atingindo rendimentos satisfatórios.

A construção do sistema sulco-camalhão deve estar ligada a possibilidade de maior drenagem superficial em elevadas precipitações, com isso, necessitam-se de mais estudos referentes à declividade do sistema nesses ambientes, para que o potencial produtivo das culturas de sequeiro nessas áreas seja alcançado (GOULART, 2016).

O sistema de cultivo em sulco/camalhão em áreas de várzea é favorecido devido a aptidão das áreas para serem irrigadas, reduzindo os riscos da rotação de culturas de sequeiro com arroz irrigado (DA SILVA et al., 2007).

Uma operação que pode ser realizada é a semeadura em camalhões, na qual o sistema radicular da cultura é elevado fazendo com que o mesmo saia daquela zona inicial de compactação, proporcionando também uma melhor aeração do solo, além da criação de um sulco que contribui com a drenagem do solo, formando um caminho preferencial para o escoamento da água em precipitações elevadas, assim, diminuindo o tempo de alagamento das áreas (GOULART, 2016; EMBRAPA, 2017).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi executado no município de Alegrete, região fisiográfica da Fronteira Oeste do Estado do (RS) (Figura 1). Na área experimental de terras baixas do Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete, a uma altitude de 90 metros, latitude  $29^{\circ}42'57,43''$  S e longitude  $55^{\circ}31'54,10''$ O.



**Figura 1:** Município de Alegrete – RS (Fonte: Raphael Lorenzeto de Abreu).

O clima da região, segundo a classificação de KÖEPPEN (MORENO, 1961) é do tipo cfa-subtropical úmido, sem estação seca e com temperaturas médias em  $14,3^{\circ}\text{C}$  no período do inverno e  $26,3^{\circ}\text{C}$  no período do verão, a precipitação anual média é de 1700 mm KÖEPPEN (SEMEC, 2019). O solo da área experimental é classificado como Gleissolo Háptico (EMBRAPA, 2006).

No dia 7 de dezembro de 2018 realizou-se a confecção do sistema sulco-camalhão, para essa operação utilizando-se um trator Massey Ferguson modelo MF 7150, acoplado a ele um implemento sulcador, o qual confecciona o sistema sulco/camalhão (Figura 2).



**Figura 2:** Confeção do sistema sulco-camalhão com implemento sulcador.

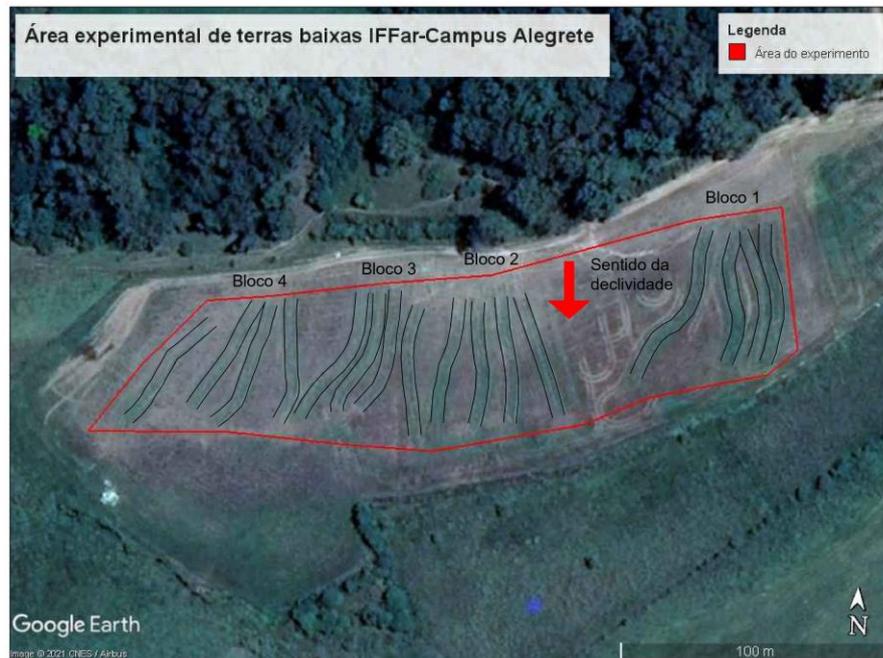
Devido aos altos índices pluviométricos não foi possível realizar a semeadura da cultura da soja na safra 2018/2019. Com isso, para manter o sistema sulco-camalhão para o próximo ano de cultivo foi semeado na área no período hibernal a cultura de azevém como planta de cobertura, para posteriormente o cultivo de soja (Figura 3).



**Figura 3:** Cultivo de azevém no período hibernal como planta de cobertura

Após isso, o experimento foi disposto em delineamento com blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições (Figura 4). Os tratamentos foram divididos em 2 fatores sendo o primeiro as diferentes declividades, sendo elas: 0,0%; 0,25%; 0,5%; 1,0% de declividade do sistema sulco-camalhão. O segundo fator que foi analisado é a localização nas parcelas que eram divididas em 3 pontos: início, meio e fim. Essa divisão foi realizada devido

o tempo de escoamento da água do início da parcela ser menor que do final, assim podendo interferir na produção final da cultura.



**Figura 4:** Área experimental de terras baixas com o cultivo de soja do estudo, no Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete RS.

Cada parcela tinha uma área de 100m<sup>2</sup> (2mx50m) na qual no dia 20 de novembro de 2019 foi semeada a cultivar NA 5909 RR com uma população de 16 plantas/metro linear com espaçamento de 0,45m entre fileiras, com uma semeadora de parcelas com 4 linhas (Figura 5).



**Figura 5:** Semeadora de parcelas com 4 linhas.

As análises que foram realizadas podem ser divididas em:

- Análises de solo
- Análise de planta.

### 3.1 Análises de solo

As análises de solo foram realizadas antes da semeadura da cultura. Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas nas camadas de 0-5; 5-10; 10-15; 15-20 e 20-30 cm. No centro de cada camada, as amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas em cilindros metálicos com 5,7 cm de diâmetro e 4 cm de altura (Figura 6), retirando-se cuidadosamente o excesso de solo das faces superior e inferior dos cilindros metálicos. Posteriormente foi realizado as seguintes determinações: Densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e a condutividade hidráulica do solo saturado ( $k_{sat}$ ).

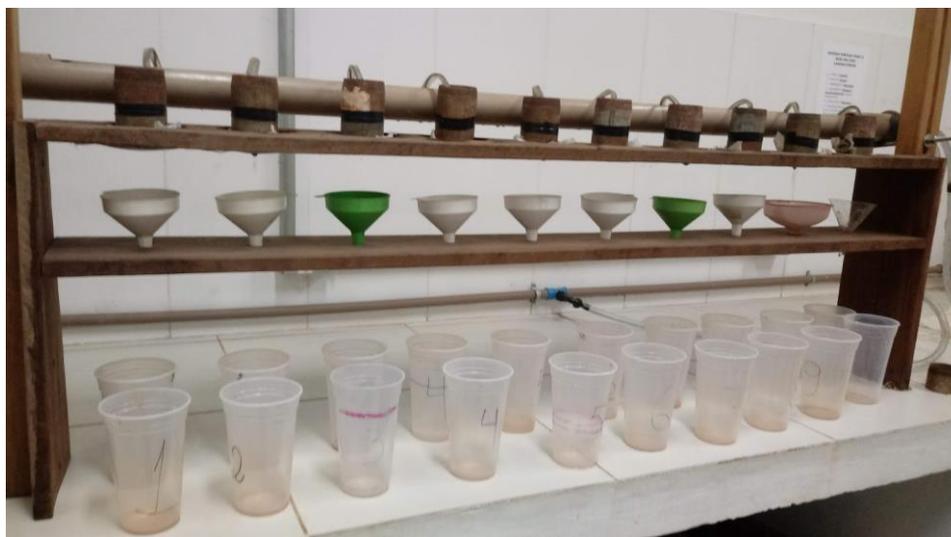


**Figura 6:** Coleta de amostra indeformadas em cilindro metálico.

A macroporosidade (Ma) ou porosidade de aeração, foi calculada pelo volume de água retirado da amostra em coluna de areia desde a saturação até a tensão a 6 kPa (REINERT & REICHERT, 2006), a microporosidade (Mi), foi calculada pelo restante de água que ficou retida na amostra, e posteriormente extraída em estufa a 105 C°, por 24 horas; já a Densidade do solo (Ds) foi determinada pela relação entre a massa de solo seco e o volume do anel.

Para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_{sat}$ ), as amostras de solo com estrutura preservada foram preparadas e saturadas por capilaridade durante 24 h. Posterior a análise foi realizada de acordo com o método descrito em Embrapa (1997) e

modificado. Foi utilizado um permeâmetro de carga constante, onde o volume de água percolado das amostras foi medido em três momentos com intervalos de cinco minutos após o início da percolação (Figura 7).



**Figura 7:** Permeâmetro de carga constante.

Foi realizada uma medição de umidade 4 e 7 dias após a precipitação para averiguar se iria haver alguma influência dos tratamentos na mesma e para uma possível influência no rendimento de grãos da cultura. Foi utilizado o método da estufa para essa determinação, esse método consiste em determinar a massa da amostra no seu estado natural e a massa após completa secagem em estufa a 105°C até 110°C, no Brasil esse método é padronizado pela norma NBR 6457/2016 - Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

### 3.2 Análises de planta

Para quantificar o desenvolvimento da cultura nos diferentes sistemas apresentados foram realizadas as seguintes análises:

População de plantas estabelecidas: Com o intuito de avaliar a influência dos tratamentos na população de plantas da cultura da soja, foi quantificado em 3 pontos de cada parcela, levando em consideração o número de plantas presentes em 2 metros lineares nos períodos de 30 dias após a semeadura (DAS), 60 DAS e na maturação fisiológica (MF).

Teor de clorofila na folha: A quantidade de clorofila presente na folha auxilia na análise do desenvolvimento da cultura. O índice de clorofila foi medido com auxílio de um medidor eletrônico do teor clorofila (**Fluorômetro de clorofila SPAD 502 Plus**) portátil (Figura 8). Para cada tratamento foram analisadas três folhas por planta e dez plantas por parcela.



**Figura 8:** Medidor eletrônico do teor clorofila. (Fonte: Virtualexpo Group).

Para determinar o rendimento de grãos foi feita a colheita de 2 linhas centrais com comprimento de 2 metros, após foi realizada a trilha (Figura 9), posteriormente a unidade dos grãos foi medida para descontar o peso da água na determinação da produtividade, na qual a umidade deve ser de 13 %.



**Figura 9:** Trilha das plantas para determinação do rendimento de grãos.

### **3.3 Análise estatística**

Os dados coletados foram analisados com método estatístico de delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Quando os efeitos dos tratamentos foram significativos a 5% de probabilidade de erro, suas diferenças entre as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando analisados os atributos físico-hídricos do solo do estudo, pode-se notar que não houve diferença significativa entre os tratamentos analisando-se as camadas separadamente para as propriedades Ds, PT, Ma e Mi, enquanto a Ksat diferiu estatisticamente nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-15 cm (Tabela 1).

**Tabela 1.** Atributos físicos-hídrico de um Gleissolo Háplico submetidos a diferentes declividades do sistema sulco-camalhão para drenagem, Alegrete RS, 2019.

Tratamento	Camada (cm)	Ds (g.cm <sup>-3</sup> )	PT (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	Ma (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	Mi (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	Ksat (mm.h <sup>-1</sup> )
T(0%)	0-5	1,37 ns	0,46 ns	0,19 ns	0,27 ns	21,26c
T(0,25%)		1,32	0,46	0,21	0,25	116,18a
T(0,50%)		1,43	0,45	0,18	0,27	83,21b
T(1%)		1,36	0,46	0,17	0,29	76,13b
CV(%)		4,49	4,90	15,34	9,16	19,01
T(0%)	5-10	1,50 ns	0,41 ns	0,14 ns	0,27 ns	28,35b
T(0,25%)		1,45	0,41	0,16	0,25	45,11a
T(0,50%)		1,57	0,39	0,13	0,26	16,42b
T(1%)		1,53	0,39	0,12	0,27	16,39b
CV(%)		5,75	9,05	26,99	10,29	38,53
T(0%)	10-15	1,70 ns	0,36 ns	0,07 ns	0,29 ns	6,5b
T(0,25%)		1,64	0,33	0,09	0,24	13,11a
T(0,50%)		1,75	0,32	0,06	0,26	6,49b
T(1%)		1,69	0,34	0,07	0,27	17,27a
CV(%)		4,72	8,68	30,42	9,84	44,99
T(0%)	15-20	1,75 ns	0,34 ns	0,09 ns	0,25 ns	5,28 ns
T(0,25%)		1,77	0,32	0,06	0,26	6,34
T(0,50%)		1,73	0,35	0,07	0,28	4,79
T(1%)		1,82	0,33	0,07	0,26	4,53
CV(%)		4,91	8,68	23,27	10,37	47,90
T(0%)	20-30	1,72 ns	0,34 ns	0,08 ns	0,26 ns	13,44 ns
T(0,25%)		1,77	0,33	0,05	0,28	10,94
T(0,50%)		1,71	0,35	0,08	0,27	5,88
T(1%)		1,70	0,36	0,07	0,29	18,24
CV(%)		2,85	9,19	30,15	11,18	41,11

Médias seguidas de diferentes letras na coluna diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ) quando comparadas dentro da mesma camada e em diferentes tratamentos; ns = não significativo para o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); CV(%)=Coeficiente de variação.

Apesar da ausência de diferença estatística nos valores de  $M_a$  dentro dos tratamentos, notou-se que, nas camadas mais profundas (10-15, 15-20 e 20-30), os valores encontrados são inferiores a  $0,10 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , o que pode ser prejudicial ao bom desenvolvimento das culturas de sequeiro, principalmente pelo fato da redução na disponibilidade de oxigênio para as raízes (FERREIRA, 2010). Uma alternativa para melhorar as condições da  $M_a$ , é a rotação de culturas com plantas de cobertura que possuem um sistema radicular agressivo que ajude a proporcionar um ambiente menos adensado, bem como técnicas de manejo mecânico como a escarificação ou a subsolagem para reduzir a compactação do solo e aumentar a  $M_a$ .

A  $D_s$  média foi de 1,37; 1,51; 1,69; 1,77 e 1,72  $\text{g}/\text{cm}^3$  para as camadas 0-5; 5-10; 10-15; 15-20 e 20-30 cm, respectivamente. A  $D_s$  é um fator que indica como está a conservação do solo, é muito utilizada para averiguar se o solo está compactado e é inversamente proporcional a porosidade do solo. O seu aumento pode acarretar em problemas como: resistência à penetração, baixa capacidade de infiltração de água, desenvolvimento radicular das culturas, aeração do solo, penetração das raízes e movimentação de água e nutrientes no solo (DRESCHER, 2011).

A  $K_{sat}$  foi coerente com a  $M_a$ , onde os maiores valores de  $K_{sat}$  foram observados nas mesmas camadas em que se percebeu os maiores valores de  $M_a$ , coerência que também foi averiguada por Goulart (2016). Na camada de 0-5 cm, apesar da  $M_a$  não diferir entre os tratamentos, a  $K_{sat}$  é 14 vezes superior quando comparada com a camada de 15-20 cm, mostrando assim o alto adensamento das camadas mais profundas. Isso é motivado principalmente pela presença de uma camada subsuperficial praticamente impermeável, que pode se agravar dependendo do preparo do solo realizado, sendo a possível motivação da diminuição da  $K_{sat}$  em maiores profundidades avaliadas no estudo, e agravada com os sucessivos preparos convencionais utilizados na área em anos anteriores, assim formando um “pé de grade” no solo, aumentando a densidade e diminuindo a  $M_a$  e a  $K_{sat}$  (GOMES et al., 2006).

Pode-se notar uma diferença significativa na  $D_s$ , que em todos os tratamentos nas camadas mais superficiais houve uma redução em comparação com as camadas mais profundas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Atributos físicos de um Gleissolo Háplico em diferentes camadas, diferindo locais em diferentes declividades do sistema sulcos-camalhão para drenagem, Alegrete RS, 2019.

Camadas (cm)	DS			PT			Ma			Mi		
	I	M	F	I	M	F	I	M	F	I	M	F
<b>T(0%)</b>												
<b>0-5</b>	1,35b	1,38c	1,39b	0,46a	0,46a	0,45a	0,21	0,21a	0,16a	0,25 ns	0,25 ns	0,29 ns
<b>5-10</b>	1,47b	1,52b	1,51b	0,43a	0,40a	0,39b	0,13	0,17a	0,12a	0,30	0,25	0,27
<b>10-15</b>	1,56b	1,80a	1,74a	0,42a	0,33b	0,33c	0,09	0,06b	0,06b	0,33	0,27	0,27
<b>15-20</b>	1,81a	1,74a	1,70a	0,34b	0,35b	0,34c	0,12	0,08b	0,06b	0,22	0,27	0,28
<b>20-30</b>	1,71a	1,73a	1,72a	0,35b	0,33b	0,35c	0,09	0,11b	0,06b	0,26	0,22	0,29
<b>CV(%)</b>	8,40	4,89	4,91	11,92	9,37	4,66	53,52	38,77	36,93	31,68	14,06	10,09
<b>T(0,25%)</b>												
<b>0-5</b>	1,39b	1,27c	1,29b	0,48a	0,44a	0,46a	0,21a	0,21a	0,21a	0,27 ns	0,23 ns	0,24 ns
<b>5-10</b>	1,53b	1,44b	1,37b	0,40b	0,41a	0,42a	0,16a	0,17b	0,16b	0,24	0,25	0,26
<b>10-15</b>	1,51b	1,69a	1,72a	0,33c	0,33b	0,32b	0,09b	0,08c	0,08c	0,24	0,25	0,24
<b>15-20</b>	1,71a	1,82a	1,79a	0,34c	0,31b	0,32b	0,09b	0,05c	0,06c	0,25	0,25	0,27
<b>20-30</b>	1,72a	1,77a	1,83a	0,33c	0,34b	0,32b	0,07b	0,06c	0,04c	0,26	0,27	0,28
<b>CV(%)</b>	6,29	5,33	4,95	12,43	9,34	8,60	25,65	22,51	22,39	13,99	7,45	11,68
<b>T(0,50%)</b>												
<b>0-5</b>	1,41b	1,35c	1,54	0,45a	0,45a	0,45	0,19a	0,18a	0,17a	0,26 ns	0,26 ns	0,28 ns
<b>5-10</b>	1,57a	1,51b	1,64	0,40b	0,40a	0,37	0,15b	0,15a	0,10b	0,26	0,26	0,27
<b>10-15</b>	1,75a	1,70a	1,80	0,32c	0,34b	0,30	0,07c	0,07b	0,06b	0,25	0,27	0,25
<b>15-20</b>	1,66a	1,79a	2,07	0,35c	0,33b	0,38	0,08c	0,06b	0,08b	0,27	0,27	0,30
<b>20-30</b>	1,64a	1,72a	1,76	0,35c	0,34b	0,34	0,10c	0,07b	0,06b	0,25	0,26	0,28
<b>CV(%)</b>	4,40	6,02	17,48	7,02	8,73	14,55	18,47	29,43	39,72	7,68	8,83	14,99
<b>T(1%)</b>												
<b>0-5</b>	1,28b	1,36c	1,44	0,47a	0,46a	0,40	0,21a	0,18a	0,08b	0,26 ns	0,28 ns	0,32 ns
<b>5-10</b>	1,53a	1,54b	1,54	0,43a	0,40a	0,39	0,16a	0,11b	0,11a	0,26	0,29	0,29
<b>10-15</b>	1,56a	1,72a	1,77	0,35b	0,35a	0,32	0,10b	0,07b	0,06b	0,25	0,28	0,26
<b>15-20</b>	1,65a	1,83a	1,99	0,35b	0,32b	0,33	0,09b	0,05b	0,05b	0,26	0,28	0,26
<b>20-30</b>	1,64a	1,73a	1,73	0,37b	0,35b	0,36	0,09b	0,06b	0,06b	0,28	0,29	0,30
<b>CV(%)</b>	6,64	6,72	14,70	8,13	11,51	11,62	24,22	38,52	31,64	10,61	10,70	13,20

Médias seguida de letras minúsculas comparam camadas dentro de cada tratamento e localidade nas parcelas pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ); ns= não significativo para o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); CV(%)=Coeficiente de variação.

Na camada de 0-5 comparada com a de 20-30 para Ds, obteve-se médias de 1,36 e 1,68, respectivamente. A redução da primeira camada pode ser fundamentada pelo fato de ter sido semeado azevém no período hibernar como planta de cobertura (Figura 10), onde as raízes em abundância criam um ambiente favorável a redução da Ds, e também pelo fato de haver um maior índice de matéria orgânica nessas camadas mais próximas da superfície o que também favorece essa redução. A redução da densidade está ligada ao acréscimo de massa de raízes nas camadas superficiais do solo (GENRO JUNIOR et al., 2004). Essa técnica de manejo com plantas hibernais como cobertura também auxilia na redução de perdas de solo por erosão (CAMARA & KLEIN, 2005).



**Figura 10:** Sistema sulco-camalhão com azevém como planta de cobertura.

Já, na camada de 20-30, o adensamento é comum nesse tipo de ambiente que antes foi cultivado com a cultura do arroz irrigado, devido ao seu sistema de preparo do solo sofrer uma alta concentração de gradagens pesadas, no qual acaba acarretando no chamado “pé de grade”, que nada mais é uma compactação por causa dessa operação mecânica.

Conforme os dados de PT apresentados, percebe-se uma diferença significativa entre as duas primeiras camadas em relação as duas últimas, onde nas camadas superficiais esse índice é maior que nas camadas de 15-30, isso é uma consequência da própria redução de Ds nessas

camadas próximas a superfície e também por apresentar um número maior de macroporos nessas camadas de 0-10 cm (Tabela 2).

A Ma da mesma forma que a PT tem um aumento nas camadas mais próximas da superfície e uma redução nas camadas mais profundas, essa redução se dá pela percolação de material do solo para as camadas mais profundas, formando arranjos prismáticos que se encaixam e tendem a diminuir a macroporosidade em subsuperfície. A relação da Ma com a Ds nos solos de terras baixas é bastante descrita pelos valores obtidos, sendo que, conforme a Ds se eleva, temos uma redução dos macroporos do solo. No entanto, esses Ma não se tornam Mi, eles acabam sofrendo uma brusca redução. Mesmo com ausência de diferença estatística na Mi, em diferentes tratamentos do solo, agregados maiores e bem estruturados permanecem, mesmo após o preparo do solo ocasionando diferenças mais marcantes na macroporosidade do solo do que na microporosidade (GOULART 2016 e DRESCHER et al. 2011)

Constatou-se também uma relação entre a Ma e a Ksat, que onde os valores de macroporosidade são maiores a condutividade hidráulica também é superior, sendo esses valores nas camadas perto da superfície. Isso ocorre devido a Ma não reter água como a Mi, assim mantendo a água em contínua movimentação no perfil.

No estabelecimento de plantas notou-se que a interação entres os fatores declividade e local não apresentaram influência sob o número de plantas estabelecidas ( $p>0,05$ ). Dentre os desdobramentos, o fator declividade afetou significativamente ( $p<0,05$ ) a contagem de plantas em todos os períodos avaliados (Tabela 3).

**Tabela 3.** Estabelecimento de plantas de soja por metro linear nos 30 DAS, 60 DAS e na MF sob sistema sulco-camalhão com diferentes declividades em terras baixas.

Tratamentos	Estabelecimento de Plantas/m		
	30 DAS	60 DAS	MF
T0%	11 b	9 b	9 b
T0,25%	12 ab	10 b	9 b
T0,5%	13 ab	12 ab	11 ab
T1%	14 a	13 a	12 a
Cv (%)	14,09	19,93	20,01

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, dentro de cada coluna. CV(%)=Coeficiente de variação. DAS= dias após a semeadura, MF= maturação fisiológica.

Conforme a declividade do sulco aumenta, cresce o número de plantas estabelecidas, tendo o tratamento 0% diferindo estatisticamente do 1%. No entanto, houve redução de 18% no estande de plantas entre 30 DAS e 60 DAS nos tratamentos 0% e 0,25%, já para os tratamentos com 0,5% e 1%, a mortalidade de plantas foi menor, mantendo-se em apenas 7%. Para a MF, os tratamentos 0%, 0,5% e 1% apresentam perda de 18% de plantas, enquanto no tratamento 0,25% foi observado um valor de 25% de mortalidade de plantas entre os 30 DAS e a MF.

Essa redução no estande de plantas pôde ser explicada pela ocorrência de podridão radicular de *Phytophthora* (*Phytophthora sojae*) (COSTAMILAN et al., 2007). Essa doença é favorecida por áreas com solo compactado e/ou com excesso de umidade, assim solos com deficiência na drenagem favorecem o seu desenvolvimento. As principais fontes do aparecimento dessa doença é o solo e restos culturais de soja contaminados. As condições climáticas ideais para o desenvolvimento são temperatura igual ou superior a 25°C e água livre no solo (SCHIMITTENER, 1999).

O principal método de controle dessa doença é através da resistência genética que pode atuar de forma completa na raça-específica ou parcial limitando o dano do tecido radicular.

No Brasil, essas perdas causadas pela podridão radicular (*Phytophthora sojae*) interferem diretamente no estande de plantas causando falhas até mesmo quando as plantas já são adultas, como constatado neste estudo, no entanto quando ocorrem no estande inicial é necessário a ressemeadura, podendo afetar extensas áreas (COSTAMILAN et., 2013).



**Figura 11:** Dano nas plantas causado pela Podridão radicular de *Phytophthora* em soja.

A saúde da planta pode ser observada pelo teor de clorofila presente nas folhas, seu estabelecimento se dá em função da proporção de nitrogênio que a planta tem capacidade de absorver. Na primeira análise de clorofila que foi realizada no período vegetativo das plantas

no dia 09 de janeiro de 2020 (Figura 12), notou-se que não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, a média ficou em 39,18, lembrando que esse é um valor adimensional obtido diretamente pelo equipamento (Tabela 4).

**Tabela 4.** Teor de clorofila na folha de soja cultivada em área de terras baixas sob sistema sulco-camalhão com diferentes declividades, Alegrete RS, 2020.

Tratamento	Local	Índice de clorofila	
		09/01/2020	03/02/2020
0%	Início	39,76 ns	40,43 A
	Meio	40,67	39,60
	Fim	37,57	39,51 AB
0,25%	Início	39,24 ns	38,94 AB
	Meio	39,16	39,15
	Fim	38,39	38,08 B
0,50%	Início	38,31 ns	37,46 bB
	Meio	38,20	38,57 b
	Fim	39,33	41,03 aA
1%	Início	39,90 ns	38,54 AB
	Meio	40,70	39,67
	Fim	38,98	37,27 B
CV (%)		15,92	14,40

Médias seguida de letras minúsculas comparam os locais dentro de cada tratamento e médias seguidas de letra maiúscula comparam os tratamentos em diferentes locais; ns= não significativo para o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); CV(%)=Coeficiente de variação.

A ausência dessa diferença pode ter ocorrido pelo fato de as plantas não terem sofrido estresse hídrico ou nutricional que acarretasse problemas no seu desenvolvimento. O alagamento reduz o índice do teor de clorofila, principalmente no período vegetativo (LUDWIG et al., 2016). A ausência de diferença estatística no teor de clorofila também foi observada por GOULART (2016), no mesmo sistema de cultivo.



**Figura 12:** Plantas no momento da primeira análise do teor de clorofila.

Na segunda avaliação do teor de clorofila nas folhas no dia 03 de fevereiro de 2020, onde a cultura se encontrava em pleno florescimento (Figura 13), avaliando dentro de cada tratamento, notou-se que nos tratamentos 0%, 0,25% e 1% não apresentaram diferenças. Entretanto houve diferença significativa no tratamento 0,50%, onde o fim da parcela obteve um valor superior ao do início e do meio (Tabela 4).

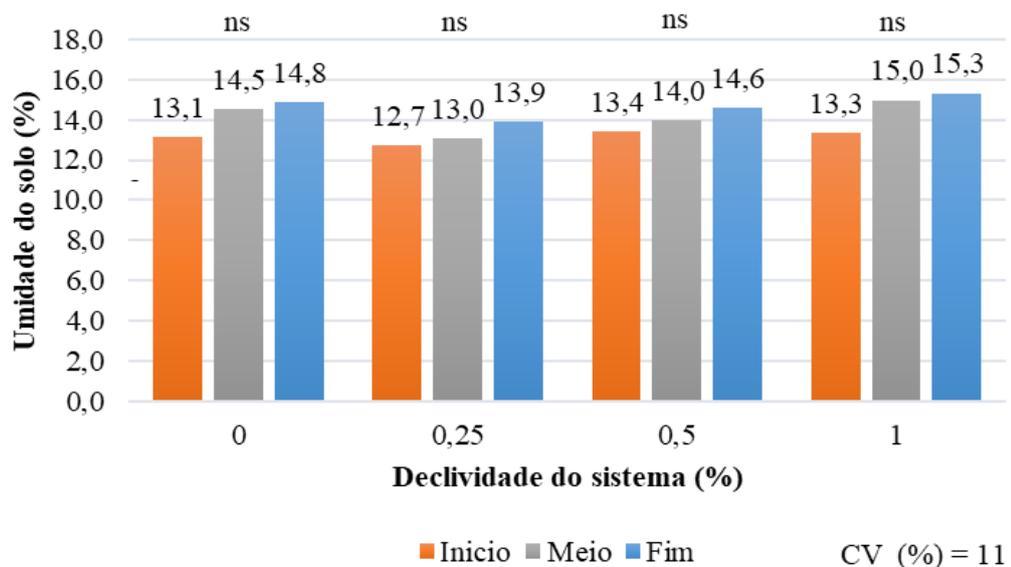
No entanto, quando se comparou os locais nos diferentes tratamentos, avaliou-se que houve diferença significativa em mais de um local, onde o tratamento 0% obteve um valor superior ao 0,50% no início da parcela. Já no meio das parcelas não houve diferença entre nem um dos tratamentos. No fim das parcelas ocorreu uma diferença significativa entre os tratamentos 0,25% e 0,50%, bem como o tratamento 0,50% se difere do 1% (Tabela 5).

Nota-se que mesmo havendo diferença significativa no segundo momento analisado em alguns tratamentos, os valores não se diferenciam de forma abrupta da primeira avaliação, com isso percebeu-se que não houve nem um estresse para as plantas durante o início do período reprodutivo. Caso ocorra um déficit hídrico no período reprodutivo, pode haver diminuição no teor de clorofila causando problemas no desenvolvimento das plantas (MACHADO JUNIOR et al., 2015). Já quando ocorre estresse por alagamento no subperíodo vegetativo, o crescimento das plantas é mais afetado, mas no reprodutivo esse estresse para a planta irá afetar o rendimento de grãos (SCOTT et al. 1989).



**Figura 13:** Plantas no momento da segunda análise do teor de clorofila.

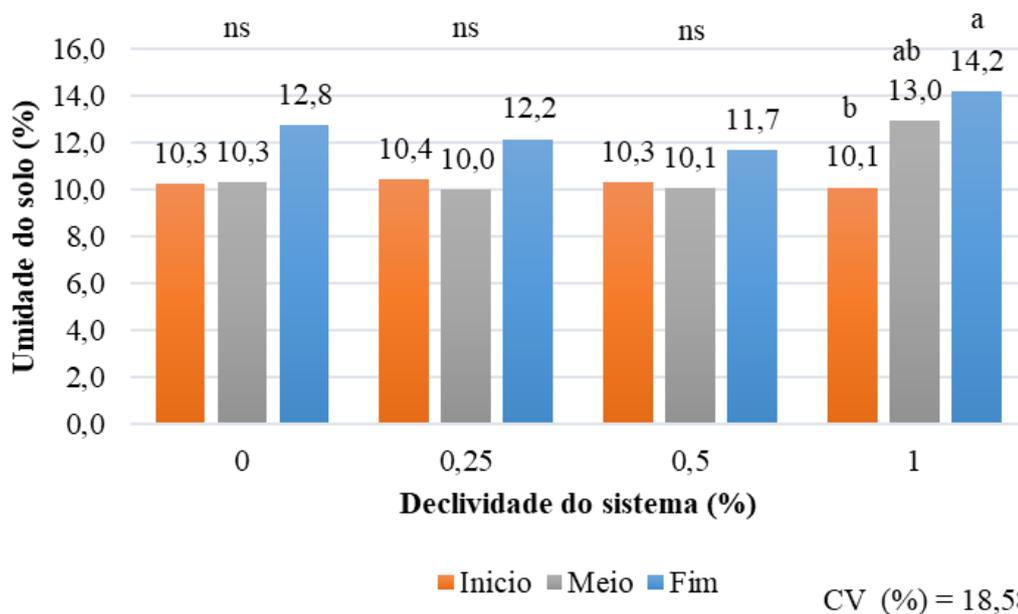
No dia 10 de janeiro de 2020 ocorreu uma precipitação de 30,8 mm (INMET), onde avaliou-se o percentual de umidade. Em um primeiro momento foi feita a avaliação da umidade após 4 dias da precipitação, notou-se que não houve diferença significativa dos valores de umidade independente do tratamento. No entanto, teve uma tendência de aumento de umidade no final das parcelas com um percentual de comparação entre início e fim de 13%, 9,4%, 8,9% e 1 % para os respectivos tratamentos, 0%, 0,25%, 0,50% e 1% de declividade (Figura 14).



ns= não significativo para o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); CV(%)=Coeficiente de variação.

**Figura 14:** Umidade do solo sob diferentes declividades do sistema sulco-camalhão em diferentes locais avaliada 4 dias após a ocorrência da precipitação.

Já em uma segunda análise, 7 dias após a ocorrência da chuva, percebeu-se que o comportamento da umidade no solo teve uma tendência de ser maior no fim do que no início das parcelas em todos os tratamentos com percentual de 24,3%, 17,3% e 13,6% de umidade, para os tratamentos 0%, 0,25%, 0,50% de declividade, respectivamente. Destacando o tratamento de 1% o qual apresentou diferença significativa com uma umidade de 40,6% maior que a do início (Figura 15). Isso pode ser explicado pelo fato do escoamento ser maior no início da parcela e este irá em direção à parte mais inferior do terreno, assim sendo coerente que a umidade do final seja mais elevada.



Médias seguidas de letras minúsculas comparam os locais dentro de cada tratamento; ns=não significativo para o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 15:** Umidade do solo sob diferentes declividades do sistema sulco-camalhão em diferentes locais avaliada 7 dias após a ocorrência da precipitação.

Na produtividade de grãos não houve interação entre os tratamentos e local na parcela. Bem como não houve diferença significativa entre os tratamentos. No tratamento 0,25% o fim da parcela produziu 63% e 56% a mais que o início e o meio, respectivamente (Tabela 5).

**Tabela 5.** Produtividade de soja cultivada sob sistema sulco-camalhão com diferentes declividades em terras baixas na safra 2019/2020.

Tratamentos	Produtividade (sacos/ha)		
	Início	Meio	Fim
0%	37,75 NSns	43,39 NS	52,60 NS
0,25%	35,36 a	36,98 a	57,76 b
0,5%	46,64ns	50,25	48,68
1%	37,41ns	40,84	48,69
CV (%)	29,93		

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si dentro de cada linha pelo teste de tukey  $p(<0,05)$ . NS= não significativo para o teste de Tukey ( $p<0,05$ ) entre as declividades; ns= não significativo para o teste de Tukey ( $p<0,05$ ) entre os locais de avaliação da parcela; CV(%)= Coeficiente de variação.

Esse incremento na produtividade pode ter ocorrido devido a tendência da água se concentrar no final da parcela, em um ano onde o índice pluviométrico durante o ciclo da cultura foi de 339,6mm (INMET), abaixo dos 830mm necessário para a cultura (EMBRAPA, 2017).

A redução de 60% nos índices pluviométricos necessários para a cultura também pode ter sido responsável pela ausência de diferença significativa nos resultados de rendimento de grãos das declividades de 0% 0,5% e 1%, uma vez que não houve excesso de precipitação em um curto período de tempo e assim não se fez necessária a drenagem da área. O valor médio produzido no estudo foi de 44 sc.ha<sup>-1</sup> valor esse superior à média estadual estimada pela EMATER-RS, que foi de 37 sc.ha<sup>-1</sup>.

## 5. CONCLUSÃO

Baseado no presente estudo, pode-se concluir que os tratamentos não influenciaram diretamente nos índices físicos-hídricos do solo. E o número de plantas estabelecidas, ao decorrer do ciclo da cultura da soja, diminui de maneira gradativa.

O índice de clorofila apresentou diferença significativa no segundo momento analisado em alguns tratamentos, mas tais valores não se diferenciam de forma abrupta da primeira avaliação. Com isso percebe-se que não houve estresse para as plantas durante o período vegetativo e início do período reprodutivo.

O comportamento da umidade no solo teve uma tendência mais expressiva de ser maior no fim do que no início das parcelas em todos os tratamentos. Também se nota que em anos com baixa incidência pluviométrica, um manejo de solo focado para a drenagem não interfere no rendimento da soja.

## 6. REFERÊNCIAS

ANDRES, André et al. Rotação de culturas e pousio do solo na redução do banco de sementes de arroz vermelho em solo de várzea. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 2, p. 85-88, 2001.

BANDINELLI, P. G. et al. Avaliação de genótipos de soja em áreas orizícolas do estado do Rio Grande do Sul (RS) – safra 2014/2015, 5p. 2015

BEUTLER, Amauri Nelson et al. Propriedades físicas do solo e produtividade de arroz irrigado em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1601-1607, 2012.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p.789-796, set./out., 2005.

CHAIBEN NETO, Miguel, et al. Irrigação por sulcos para o cultivo de milho em áreas de arroz irrigado. 2019.

COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; MORAES, R. M. A. de. Podridão radicular de fitóftora em soja. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 23 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 79). Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do79.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do79.htm)

COSTAMILAN, L. M.; CLEBSCH, C. C.; SOARES, R. M.; SEIXAS, C. D. S.; GODOY, C. V.; DORRANCE. A. E. Pathogenic diversity of *Phytophthora sojae* pathotypes from Brasil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 135, p. 845-853, 2013. <http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.1007/s10658-012-0128-9>. Acesso em: 10 de junho de 2021.

DA SILVA, C. A. S. et al. Sistema sulco/camalhão para irrigação e drenagem em áreas de várzea. **Embrapa Clima Temperado-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

DA SILVA, Paulo Regis Ferreira; SCHOENFELD, Rodrigo. Desafios e perspectivas da rotação com milho. 2013.

DALLA NORA, Douglas et al. **Melhoria dos atributos químicos da camada de enraizamento e seu efeito sobre a produtividade das culturas em sistema plantio direto**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

DENARDIN, José Eloir. Manejo da cultura de soja para terras baixas. In: **Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA

REGIÃO SUL, 40., 2014, Pelotas. Atas e resumos... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014., 2014.

DOS SANTOS, Humberto Gonçalves et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

DRESCHER, M. **Efeito residual de intervenções mecânicas para descompactação do solo manejado sob sistema plantio direto**. Santa Maria, RS. 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa Clima Temperado. **Cultivo de soja e milho em terras baixas**. 1.ed. Brasília, 2017. 336p

EMYGDIO, Beatriz Marti; DA ROSA, A. P. S. A.; DE OLIVEIRA, Ana Cláudia Barneche. Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul. **Embrapa Clima Temperado**, v. 3, p. 45-78, 2017.

FERREIRA, M. M. **Caracterização física do solo**. In: Lier, Q. J. van (ed.). Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

FIORIN, Tatiana Taschetto et al. Produção de silagem de milho sobre camalhões em solos de várzea. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, 2009.

GASTAL, MF da C. et al. Rotação e sucessão de culturas em áreas de várzea. **A. da. S. Gomes & AM de Magalhães Júnior (eds.), Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, **Embrapa Informação Tecnológica**, 899p, p. 799-829, 2004.

GAZOLLA-NETO, Alexandre et al. Níveis de umidade do solo de várzea e seus efeitos sobre a emergência e crescimento inicial de plântulas de soja. **Informativo Abrates**, v. 22, n. 2, p. 28-31, 2012.

GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:477-484, 2004.

GIACOMELLI, Robson et al. **Manejo de solo e água em soja e arroz em terras baixas**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

GOMES, A. da S. et al. Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul. **Embrapa Clima Temperado-Documents (INFOTECA-E)**, 2006.

GOULART, Rafael Ziani et al. **Manejo de solo de várzea para cultivo de soja, milho e forrageiras hibernais na fronteira oeste gaúcha**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

GUBIANI, Paulo Ivonir et al. Transpiration reduction factor and soybean yield in low land soil with ridge and chiseling. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, 2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 01 de julho de 2020.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DE ARROZ – IRGA. **Intenção de semeadura – arroz e soja em rotação – safra 19/20**. Porto Alegre - RS, 2020, 3 p.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz. Boletim de resultados da lavoura de arroz safra2018/2019. Disponível em: <https://irgaadmin.rs.gov.br/upload/arquivos/201909/05171808-relatorio-da-safra-2018-19-31-agosto-2019.pdf>> Acesso em: 16 de novembro de 2020.

LUDWIG, Marcos Paulo et al. Desempenho morfofisiológico de cultivares de soja de ciclo precoce sob alagamento do solo. *Revista Cultivando o Saber*, v. 9, n. 1, p. 30-45, 2016.

MACHADO JÚNIOR, Carlos Sebastião et al. Déficit hídrico em tipos de crescimento da soja. 2015.

MARCHESAN, E. Desenvolvimento de tecnologias para cultivo de soja em terras baixas. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 2, n. 1, p. 4-19, jan./jun. 2016. ISSN: 2448-0452

MARCHESAN, Enio et al. Sistemas de implantação e seus efeitos na resistência mecânica do solo à penetração de raízes e na produtividade de soja em área de várzea. In: **Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, VIII, Santa Maria, RS**. 2013.

MARCHESAN, Enio. **Desafios e perspectivas de rotação com soja em áreas de arroz**. 2015.

MARRENJO, Gonçalves Jotamo et al. Impactos do cultivo por longo tempo de arroz inundado em Gleissolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 8, 2016.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura. **Porto Alegre**, 1961.

PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J. A.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**, v. 21, p. 75-96, 2004.

PINTO, L. F. S.; MIGUEL, P.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea e terras baixas. **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul. Pelotas-RS, Brazil: Embrapa**, p. 23-43, 2017.

REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo: protótipos e teste. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1931-1935, 2006.

ROCHA, Jefferson Marçal da. As raízes do declínio econômico da “Metade Sul” do Rio Grande do Sul—uma análise da racionalidade econômica dos agentes produtivos da região. **Primeiras Jornadas de História Regional Comparada**, v. 1, 2000.

RODRIGUES, Fabrício Azevedo et al. Avaliação de sistemas de implantação de soja em áreas típicas de cultivo de arroz irrigado. 2015.

SCHMITTHENNER, A. F. Phytophthora rot. In: HARTMAN. G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. **Compendium of soybean diseases**. 4th ed. Saint Paul: APS, 1999.

SCHOENFELD, Rodrigo. **Sistemas de rotação arroz e soja em sucessão a plantas de cobertura em Planossolo Háplico. 2010. 69 f.** 2019. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Curso de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/30190/000780139.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 de outubro de 2020.

SCOTT, H.D.; DeANGULO, J.; DANIELS, M.B.; WOOD, L. S. Flood duration effects on soybean growth and yield. **Agronomy Journal**, v. 81, p. 631-636, 1989.

SEMEC – Atlas Eólico do Rio Grande do sul: Clima, temperatura e precipitação. URL. <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>, Acesso em: 18 outubro de 2020.

SICZEK, Anna; LIPIEC, Jerzy. Soybean nodulation and nitrogen fixation in response to soil compaction and surface straw mulching. **Soil and Tillage Research**, v. 114, n. 1, p. 50-56, 2011.

SILVA, P. R. F.; MARCHESAN E.; SCHOENFELD, R., Rotação e sucessão de culturas. In: EMYGDIO, B. M.; DA ROSA, A. P. S. A.; OLIVEIRA, A. A. B. (Editoras). **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande Sul**. 1. Ed. Embrapa. 2017 Cap. 12, p. 267-284.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa do Sul do Brasil **XXX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado**, 06 a 08 de agosto de 2014, Bento Gonçalves, RS, Brasil. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, Santa Maria, 2014. 192 p.

SOUZA, Roger de. Impacto agronômico do plantio de soja em terras baixas: o estudo de caso de uma propriedade rural no município de Capivari do Sul, RS. 2017.

TAKAHASHI, Tomoki; HOSOKAWA, Hisashi; MATSUZAKI, Morio. N<sub>2</sub> fixation of nodules and N absorption by soybean roots associated with ridge tillage on poorly drained upland fields converted from rice paddy fields. **Soil science and plant nutrition**, v. 52, n. 3, p. 291-299, 2006.

THEISEN, G. **Conjuntura e diagnóstico do problema do arroz vermelho nos principais países produtores de arroz do mundo**. Seminário Latino Americano sobre Arroz Vermelho (2. : 2013 : Porto Alegre, RS

VEDELAGO, A. et al. **FERTILIDADE E APTIDÃO DE USO DOS SOLOS PARA O CULTIVO DA SOJA NAS REGIÕES ARROZEIRAS DO RIO GRANDE DO SUL**: Boletim técnico nº 12. Cachoeirinha: Starprodutora, 2012, 48p

VERNETTI JUNIOR, Francisco de Jesus; GOMES, Algenor da Silva; SCHUCH, Luis Osmar Braga. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1708-1714, 2009.