

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS CERRO LARGO  
CURSO DE AGRONOMIA**

**HÉLLEN DE MORAIS DOS SANTOS**

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO NO PONTO DE MURCHA  
PERMANENTE PARA HORTALIÇAS EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS**

**CERRO LARGO**

**2023**

**HÉLLEN DE MORAIS DOS SANTOS**

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO NO PONTO DE MURCHA  
PERMANENTE EM HORTALIÇAS EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof.º Dr.º Douglas Rodrigo Kaiser

**CERRO LARGO**

**2023**

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

, Hellen de Moraes dos Santos  
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO NO PONTO DE MURCHA  
PERMANENTE PARA HORTALIÇAS EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS  
/ Hellen de Moraes dos Santos . -- 2023.  
46 f.:il.

Orientador: Doutor Douglas Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2023.

1. ÁGUA NO SOLO. 2. ÁGUA NA PLANTA. 3. CURVA DE  
RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E SEUS LIMITES. 4. DETERMINAÇÃO  
DO PONTO DE MURCHA PERMANENTE. 5. DISPONIBILIDADE DE  
ÁGUA PARA HORTALIÇAS. I. Kaiser, Douglas Rodrigo,  
orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III.  
Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

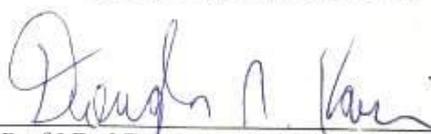
**HÉLLEN DE MORAIS DOS SANTOS**

**DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO NO PONTO DE MURCHA  
PERMANENTE EM HORTALIÇAS, EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 24 / 02 / 2023.

**BANCA EXAMINADORA**



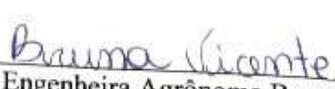
---

Prof.º Dr.º Douglas Rodrigo Kriser – UFFS  
Orientador



---

Prof.º Dr.º Renan Costa Beber Vieira – UFFS  
Avaliador



---

Engenheira Agrônoma Bruna Vicente  
Avaliador

Dedico este trabalho a minha família, em especial a minha mãe Lucélia Terezinha de Moraes, que não poupou esforços para que eu pudesse concluir essa etapa da minha vida, que nunca me deixou sem amparo, amor e carinho.

## AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo a Deus pelo dom da vida, pelas oportunidades que me foram concedidas, por poder estar realizando e concluindo este sonho que não é apenas meu, mas sim de toda a minha família.

Agradeço a minha família por todo apoio, amor e cuidado que me concederam nesses anos, estar longe de casa não é fácil, não foram poucas as vezes que desistir estive em cogitação, mas graças a eles e por eles continuei firme e estou aqui, sendo assim queria agradecer em especial a minha mãe Lucélia Terezinha de Moraes e ao meu padrasto Rogério de Matos Pires que não mediram esforços para me manter financeiramente e também psicologicamente me dando todo o apoio e força necessários para concluir essa jornada.

Agradeço às minhas amigas e aos meus amigos por todo apoio, parceria, pelas noites de “estudos”, pelos momentos de descontração, pelas risadas de fazer a barriga doer, pelos momentos vividos, em especial as minhas meninas Aline Moreira, Caroline Scher Vogel, Letícia Antes e Milena Campiol Girelli que estiveram ao meu lado nesses últimos anos. Além disso agradeço a todas as pessoas que passaram pela minha vida e me fizeram ser o que sou hoje, afinal somos feitos de fragmentos de cada pessoa que cruza nosso caminho, cada pessoa nos ensina algo, enfim, meu muito obrigada.

Por último, mas não menos importante, agradeço ao meu orientador Prof.º Dr.º Douglas Rodrigo Kaiser por compartilhar esse tema comigo, pelo apoio e principalmente pela paciência, desde o início do experimento para que o mesmo ocorresse da melhor forma possível e para que assim pudéssemos concluir essa nova pesquisa. Assim como agradeço a banca examinadora composta pelo Prof.º Dr.º Renan Costa Beber Vieira e pela Engenheira Agrônoma Bruna Vicente pelas correções e considerações valiosas que vieram somar ao trabalho.

“Queremos ter certezas e não dúvidas, resultados e não experiências, mas nem mesmo percebemos que as certezas só podem surgir através das dúvidas e os resultados somente através das experiências.”  
(Carl Jung).

## RESUMO

O ponto de murcha permanente (PMP) é definido como uma porcentagem mínima da umidade do solo em que as plantas são reduzidas a uma condição de murcha, a uma tensão no solo de - 1.500 kPa, abaixo disso tendem a murchar e não conseguem mais se recuperar, mesmo em condições favoráveis. Os autores Briggs & Shantz (1912) e Richards (1943) desenvolveram métodos que determinam a umidade do solo no PMP sendo o método direto ou fisiológico onde utiliza-se plantas indicadoras e o método indireto ou laboratório, neste trabalho utilizando a câmara de Richards. Alguns fatores como tipos de solos (a textura, estrutura, quantidade de poros), densidade e profundidade das raízes podem influenciar no PMP. Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho foi determinar a umidade no ponto de murcha permanente (PMP) dos quatro diferentes tipos de solos utilizados, comparando os resultados obtidos pelo método fisiológico e pela câmara de Richards, além de uma correlação da umidade com a textura dos solos. O delineamento escolhido foi o inteiramente casualizado (DIC), com esquema bifatorial 4×2 com cinco repetições. Os tratamentos compreendem os quatro tipos de solos utilizados, tendo como classificação Argissolo Bruno-Acinzentado unidade de mapeamento Santa Maria, dois Latossolos Vermelhos unidades de mapeamento compreendendo a Cruz Alta e Santo Ângelo e Neossolo Quartzarênico com unidade de mapeamento Areais. As culturas escolhidas para servirem de indicadoras do PMP fisiológico foram Alface (*Lactuca sativa L.*) no estágio fenológico de pré fechamento da cabeça (12 folhas) e o Repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*) com estágio fenológico IV (9-10 folhas). Com o PMP detectado foi realizada a coleta de amostras dos solos e determinada a umidade gravimétrica e volumétrica dos solos pelo método fisiológico e pela câmara de Richards. Os resultados foram submetidos ao *software* SAS, onde foi possível a observação que se comparado as duas culturas o repolho apresentou maior umidade em todos os tratamentos se comparado a cultura da alface. Por outro lado, na comparação dos métodos, a câmara de Richards - 1500 kPa onde obteve resultados menores se comparado ao método fisiológico em ambas as umidades estudadas. Além da comparação dos métodos, foi realizada uma correlação da umidade retida nos solos com a textura dos mesmos, sendo assim comprovando que solos argilosos possuem maior retenção de água do que solos arenosos.

**Palavras-chave:** Ponto de Murcha Permanente. Hortaliças.

## ABSTRACT

The permanent wilting point (PWP) is defined as a minimum percentage of soil moisture at which plants are reduced to a wilted condition, at a soil tension of -1,500 kPa, below which they tend to wilt and are no longer able to grow. recover, even under accepted conditions. The authors Briggs & Shantz (1912) and Richards (1943) developed methods that determine the soil moisture in the PMP being the direct or physiological method where indicator plants are used and the indirect or laboratory method, in this work using the Richards chamber. Some factors such as soil types (texture, structure, number of pores), root density and depth can influence the PMP. Thus, the general objective of this work was to determine the moisture at the permanent wilting point (PWP) of the four different types of soils used, comparing the results obtained by the physiological method and by the Richards chamber, in addition to a modification of the moisture with the texture of soils. The chosen design was completely randomized (DIC), with a 4×2 bifactorial scheme with five replications. The treaties comprise the four types of soils used, with the classification Hapludalf mapping unit Santa Maria, two Hapludox mapping units comprising Cruz Alta and Santo Ângelo and Quartzipsamment with mapping unit Areais. The crops chosen to serve as physiological PMP indicators were Lettuce (*Lactuca sativa* L.) at the phenological stage of pre-head closure (12 leaves) and Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) at phenological stage IV (9-10 sheets ). With the PMP detected, the collection of Soil Reception was carried out and the gravimetric and volumetric moisture of the soils was determined by the physiological method and by the Richards chamber. The results were transferred to the SAS software, where it was possible to observe that, when compared to two crops, cabbage had higher humidity in all treatments compared to lettuce. On the other hand, in comparing the methods, the Richards chamber - 1500 kPa where it obtained lower results compared to the physiological method at both temperatures experienced. In addition to comparing the methods, a change was made in the moisture retained in the soils with their texture, thus proving that clayey soils have greater water retention than sandy soils.

**Keywords:** Permanent Wilting Point. Vegetables. Moisture.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

<b>Figura 1</b> - Croqui do experimento.....	<b>26</b>
<b>Figura 2</b> - Incorporação de CaCO <sub>3</sub> nos solos simulando preparo convencional do solo (23/11/2022).....	<b>29</b>
<b>Figura 3</b> - Adubação seguida do plantio das mudas (07/12/2022).....	<b>30</b>
<b>Figura 4</b> - Sistema de Irrigação por Gotejamento.....	<b>31</b>
<b>Figura 5</b> - Plantas que atingiram o estágio fenológico, cessada irrigação e as mesmas no primeiro sinal de murcha (05/01/2023).....	<b>32</b>
<b>Figura 6</b> - Vasos dispostos na câmara escura, com umidade próxima a 70% (05/01/2023)....	<b>32</b>
<b>Figura 7</b> - Amostragem dos solos em latas vedadas para diminuir a perda do solo assim que detectado o PMP (09/01/2023).....	<b>34</b>
<b>Figura 8</b> - Amostras dos quatro solos saturados para posterior determinação do PMP pelo método indireto na Câmara de Richards.....	<b>35</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Análise Granulométrica realizada no laboratório de Pedologia e Física do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) - <i>campus</i> Cerro Largo, pelo método da pipeta.....	27
<b>Tabela 2</b> - Capacidade de campo (CC) calculada para os diferentes tipos de solo.....	27-28
<b>Tabela 3</b> - Dados na análise química realizada a partir de amostras dos solos enviadas para o laboratório de Análises Químicas da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).....	28
<b>Tabela 4</b> - Doses utilizadas para correção de pH e para adubação dos solos, baseadas no Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, como referência as culturas de Alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.) e Repolho ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.).....	29
<b>Tabela 5</b> - Análise de Variância (ANOVA) obtida através do software SAS para o método fisiológico e câmara de Richards na umidade gravimétrica ( $g\ g^{-1}$ ) e umidade volumétrica no ponto de murcha permanente ( $cm^3\ cm^{-3}$ ) para a cultura do repolho ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.) e para a cultura da alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.).....	36
<b>Tabela 6</b> - Resultados das médias obtidas para a umidade gravimétrica ( $g\ g^{-1}$ ) e volumétrica ( $cm^3\ cm^{-3}$ ) no ponto de murcha permanente fisiológico para a cultura do repolho ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.), através do teste de Tukey.....	38
<b>Tabela 7</b> - Resultados das médias obtidas para a umidade gravimétrica ( $g\ g^{-1}$ ) e volumétrica ( $cm^3\ cm^{-3}$ ) no ponto de murcha permanente para a cultura da alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.), através do teste de Tukey.....	39
<b>Tabela 8</b> - Resultados das médias obtidas para a umidade gravimétrica ( $g\ g^{-1}$ ) e volumétrica ( $cm^3\ cm^{-3}$ ) no ponto de murcha permanente pela câmara de Richards, através do teste de Tukey.....	40
<b>Tabela 9</b> - Comparação do método fisiológico e câmara Richards na umidade gravimétrica ( $g\ g^{-1}$ ) e umidade volumétrica ( $cm^3\ cm^{-3}$ ) no ponto de murcha permanente para a cultura do repolho ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.) e para a cultura da alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.), através do teste de Tukey.....	41
<b>Tabela 10</b> - Correlação da umidade gravimétrica ( $g\ g^{-1}$ ) e umidade volumétrica ( $cm^3\ cm^{-3}$ ) no ponto de murcha permanente dos métodos utilizados e textura dos solos utilizados no	

experimento, para a cultura do repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*) e para a cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), através do software SAS.....**42-43**

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

**PMP** - Ponto de Murcha Permanente;

**CC** - Capacidade de campo;

**CRA** - Curva de Retenção de Água;

**CR** - Câmara de Richards;

**U<sub>g</sub>** - Umidade gravimétrica;

**kPa** - quilopascal;

**N** - Nitrogênio;

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** - Fósforo;

**K<sub>2</sub>O** - Potássio;

**CaCO<sub>3</sub>** - Carbonato de cálcio;

**KCl** - Cloreto de potássio;

**LISTA DE SÍMBOLOS**

$\Theta$  Umidade volumétrica do solo;

$\times$  Multiplicação;

- Subtração;

$\psi$  Potencial do solo;

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>16</b>
2.1 ÁGUA NO SOLO	16
2.2 ÁGUA NA PLANTA	17
2.3 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E SEUS LIMITES	18
2.3 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE MURCHA PERMANENTE	19
2.4 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA AS HORTALIÇAS	21
2.4.1 ALFACE (LACTUCA SATIVA L.)	21
2.4.2 REPOLHO (BRASSICA OLERACEAE)	22
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>24</b>
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	24
3.2 IMPLANTAÇÃO E DELINEAMENTO DO EXPERIMENTO	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>35</b>
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado das hortaliças vem crescendo com o passar dos anos, porém existem aquelas que possuem maior apreço pelos consumidores e são mais consumidas, o repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*) e a alface (*Lactuca sativa L.*) estão incluídos entre as principais hortaliças de consumo diário do homem (CARNEIRO, 1981). O aumento da produção para atender a maior demanda dessas hortaliças, faz crescer juntamente com o mercado os estudos que visam facilitar a vida dos produtores e entregar ao consumidor produtos com mais qualidade. Os principais estudos se destinam aos fatores que podem afetar sua produção e desenvolvimento das mesmas, dentre eles está a umidade do solo.

A disponibilidade de água influencia diretamente no desenvolvimento de todas as espécies de plantas, bem como das hortaliças, sendo que essas têm como principal fator limitante para seu desenvolvimento a umidade do solo, já que necessitam de uma elevada disponibilidade da mesma. A deficiência de água é um dos fatores mais limitantes na obtenção de produtividade e qualidade, principalmente em uma produção para larga escala.

Desta forma, a disponibilidade de água para as culturas está diretamente ligada ao solo, sendo ele um dos fatores mais limitantes para as atividades agrícolas, pois é nele que fica armazenada a água disponível para as plantas, sendo assim a disponibilidade de água dependerá dos tipos de solos, da textura dos mesmos e das características físico-hídricas de cada um deles (REICHARDT, 1985; VIELMO, 2008)

A água disponível no solo para as plantas é compreendida como o intervalo entre a capacidade de campo de um solo (CC) e o seu ponto de murcha permanente (PMP), onde a CC se refere a quantidade máxima de água retida no solo sem que haja danos ao sistema e o PMP se refere a uma porcentagem mínima da umidade do solo em que as plantas são reduzidas a uma condição de murcha.

A partir disso e do que foi observado nas pesquisas científicas utilizadas como referência para este trabalho, no que diz respeito ao ponto de murcha em hortaliças é notório a falta de informações, dessa maneira o objetivo geral deste trabalho foi determinar a umidade dos solos utilizados no trabalho pelo método fisiológico onde foi utilizada as hortaliças como indicadoras e pelo método em laboratório pela câmara de Richards, bem como uma comparação entre os métodos estudados e uma correlação da umidade com a textura dos solos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 ÁGUA NO SOLO

A água é uma das substâncias mais importantes presentes na Terra, já que se considera que sem ela não seria possível a existência de qualquer tipo de vida (REICHARDT, 1985), sendo assim nos últimos anos muito se discute sobre seu uso, quantidade e qualidade (SOUZA, 2015).

No que diz respeito a água, esta é considerada na literatura e por diversos autores como sendo uma molécula polar formada a partir de um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio, os quais se ligam de forma covalente com um ângulo de  $105^\circ$ , assim formando uma molécula assimétrica onde um lado é mais eletropositivo e outro mais eletronegativo, segundo SOUZA (2015) essa polaridade presente na água favorece a dinâmica do sistema solo-planta-atmosfera.

A maneira mais comum da água chegar ao solo se dá pela precipitação da chuva, sendo que uma parte fica retida no solo, isso por que segundo VIEIRA (2006) o solo é o maior reservatório de água presente na Terra, e a outra parte pode ser drenada para outras camadas ou ainda escoar na superfície do solo.

A retenção de água no solo se dá a partir de duas forças, conhecidas como tensão superficial e capilaridade, foi a partir delas que se originou o potencial matricial de água no solo (VIEIRA, 2006; LIBARDI, 2010). Isso já teria sido proposto por REICHARDT (1985), que abordou a existência do potencial total de água no solo, cujo qual era composto pela soma de diferentes potenciais, entre eles o potencial matricial de água.

Sendo assim, segundo LIBARDI (2010) o solo é composto por uma parte sólida formada por agregados e um espaço poroso, tendo diferentes formas e tamanhos. Desta forma a água necessita de força para se movimentar e manter a dinâmica solo-planta-atmosfera, esse movimento se dá a partir de gradientes potenciais presentes no solo que são descritos como sendo o potencial gravitacional ( $\psi_g$ ), potencial de pressão ( $\psi_p$ ), potencial matricial ( $\psi_m$ ) e potencial osmótico ( $\psi_{os}$ ), a soma deles resulta no potencial total de água ( $\psi_T$ ), (SOUZA, 2015).

Para elevados potenciais de água no solo, as forças capilares são as que mais exercem atividade devido à estrutura do solo que irá determinar a quantidade de água retida nos poros.

O espaço poroso no solo afeta diretamente na movimentação da água, do ar e no crescimento das raízes, podendo sofrer grande influência devido ao manejo dos solos (DAVALO, 2013).

Desta forma o solo é um dos fatores mais limitantes para as atividades agrícolas, ele é responsável pelo armazenamento da água, interferindo assim no fornecimento dos nutrientes necessários para o desenvolvimento e crescimento das culturas (REICHARDT, 1985). Existem variações nos potenciais de armazenamento de água no solo e isso dependerá dos tipos de solos e da diversidade das características físico-hídricas de cada um deles (VIELMO, 2008).

## 2.2 ÁGUA NA PLANTA

A água é o fator mais importante para o desenvolvimento das plantas e da distribuição das mesmas no planeta, isso porque além dos processos bioquímicos, esta é responsável por 90% do teor de água celular na maioria dos tecidos vegetais, podendo chegar em 95% em plantas herbáceas como a alface, importante salientar que abaixo de 75% de teor de água ocorre mudanças estruturais na planta e em último caso pode ocorrer a morte das mesmas (PIMENTEL, 1955).

É a partir da água que ocorrem os processos vitais para o desenvolvimento das plantas, sendo responsável pela difusão de minerais, solutos e gases, além de ser um importante reagente para reações celulares como a fotólise da água, atua ainda na hidrólise de macromoléculas, como por exemplo o amido (PIMENTEL, 1955), ela ainda atua como veículo de transporte de nutrientes, que são absorvidos e conduzidos geralmente para a parte aérea, assim como produtos orgânicos da fotossíntese (REICHARDT, 1996; TAIZ & ZEIGER, 2002), transpiração e respiração da planta, na abertura dos estômatos, bem como na manutenção da turgescência celular, que é essencial para o aumento do volume e o crescimento vegetal.

O fornecimento de água para as plantas nada mais é que uma relação entre o solo, água e planta, e diferentes fatores podem vir a afetar esse fornecimento, inclusive fatores da própria planta, isto por que segundo REICHARDT & TIMM (2012), a absorção de água pelas plantas não depende apenas do potencial da água no solo e da sua tensão, já que em tensões muito acima ou abaixo a planta não consegue absorver água, logo a absorção de água pela plantas irá depender também da capacidade que as raízes tem em absorver água, fatores como a

densidade, profundidade, crescimento e fisiologia das raízes podem afetar essa capacidade, além é claro das condições climáticas.

A quantidade de água que a planta necessita irá variar muito principalmente no que diz respeito ao clima, localização, época de cultivo, tipo de solo, se possui ou não sistemas de irrigação e o tipo de espécie que será cultivada e o estágio fenológico que esta se encontra (PIMENTEL, 1955), desta forma é possível dizer que a água afeta diretamente na produtividade e conseqüentemente a qualidade, principalmente em épocas de seca.

### 2.3 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E SEUS LIMITES

A curva de retenção de água (CRA), é compreendida como a relação entre o potencial matricial e o conteúdo de água no solo, esta relação por sua vez é entendida por alguns autores como a capacidade que o solo tem de armazenar água (MAIA, 2016; SILVA *et al.* 2006). Segundo GRIGOLON (2013) é de suma importância a determinação da CRA, pois é a partir dela que se consegue caracterizar o movimento e a disponibilidade de água no solo, além de ser possível a determinação da faixa ideal entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP).

Em baixos potenciais matriciais a CRA sofre influência dos poros estruturais (macroporos) na formação e na estabilidade da estrutura do solo, por outro lado em altos potenciais a CRA sofre influência dos poros texturais (microporos), isso porque estes possuem grande importância quanto a superfície disponível para a adsorção de água (MAIA, 2016).

A determinação da CRA se dá a partir do princípio de que a água ocupa os espaços porosos do solo sob determinada pressão, essas estão relacionadas com a composição granulométrica e o arranjo que se encontram as partículas do solo (CARVALHO, 2002). Tendo em vista esta relação com a granulometria e o arranjo do solo fica evidente que as diferenças nas propriedades, principalmente as físicas do solo, tendem a resultar em alterações quanto à retenção de água no mesmo (MAIA, 2016).

Quanto às propriedades físicas, SILVA (2005) propôs que a aplicação de pequenas tensões causa uma variação significativa no conteúdo de água em solos arenosos, por outro lado em solos argilosos as maiores variações no conteúdo de água só se dá a partir de grandes tensões, isto reforça que o tipo de solo e sua composição causa grande influência sobre a capacidade que um solo possui de reter água. Segundo COUTO & SANS (2002), a retenção

de água sob uma determinada tensão é uma característica específica de cada solo, tendo em vista isso o valor da CRA pode variar de acordo com o grau de compactação, a textura do solo, o conteúdo de matéria orgânica, classe do solo, tamanho e geometria dos poros, entre outros, sendo assim cada solo possui limites diferentes na CRA.

Existem diferentes maneiras para determinar a CRA, principalmente utilizando técnicas de laboratório como a câmara de Richards, método da centrífuga, tensiometria e funil de placa porosa, todos esses métodos buscam determinar o conteúdo de água no solo sob diferentes valores de tensão, estes variam de 1 kPa a 1.500 kPa (MAIA, 2016).

Ainda sobre a CRA, esta apresenta limites os quais caracterizam a água disponível para as plantas, esses limites compreendem a capacidade de campo (CC) que se caracteriza como sendo o limite superior que está prontamente disponível às plantas e ao ponto de murcha permanente (PMP) sendo este caracterizado por ser o limite inferior de aproveitamento de água pelas plantas, existem valores pré-estabelecidos para esses limites e eles compreendem a água retida no solo em uma certa tensão, para a CC os valores são de -10 kPa para solos arenosos e -30 kPa para solos argilosos, já para o PMP esse valor estimado em 1.500 kPa (EMBRAPA, 2016).

Os limites de disponibilidade de água podem e irão variar de acordo com cada tipo de solo e suas propriedades físicas, como estrutura, textura, densidade, porosidade, podendo inclusive variar de acordo com o manejo adotado para cada tipo de solo, DALMAGO *et al.* (2009), obteve como resultado de seu trabalho que o solo sob plantio direto possui uma maior disponibilidade de água para as plantas e conseqüentemente uma maior retenção da mesma no solo.

As plantas conseguem uma melhor absorção de água pelas raízes quando o solo está com a umidade na CC, já a medida que o mesmo vai secando esta umidade conseqüentemente irá diminuir e a planta terá que buscar a água em uma maior profundidade, é importante tentar manter o solo em uma umidade onde a planta não precise buscar por água, evitando assim possíveis quedas na produtividade (VANZELA; ANDRADE, 2002).

### 2.3 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE MURCHA PERMANENTE

O ponto de murcha permanente (PMP) foi definido por Briggs & Shantz (1912) como uma porcentagem mínima da umidade do solo em que as plantas são reduzidas a uma condição de murcha e os mesmos notaram que o ponto ideal para essa condição era quando a

água o solo atingisse a tensão de aproximadamente - 1.500 kPa, abaixo disso tendem a murchar e não conseguem mais se recuperar, mesmo em condições favoráveis.

O método de estimativa proposto por esses autores foi o método direto ou fisiológico onde se utiliza plantas indicadoras, uma das espécies utilizadas por eles e considerada a melhor indicadora foi o girassol (*Helianthus annuus*), ainda hoje utiliza-se esse método em diferentes culturas e solos, e este é considerado como o padrão internacional para determinação do PMP. Porém outros pesquisadores observaram que a umidade no ponto de murcha permanente pode variar de uma espécie para a outra, dependendo dos estádios de desenvolvimento, condições climáticas e tipo de solo (PROCÓPIO, 2004).

Por outro lado, segundo REICHARDT & TIMM (2004), o ponto de murcha também dependerá de fatores como solo estando diretamente ligada a textura e quantidade de poros, tendo ainda relação com a densidade e profundidade das raízes e a atmosfera. Desta forma é necessário definir um limite inferior de umidade para cada cultura em um determinado tipo de solo.

Existem diferentes métodos utilizados para determinação do ponto de murcha permanente sendo o direto ou fisiológico proposto por BRIGGS & SHANTZ (1912) e os indiretos sendo um deles a câmara de Richards proposta por RICHARDS (1943), cada um desses métodos tem propostas diferentes para determinar o PMP.

O método direto é considerado o mais preciso, mas também o mais trabalhoso e demorado, este compreende basicamente em obter amostras de solos secas, que serão postas em vasos e após será feita a semeadura da cultura escolhida, quando houver a murcha a planta é colocada em outro ambiente dando-se preferência para um ambiente úmido escuro por um determinado período de tempo e assim sucessivamente, até que a planta não consegue mais recuperar sua turgidez e atinja um PMP irreversível (KLEIN *et al*, 2006).

O método indireto ou ainda o método da câmara de Richards, consiste em determinar o PMP de várias amostras simultaneamente, aplicando uma pressão equivalente a 15.000 cm de coluna de água, hoje é o método mais utilizado por não demorar tanto quanto o direto levando apenas alguns dias.

Já em trabalho realizado por FELISBERTO (2014) indica que não existe uma medida em laboratório que possa ser, no campo, um real substituto do PMP uma vez que a capacidade de retenção de água dos solos varia principalmente de acordo com a classe textural, e salienta que determinadas plantas podem absorver água sob potenciais matriciais do solo inferiores a -1,5 MPa. Ainda sobre o PMP, KLEIN *et al*, 2010, propôs que o mesmo possui uma relação

direta com o teor de argila dos solos, já que em tensões baixas a água fica retida pelas cargas das argilas.

## 2.4 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA AS HORTALIÇAS

As hortaliças são grupos de verduras e legumes, cultivados geralmente em hortas por agricultores familiares, existem diferenças entre cada uma delas, dessa maneira as mesmas são divididas em grupos com características em comum como, por exemplo, botânicas, buscando facilitar o manejo.

A produção de hortaliças é uma atividade que possui grande importância econômica e a mesma se encontra em expansão no país (VICENTE, 2022), a produção no Brasil em 2012 chegou a 19,5 milhões de toneladas sendo 40 espécies cultivadas em 810 mil hectares (EMBRAPA, 2016), já os dados obtidos pela Conab (2021), possuem como resultados em 2020 a comercialização de apenas 5,4 milhões de toneladas de hortaliças, esse decréscimo pode estar relacionado a diversos fatores entre eles a pandemia.

Segundo MAROUELLI *et al.* (1996), é visível a procura de alimentos mais saudáveis pelos consumidores, isso por que as hortaliças são importantes fontes de vitaminas e sais minerais, sendo a Alface e o Repolho as hortaliças mais procuradas e mais consumidas no BR.

Ainda segundo o mesmo autor as hortaliças têm seu desenvolvimento diretamente afetado pela umidade do solo, sendo a deficiência da mesma considerado o fator mais limitante, todavia o seu excesso também pode vir a se tornar um problema no cultivo das mesmas.

### 2.4.1 ALFACE (*LACTUCA SATIVA L.*)

A alface (*Lactuca sativa L.*) é uma hortaliça pertencente à família das Asteraceae, originou-se assim como outras espécies de plantas silvestres, tendo como centro de origem o sul da Europa e na Ásia Ocidental (SANTOS, 2016). É a folhosa mais consumida no Brasil e de maior importância econômica (Costa & Sala, 2005), as hortaliças são fontes de vitaminas, sendo assim a alface apresenta cálcio e vitaminas A e C e vitaminas B1 e B2.

Essa é uma planta de ciclo anual, herbácea, composto principalmente por folhas delicadas, que possuem diferentes tamanhos, coloração e consistência, isso devido a sua

ampla variedade de cultivares. O caule é curto e as folhas crescem em formato de roseta em volta do mesmo, o sistema radicular assim como da maioria das hortaliças é superficial, mas muito ramificado, a raiz explora apenas os primeiros 25 cm do solo, por outro lado na semeadura direta pode atingir 60 cm de profundidade (SANTOS, 2016), ainda segundo o mesmo autor as condições edafoclimáticas como baixas temperatura e dias curtos favorecem o período vegetativo dela.

As condições ambientais influenciam diretamente no desenvolvimento, a alface é muito exigente em água e a faixa de temperatura ideal varia de 15,5 °C a 26,6 °C, porém seu pleno desenvolvimento se dá entre a faixa de 15,5 °C e 18,3 °C. (SANDERS 2013; SANTOS 2016). Se desenvolve bem em pH em torno de 6,0 a 6,8, responde bem a adubação orgânica (SANTOS, 2011).

Segundo a Associação Brasileira do Comercio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2013), a alface é atualmente a terceira hortaliças com maior volume de produção, movimentando todos os anos 8 bilhões de reais e tem uma produção de 1,5 milhões de toneladas ao ano ou 46,3% da produção de folhosas no Brasil é de alface (PESSOA *et al*, 2021).

#### **2.4.2 REPOLHO (BRASSICA OLERACEAE)**

O repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*) pertencente à família Brassicaceae, que assim como outras hortaliças se originou de espécies silvestres, tem como centro de origem na Europa Ocidental (LENHARDT *et al*, 2017).

É uma cultura herbácea, de folhas arredondadas e cerosas (MOREIRA;VIDIGAL, 2011) que irão formar cabeça, que é o resultado da superposição das folhas, esse fenômeno ocorre quando o crescimento do meristema terminal e o crescimento das folhas internas é cessado (VICENTE, 2022). O caule é curto e não apresenta ramificações, já seu sistema radicular é considerado profundo podendo chegar a 1,5 metros de comprimento.

O seu desenvolvimento é afetado pelas condições ambientais do local onde será cultivado, fatores como altas temperaturas afetam seu desenvolvimento, logo é recomendado temperaturas mais baixas, principalmente no estágio da emissão do pendão floral, o que afetará na formação de cabeças, sendo estas pouco compactas ou ainda vindo a não apresentar tal formação (FILGUEIRA, 2007).

É uma cultura que se desenvolve de forma ideal em pH entre 5,5 a 6,8 e em solos que apresentam textura média com boa retenção de água, por exemplo, como os argilosos, sendo

solos arenosos o contrário (FILGUEIRA, 2007), isso por que como a maioria das hortaliças, o repolho é exigente em água devendo manter um equilíbrio do teor de umidade do solo durante todo o seu ciclo (VICENTE, 2022). Sobre a exigência nutricional do repolho destaca-se principalmente a exigência de nitrogênio (N), sendo este um nutriente limitante para sua produtividade, segundo MOREIRA *et al* (2011), tanto a falta quanto o excesso deste nutriente afetam significativamente a cultura, sendo assim se faz necessário o cálculo e a execução correta deste nutriente na hora da adubação.

O mercado do repolho vem crescendo no Brasil, sendo este considerado a brassica com maior importância comercial no mercado de hortaliças, pois se cultiva uma área estimada de mais de 30 mil hectares, esse aumento no espaço ocupado pela cultura se dá principalmente a sua alta produção e sua importância, principalmente no contexto da agricultura familiar, atualmente existem diversos estudos que buscam aumentar cada vez mais a produção desta hortaliça (LENHARDT *et al*, 2017).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

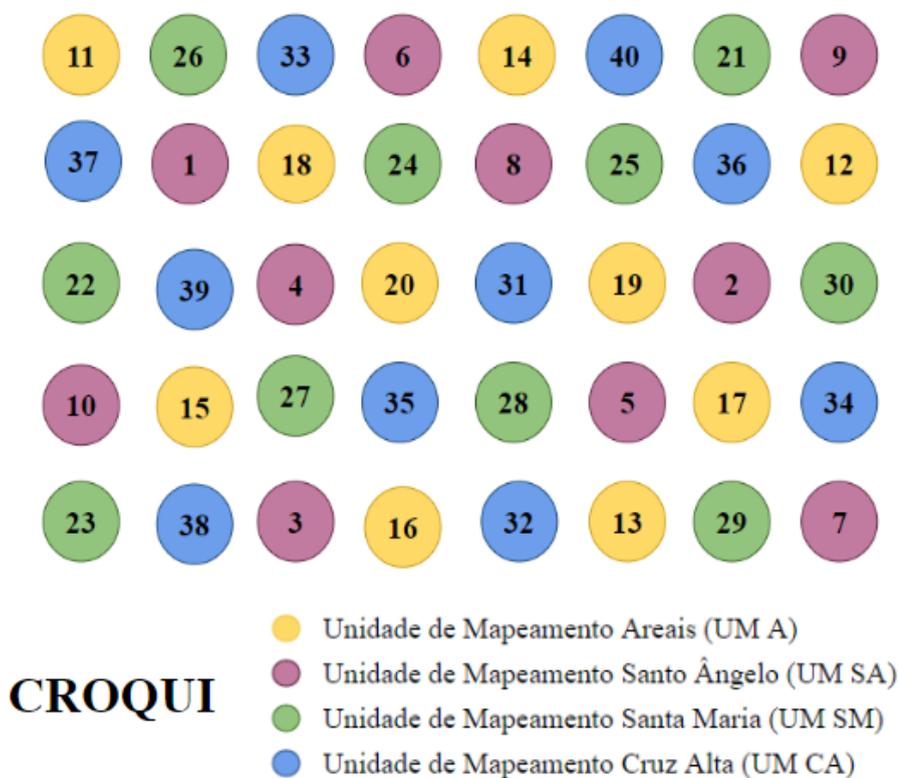
O experimento desenvolveu-se em casa de vegetação, na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – *campus* Cerro Largo (Rio Grande do Sul- RS), cujas coordenadas geográficas correspondem 28° 08 '32.3"S 54° 45' 41.6"O. O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é Cfa (subtropical úmido), possuindo temperaturas médias mais altas que 18° C nos meses mais quentes e temperaturas médias entre 3° C à 18° C para os meses mais frios do ano, a pluviosidade média anual corresponde à 1600 mm, podendo apresentar variações durante a primavera e verão.

#### 3.2 IMPLANTAÇÃO E DELINEAMENTO DO EXPERIMENTO

O experimento era composto por 40 unidades experimentais, sendo um esquema bifatorial 4×2, com cinco repetições. O delineamento experimental escolhido foi o inteiramente casualizado (DIC), desta forma os vasos foram dispostos sobre a bancada de forma aleatória para que nenhum tratamento se sobressaísse sobre outro, como mostra o croqui do experimento na figura 1.

Os tratamentos foram compostos pelos quatro tipos de solos escolhidos para a realização do trabalho, os quais estão classificados como Argissolo Bruno-Acinzentado pertencente a unidade de mapeamento de Santa Maria (UM SM), dois Latossolos Vermelhos com unidades de mapeamento compreendendo a Cruz Alta (UM CA) e Santo Ângelo (UM SA) e Neossolo Quartzarênico com unidade de mapeamento Areais (UM A), cada tratamento ocupou 10 vasos sendo 5 com a cultura da alface (*Lactuca sativa L.*) e os outros 5 com a cultura do repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*).

**Figura 1** - Croqui do experimento.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A partir da escolha dos solos que foram utilizados no experimento foi realizada análise granulométrica pelo método da pipeta adaptado pelo laboratório de física do solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) através do USDA - Soil Conservation Service (1972. 63p.), que se baseia na velocidade de sedimentação entre as partículas, dessa forma obteve-se a seguinte composição granulométrica para os solos (TABELA 1).

As hortaliças escolhidas para servirem como plantas indicadoras para o ponto de murcha foram a alface (*Lactuca sativa L.*) do tipo americana e o repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*), por sua vez, os métodos escolhidos para determinação do ponto de murcha permanente (PMP) compreendem ao método direto ou fisiológico e o método indireto ou em laboratório, neste caso sendo utilizada câmara de Richards.

**Tabela 1** - Análise Granulométrica realizada no laboratório de Pedologia e Física do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) - *campus* Cerro Largo, pelo método da pipeta.

SOLOS	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	CLASSE TEXTURAL
UM A	1,5	0,7	97,8	Areia
UM SA	49,1	39	12	Argila
UM CA	28,2	7,9	63,9	Franco Argilo Arenoso
UM SM	7,7	22,3	70	Franco Arenosa

UM SA (unidade de mapeamento de Santo Ângelo); UM CA (unidade de mapeamento de Cruz Alta); UM SM (unidade de mapeamento Santa Maria); UM A (unidade de mapeamento Areais).

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Os solos foram primeiramente secos ao ar e posteriormente destorroados e passados em peneira de 2mm, foram utilizados vasos com capacidade de 3 litros cada, estes foram primeiramente pesados em balança de precisão para determinação de massa e após preenchidos com os respectivos solos. Realizou-se ainda a amostragem dos solos para a determinação da capacidade de campo (CC), as amostras foram inicialmente preparadas em laboratório e saturadas, posteriormente as mesmas foram submetidas a mesa de tensão por 48 horas a -10 kPa para que a CC dos solos fosse determinada (Tabela 2). Com a capacidade de campo determinada foi calculada a quantidade de água (ml) necessária para que os vasos atingissem 90% de CC na primeira rega.

**Tabela 2** - Capacidade de campo (CC) calculada para os diferentes tipos de solo.

SOLOS	Capacidade de Campo (g/g)
UM A	0,03
UM SA	0,30

UM CA	0,20
UM SM	0,23

UM SA (unidade de mapeamento de Santo Ângelo); UM CA (unidade de mapeamento de Cruz Alta); UM SM (unidade de mapeamento Santa Maria); UM A (unidade de mapeamento Areais).

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Em seguida, os solos foram novamente amostrados e as amostras retiradas foram enviadas para o Laboratório de Análises Químicas da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) para realização da análise química dos mesmos (Tabela 3), a partir do resultado da análise química foi realizado através do Manual de Calagem e Adubação dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (2016) o cálculo da necessidade de correção do pH e adubação dos solos, tendo como referência as hortaliças (p. 162 e 179).

**Tabela 3** - Dados na análise química realizada a partir de amostras dos solos enviadas para o laboratório de Análises Químicas da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

TIPOS DE SOLOS	% MO m/V	% Argila	P - Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	CTC pH 7 cmol/dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>	Índice SMP
UM A	0,3	17	4,2	2,4	20	6,8
UM SA	4,1	70	30,2	16,3	20	5,8
UM CA	1,8	43	3,3	17,2	64	4,9
UM SM	3,1	21	66,3	14,2	92	5,7

UM SA (unidade de mapeamento de Santo Ângelo); UM CA (unidade de mapeamento de Cruz Alta); UM SM (unidade de mapeamento Santa Maria); UM A (unidade de mapeamento Areais).

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Sendo assim, a partir dos resultados obtidos, foi realizada a separação das doses necessárias de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) utilizado para correção dos solos ao pH 6,0, assim como a separação de doses necessárias de nitrogênio (N) em forma de ureia, fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em forma de superfosfato triplo e potássio (K<sub>2</sub>O) em forma de cloreto de potássio (KCl) para a adubação (Tabela 4). A correção foi realizada duas semanas antes do plantio das mudas e para isso foi simulado um preparo convencional do solo, desta forma eles foram removidos

dos seus respectivos vasos, postos em uma bandeja onde foram incorporados ao  $\text{CaCO}_3$  (FIGURA 2).

**Tabela 4** - Doses utilizadas para correção de pH e para adubação dos solos, baseadas no Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, como referência as culturas de Alface (*Latuca sativa* L.) e Repolho (*Brassica oleracea* var. capitata L.).

SOLOS	ALFACE			REPOLHO			$\text{CaCO}_3$ (g)
	N (g)	$\text{P}_2\text{O}_5$ (g)	$\text{K}_2\text{O}$ (g)	N (g)	$\text{P}_2\text{O}_5$ (g)	$\text{K}_2\text{O}$ (g)	
UMA	5,4	7,2	7,2	13	13	13	0,7
UM SA	4,2	1,8	3,6	9	3	6	9,53
UM CA	5,4	7,2	5,4	13	13	9	24,29
UM SM	4,2	4,8	4,5	9	9	7	10,9

UM SA (unidade de mapeamento de Santo Ângelo); UM CA (unidade de mapeamento de Cruz Alta); UM SM (unidade de mapeamento Santa Maria); UM A (unidade de mapeamento Areais).

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

**Figura 2** - Incorporação de  $\text{CaCO}_3$  nos solos simulando preparo convencional do solo (23/11/2022).



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

No dia 07 de dezembro de 2022, duas semanas após a correção do pH, o experimento foi devidamente instalado, sendo que inicialmente os solos foram adubados conforme as doses calculadas na tabela 4 (FIGURA 3) e posteriormente as mudas das culturas escolhidas foram plantadas, após o plantio foi realizada a primeira rega para que o solo atingisse 90% da CC, vale ressaltar que na primeira semana o experimento foi regado manualmente.

**Figura 3** - Adubação seguida do plantio das mudas (07/12/2022).



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

Posteriormente foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento, para facilitar o manejo das culturas e conseqüentemente diminuir o risco de perda das mudas pelas variações do ambiente já que as hortaliças costumam ser bem sensíveis a tais variações e ainda impedir que as mesmas entrassem em estresse hídrico antes do estágio fenológico determinado, desta forma os vasos passaram a ser irrigados todos os dias tendo como turno de rega às 06:00 horas da manhã e às 18:00 horas da tarde, até que as plantas atingissem o estágio fenológico determinado para o estresse hídrico, estágio IV no repolho ( 9 a 12 folhas verdadeiras) e pré fechamento da cabeça (12 folhas) para a alface americana, vale ressaltar que como não existem trabalhos de PMP em hortaliças o estágio fenológico determinado para o estresse hídrico foi por escolha própria.

**Figura 4 - Sistema de Irrigação por Gotejamento.**

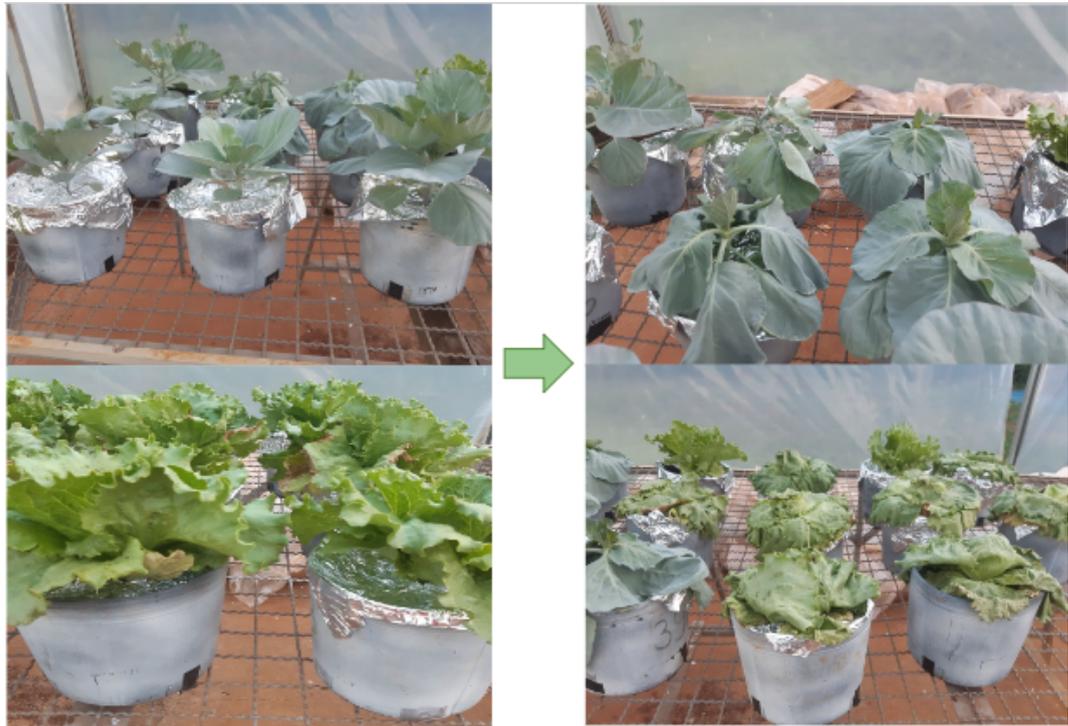


Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

Ao atingirem o estágio fenológico determinado (IV para o repolho e pré fechamento de cabeça para a alface), a irrigação foi cessada e os respectivos vasos foram cobertos por papel alumínio com o objetivo manter a umidade e dispostos sobre outra bancada na casa de vegetação, com o primeiro sinal de murcha no final da tarde os vasos foram transferidos para câmara escura mantendo uma umidade relativa do ar próximo a 75% (FIGURAS 5 e 6) onde mesma era medida através do aparelho termo-higrômetro.

Para melhor determinação no ponto de murcha permanente (PMP), foi adotado o critério de que, se ao amanhecer a planta ou pelo menos alguma folha se recuperasse, o vaso iria retornar à bancada da casa de vegetação sendo mantido em estresse hídrico e se observado a murcha permanente (morte) seria coletado as amostras de solo, desta forma o processo se repetiu sucessivamente todos os dias até que todas as plantas atingissem o PMP.

**Figura 5** - Plantas que atingiram o estágio fenológico, cessada irrigação e as mesmas no primeiro sinal de murcha (05/01/2023).



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2023).

**Figura 6** - Vasos dispostos na câmara escura, com umidade próxima a 70% (05/01/2023).



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2023).

Quando detectado o PMP fisiológico, o solo foi removido dos vasos e dispostos em bandejas onde foram misturados e extraído amostras dos mesmos, na amostragem foram utilizadas latas de metal previamente pesadas em balança de precisão para determinação da sua massa, as quais foram preenchidas com uma quantidade de solo e posteriormente fechadas e vedadas com fita (FIGURA 7), esse processo de vedação tem como objetivo diminuir a perda de umidade do solo amostrado para o ambiente durante o transporte.

Desta forma, já no laboratório as latas foram abertas e pesadas novamente em balança de precisão para determinação da massa do solo úmido e levadas à estufa por 48 horas a 105 °C, após a secagem foram novamente pesadas, para a determinação da massa do solo seco. A partir dos resultados obtidos foi calculado a umidade gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ ) e posteriormente a umidade volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) respectivamente, seguindo as fórmulas propostas na literatura.

$$Ug = \frac{(MSU - MSS)}{MSS}$$

Onde:

MSU = massa do solo úmido (g);

MSS = massa do solo seco (g);

$$\Theta v = \Theta g \times Ds$$

Onde:

$\Theta g$  = umidade gravimétrica;

Ds = densidade média dos solos.

**Figura 7** - Amostragem dos solos em latas vedadas para diminuir a perda do solo assim que detectado o PMP (09/01/2023).



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2023).

Ademais, o PMP determinado em laboratório através do método indireto, ou seja, através da câmara de Richards, as amostras de solo foram inicialmente preparadas em anéis e posteriormente saturadas, após este processo de saturação elas foram colocadas na câmara de Richards e submetidas a pressão desejada, a pressão geralmente utilizada é a - 1500 kPa, a qual é descrita em trabalhos como sendo a pressão em que a água está retida no solo no ponto de murcha permanente (PMP).

Posteriormente as amostras foram levadas para a estufa por 48 horas a 105 °C, quando secas foram pesadas em balança de precisão e então foi calculado a umidade gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ ) e a umidade volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) do solo com as fórmulas anteriores.

**Figura 8** - Amostras dos quatro solos saturados para posterior determinação do PMP pelo método indireto na Câmara de Richards.



Fonte: Fotografia registrada pela autora (2022).

A partir dos resultados obtidos para umidade gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ ) e volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) dos solos, todos os tratamentos foram submetidos a análise estatística através da análise de variância (ANOVA), posteriormente foi realizada a comparação de médias obtidas das umidades, além da comparação dos métodos fisiológico e da câmara de Richards feitos através do teste de Tukey a 5% de significância. Foram realizadas análise de correlação de Pearson entre a umidade do solo no PMP e a textura do solo (teores de areia, silte e argila), ambas as análises do presente trabalho foram realizadas através do *software* SAS.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos dias da determinação do ponto de murcha permanente (PMP) utilizando plantas indicadoras considerando desde o cessamento da irrigação até a murcha irreversível, pelo método visual foi possível a percepção de que o PMP variou conforme a cultura implantada e seu respectivo tratamento.

Sendo assim no que diz respeito às amostras retiradas dos solos quando determinado o PMP, os resultados obtidos foram submetidos a uma análise estatística de variância (ANOVA) e posterior comparação de média através do *software* SAS, desta forma na tabela 5 estão representados os valores encontrados para a umidade gravimétrica ( $Ug$ ) e volumétrica ( $\Theta v$ ) dos solos no método fisiológico das duas culturas indicadoras, onde é possível a observação do coeficiente de variação (%) que demonstra a homogeneidade dos dados do experimento (TABELA 4).

**Tabela 5** - Análise de Variância (ANOVA) obtida através do software SAS para o método fisiológico e câmara de Richards na umidade gravimétrica ( $g\ g^{-1}$ ) e umidade volumétrica no ponto de murcha permanente ( $cm^3\ cm^{-3}$ ) para a cultura do repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*) e para a cultura da alface (*Lactuca sativa L.*).

REPOLHO $Ug$					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
					< 0001
Tratamento	3	0,091	0,030	206,34	
Erro	13	0,002	0,0001		
Correção Total	16	0,093			
CV(%): 11,07					
REPOLHO $\Theta v$					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	3	0,060	0,0201	76,91	<0001
Erro	12	0,003	0,0003		
Correção Total	15	0,063			
CV(%): 12,62					
ALFACE $Ug$					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc

Tratamento	3	0,08	0,0268	42,49	< 0001
Erro	15	0,009	0,0006		
Correção Total	18	0,09			
<b>CV(%): 25,81</b>					

**ALFACE  $\Theta v$**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; Fc</b>
Tratamento	3	0,07	0,023	25,48	< 0001
Erro	15	0,014	0,0009		
Correção Total	18	0,084			
<b>CV(%): 28,23</b>					

**CÂMARA DE RICHARDS  $\Theta v$**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; Fc</b>
Tratamento	3	0,10	0,03	592,32	<0001
Erro	16	0,0009	0,00005		
Correção Total	19	0,10			
<b>CV(%): 6,30</b>					

**CÂMARA DE RICHARDS  $Ug$**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; Fc</b>
Tratamento	3	0,13	0,04	1755	< 0001
Erro	16	0,0004	0,00002		
Correção Total	19	0,13			
<b>CV(%): 4,57</b>					

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Conforme resultados obtidos na análise de variância os mesmos foram submetidos a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância, tanto a umidade gravimétrica ( $Ug$ ) quanto a umidade volumétrica ( $\Theta v$ ) dos solos para a cultura do repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*) no estágio definido para o estresse hídrico obteve-se diferenças significativas, sendo que o tratamento que apresentou maior média na umidade foi o composto por UM Santo Ângelo estando relacionado pelo solo ser o mais argiloso dos tratamentos, pois quanto mais argila melhor e maior é a retenção de água no solo.

Os tratamentos que apresentaram médias intermediária foram UM Cruz Alta e UM Santa Maria onde não apresentaram diferença significativa entre si e isso pode ser relacionado a granulometria próxima dos dois solos (TABELA 1), por outro lado ao contrário da UM Santo Ângelo o solo com UM Areais que possui maior quantidade de areia em sua composição apresentou a menor média dos tratamentos estando relacionado ao fato de que solos arenosos possuem menor retenção de água (TABELA 6).

**Tabela 6** - Resultados das médias obtidas para a umidade gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ ) e volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no ponto de murcha permanente fisiológico para a cultura do repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*), através do teste de Tukey.

TRATAMENTOS	Ug ( $\text{g g}^{-1}$ )	$\theta$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )
UM SA	0,21 a *	0,20 a *
UM CA	0,12 b	0,14 b
UM SM	0,10 b	0,13 b
UM A	0,02 c	0,03 c

UM SA (unidade de mapeamento de Santo Ângelo); UM CA (unidade de mapeamento de Cruz Alta); UM SM (unidade de mapeamento Santa Maria); UM A (unidade de mapeamento Areais).

\*Médias dos tratamentos não seguidos por mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A cultura da alface (*Lactuca sativa L.*) também foi submetida a comparação de médias, onde para a umidade gravimétrica (Ug) todos os tratamento diferiram entre si, sendo assim o tratamento que apresentou maior média diferindo totalmente dos demais foi o composto por UM Santo Ângelo onde novamente se tem a explicação do solo ser o mais argiloso e reter mais água do que os outros tratamentos, a UM Cruz Alta também diferiu dos demais tratamentos apresentando média com umidade  $0,13 \text{ g g}^{-1}$ , assim como UM Santa Maria com umidade  $0,08 \text{ g g}^{-1}$ , novamente o tratamento com menor média foi UM Areais pelo fato de se tratar de um solo arenoso.

Quanto a  $\theta_v$ , o tratamento que obteve a maior média foi UM Santo Ângelo com umidade  $0,17 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , o tratamento com UM Cruz Alta não obteve diferença significativa dos tratamentos UM SA e UM SM, onde o tratamento UM SM diferiu significativamente do

tratamento UM SA com umidade de  $0,09 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , já o tratamento UM Areais obteve menor média, com umidade em torno  $0,02 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ .

**Tabela 7** - Resultados das médias obtidas para a umidade gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ ) e volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) no ponto de murcha permanente para a cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), através do teste de Tukey.

TRATAMENTOS	Ug ( $\text{g g}^{-1}$ )	$\theta$ ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )
UM SA	0,18 a *	0,17 a *
UM CA	0,13 b	0,15 ab
UM SM	0,08 c	0,09 b
UM A	0,01 d	0,02 c

UM SA (unidade de mapeamento de Santo Ângelo); UM CA (unidade de mapeamento de Cruz Alta); UM SM (unidade de mapeamento Santa Maria); UM A (unidade de mapeamento Areais).

\*Médias dos tratamentos não seguidos por mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para o método da câmara de Richards no que diz respeito a umidade gravimétrica, todos os tratamentos diferiram entre si, sendo que o tratamento que obteve maior média foi o UM SA, seguido de UM CA e SM, sendo que o tratamento que apresentou menor média foi UM A. Já para a umidade volumétrica o tratamento que obteve maior média foi UM SA com  $0,22 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  diferindo significativamente dos demais, assim como o tratamento UM A que obteve menor média com  $0,02 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , por outro lado os tratamentos UM CA e UM SM não diferiram significativamente entre si, mas diferiram dos demais tratamentos.

No que se refere a comparação no teor de umidade no PMP, os resultados obtidos no método fisiológico na cultura do repolho e na câmara de Richards foram próximos, não obtendo tanto diferença significativa (TABELA 6 e 8), por outro lado a cultura da alface apresentou teores de umidade menores no método fisiológico se comparada a câmara de Richards (TABELA 7 e 8), como proposto pelos autores COELHO *et al.*, (2014); KLEIN *et al.*, (2006) utilizando outras plantas indicadoras, esse resultado evidencia que a cultura da alface conseguiu extrair água mesmo abaixo do potencial determinado para o PMP ( $-1500 \text{ kPa}$ ).

**Tabela 8** - Resultados das médias obtidas para a unidade gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ ) e volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no ponto de murcha permanente pela câmara de Richards, através do teste de Tukey.

TRATAMENTOS	Ug ( $\text{g g}^{-1}$ )	$\theta$ ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	DENSIDADE ( $\text{g cm}^{-3}$ )
UM SA	0,24 a *	0,22 a *	0,94
UM CA	0,10 b	0,12 b	1,21
UM SM	0,09 c	0,12 b	1,29
UM A	0,01 d	0,02 c	1,68

UM SA (unidade de mapeamento de Santo Ângelo); UM CA (unidade de mapeamento de Cruz Alta); UM SM (unidade de mapeamento Santa Maria); UM A (unidade de mapeamento Areais).

\*Médias dos tratamentos não seguidos por mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Como proposto no objetivo do presente trabalho, foi realizada a comparação dos métodos utilizados, ou seja, a comparação do método fisiológico e da câmara de Richards, comparando tanto a umidade gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ ) quanto a umidade volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) para as culturas indicadoras escolhidas e seus respectivos tratamentos. Vale a ressalva que a umidade na câmara de Richards é determinada no potencial de - 1500 kPa e autores como KLEIN *et al*, (2006) obtiveram resultados onde o teor de água do solo no ponto de murcha fisiológico das plantas foi significativamente menor que aquele obtido com a câmara de Richards no potencial determinado para o PMP.

Sendo assim, para a cultura da alface (*Lactuca sativa L.*) no tratamento UM SA a câmara de Richards e o método fisiológico não diferiram significativamente tanto para a umidade gravimétrica quanto para umidade volumétrica. Já o tratamento UM SM o método da câmara de Richards obteve maior média na umidade volumétrica  $0,12 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , diferindo significativamente do método fisiológico para a umidade gravimétrica que apresentou a menor média  $0,08 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , já a umidade gravimétrica na câmara e no método fisiológico dos métodos citados acima. Por outro lado, no que diz respeito aos tratamentos UM CA e UM A, estes não apresentaram diferença significativa entre os métodos (TABELA 9).

**Tabela 9** - Comparação do método fisiológico e câmara Richards na umidade gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ ) e umidade volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no ponto de murcha permanente para a cultura do repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*) e para a cultura da alface (*Lactuca sativa L.*), através do teste de Tukey.

<b>ALFACE</b>				
<b>Solos</b>	<b>Médias Métodos</b>			
	<b>Ug F</b>	<b>Øv F</b>	<b>Ug CR</b>	<b>Øv CR</b>
UM SA	0,18 b	0,17 b	0,24 a	0,22 a*
UM CA	0,13 a	0,15 a	0,10 a	0,12 a
UM SM	0,08 b	0,09 ab	0,09 ab	0,12 a
UM A	0,01 a	0,02 a	0,01 a	0,02 a

<b>REPOLHO</b>				
<b>Solos</b>	<b>Médias Métodos</b>			
	<b>Ug F</b>	<b>Øv F</b>	<b>Ug CR</b>	<b>Øv CR</b>
UM SA	0,21 bc	0,20 c	0,24 a*	0,22 ab
UM CA	0,12 b	0,14 a*	0,10 c	0,12 b
UM SM	0,10 b	0,13 a*	0,09 b	0,12 a
UM A	0,02 a	0,03 a*	0,01 a	0,02 a

UM SA (unidade de mapeamento de Santo Ângelo); UM CA (unidade de mapeamento de Cruz Alta); UM SM (unidade de mapeamento Santa Maria); UM A (unidade de mapeamento Areais).

Ug F/CR (umidade gravimétrica no método fisiológico e na câmara de Richards); Øv F/CR (umidade volumétrica no método fisiológico e na câmara de Richards);

\*Médias dos tratamentos não seguidos por mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey, com nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ainda referente a comparação dos métodos para a cultura do repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*), para o tratamento de UM SA o método que obteve maior média foi a câmara de Richards na umidade gravimétrica com  $0,24 \text{ g g}^{-1}$ , diferenciando significativamente do método fisiológico para umidade volumétrica que obteve menor média  $0,20 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , os outros dois métodos não diferenciam da câmara gravimétrica e fisiológico volumétrica.

Já o tratamento UM CA obteve maior média no método fisiológico na umidade volumétrica  $0,14 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , diferenciando significativamente da menor média que foi pelo  $0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , os outros dois métodos não diferiram entre si para suas umidades. No caso do

repolho, assim como na cultura da alface, o tratamento UM A foi o único tratamento que não obteve diferença significativa entre os métodos escolhidos para determinar o ponto de murcha permanente.

O teor de umidade para o método fisiológico foi menor se comparado com a câmara de Richards, assim como proposto por KLEIN *et al*, 2006, de que a umidade menor no método fisiológico pode ser porque as plantas conseguiram extrair água abaixo do potencial do PMP (-1500 kPa) ou ainda por que não foi atingido um equilíbrio na câmara de Richards. O mesmo autor ainda propõe que o método da câmara pode ser utilizado para determinação da umidade a 1500 kPa porém ele não considera as características das plantas indicadores e nem os fatores ambientais e isso são fatores importantes na determinação do PMP.

Ainda sobre a comparação dos métodos em estudos feitos por PROCÓPIO (2016), realizado em um Neossolo Quartzarênico, obtiveram resultados maiores na umidade para os métodos em laboratório do que para o método fisiológico, logo indicando que a cultura indicadora escolhida era sensível ao estresse hídrico, porém no presente trabalho o tratamento com UM Areais que também é classificado como um Neossolo Quartzarênico o teor de umidade desse solo não diferiu significativamente entre os métodos e nem entre as culturas utilizadas na determinação do PMP.

Ainda os resultados obtidos para umidade gravimétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) e umidade volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) tanto no método fisiológico como também na câmara de Richards, foram submetido a uma correlação com a textura do solo, a fim de comprovar que a textura do solo influencia na retenção de água no mesmo, desta forma através do software SAS foi obtido a correlação de Pearson desses fatores (TABELA 10).

**Tabela 10** - Correlação de Pearson da umidade gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ ) e umidade volumétrica ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no ponto de murcha permanente dos métodos utilizados e textura dos solos utilizados no experimento, para a cultura da alface (*Lactuca sativa L.*) e para a cultura do repolho (*Brassica oleracea var. capitata L.*), através do software SAS.

<b>ALFACE (fisiológico)</b>		
<b>Textura</b>	<b>Ug</b>	<b>Øv</b>
Argila	0,91*	0,82
Silte	0,77	0,67
Areia	-0,91	-0,8

<b>REPOLHO (fisiológico)</b>		
<b>Textura</b>	<b>Ug</b>	<b>Θv</b>
Argila	0,94	0,87
Silte	0,91	0,87
Areia	-0,97	-0,91

<b>CÂMARA DE RICHARDS</b>		
<b>Textura</b>	<b>Ug</b>	<b>Θv</b>
Argila	0,94	0,91
Silte	0,92	0,91
Areia	-0,99	-0,98

Ug (umidade gravimétrica); Θv (umidade volumétrica). \*Significativo a 1%.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os resultados obtidos apresentaram significância  $P < 0001$ , o esperado é que a umidade no PMP possua diferença, isso por que a classe textural do solo influencia na retenção e atividade da água no mesmo (FELISBERTO, 2014), sendo assim fica é possível a visualização na tabela 8 de que as partículas de argila e silte estão sempre positivas, isso está diretamente relacionado ao fato de que solos que contém maiores teores dessas partículas tendem a reter maior quantidade de água e a atividade de água nesses tipos de solo é maior.

Por outro lado, o inverso também ocorre, sendo assim a areia negativa na tabela se dá pelo fato de que solos com maiores teores de partículas de areia apresentarem menor retenção de água e menor atividade da mesma. Sendo assim confirma-se o que foi proposto por REICHARDT & TIMM (2004); KLEIN *et al*, 2010; FELISBERTO (2014), de que a textura do solo influencia na retenção de água nos solos e conseqüentemente na determinação do ponto de murcha permanente (PMP).

## CONCLUSÃO

- Tanto para a cultura da alface como para a cultura do repolho o tratamento com UM Santo Ângelo foi o que apresentou maior umidade no solo na determinação do PMP fisiológico, seguido pelos tratamentos UM Cruz Alta e UM Santa Maria apresentam umidade média e UM Areias que apresentou menor umidade no solo no PMP;
- Pelo método da câmara de Richards todos os tratamentos diferiram significativamente quanto a umidade retida a - 1500 kPa, sendo que assim como no método fisiológico o tratamento que apresentou maior umidade no PMP foi UM Santo Ângelo, seguido por UM Cruz Alta e Santa Maria, e menor umidade no UM Areias;
- Quanto ao teor de umidade no PMP fisiológico das culturas escolhidas e da umidade na câmara de Richards, a cultura do repolho não obteve diferença significativa da umidade encontrada no método de laboratório, por sua vez a cultura da alface apresentou menor umidade no PMP fisiológico se comparado a câmara de Richards evidenciando que a cultura conseguiu extrair água abaixo do potencial de - 1500 kPa determinado para o PMP;
- No que diz respeito a comparação dos métodos, os teores de umidade no solo foram significativamente menor pelo método fisiológico para as duas culturas indicadoras, porém na cultura da alface o tratamento com UM Cruz Alta e UM Areias não diferiram significativamente entre os métodos, assim como o tratamento UM Areias na cultura do repolho;
- Com base na correlação realizada da umidade com a textura do solo, fica evidente que a textura é o principal fator que afeta na retenção de água nos solos, ou seja, quanto maior o teor de argila de um solo, maior será a capacidade deste solo de reter água, o mesmo ocorre para solos com maior teor de areia, que irão apresentar menor capacidade de retenção, tais resultados só comprovam os resultados encontrados por outros autores.

## REFERÊNCIAS

ABCSEM. **Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudanças**. O mercado de folhosas: números e tendências. 2013. Disponível em: [O Mercado de Folhosas: Números e Tendências](#). Acesso em: 19 jun. 2022.

ARRUDA, F.B. et al. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.11, p.11-15, 1987.

BEUTLER A. N. et al. RETENÇÃO DE ÁGUA EM DOIS TIPOS DE LATOSSOLOS SOB DIFERENTES USOS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Jaboticabal SP, p. 829-824, maio de 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000300029>. Acesso em: 29 jun. 2022.

Briggs, L. J.; Shantz, H. L. The wilting coefficient for different plants and its indirect determination. **Washington DC: Department of Agriculture, Bureau of Plant Industries**, 1912, Bulletin nº 30. Disponível em: <file:///C:/Users/55981/Downloads/2467365.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.

BRZEZINSKI, Cristian Rafael; ABATI, Julia; GELLER, Alexsandro; WERNER, Flavia; ZUCARELI, Claudemir. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, ed. 1, p. 83-89, Jan/Fev 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764010012>. Acesso em: 18 jun. 2022.

CARDUCCI, C. E. **Retenção de água e capacidade de suporte de carga de latossolos da região do Cerrado**. 2010. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/2156>. Acesso em: 09 jul. 2022.

CARVALHO, L. A. DE. **Condutividade hidráulica do solo no campo : as simplificações do método do perfil instantâneo**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2002. 98 p. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-29052003-141211/publico/laercio.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2022.

CARNEIRO IF. 1981. **Competição entre a cultura do repolho (Brassica oleracea var capitata L.) e a cultura da alface (Lactuca sativa L.) em cultivo misto e em diferentes densidades de população**. Piracicaba: USP/ESALQ. 69p. (Dissertação mestrado).

COSTA C. P. SALA F.C (2005) **A evolução da alfacultura brasileira. Horticultura Brasileira**.

COUTO, L.; SANS, L. M. A. Características Físico-Hídricas e Disponibilidade de Água no Solo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 8 p. (**Circular técnica 21**). Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/15588/1/Circ\\_21.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/15588/1/Circ_21.pdf). Acesso em: 20 jun. 2022.

DALMAGO G. A. et al. Retenção de disponibilidade de água às plantas em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 13, p. 855-864, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000700007>. Acesso em: 9 jul.2022.

FELISBERTO, T. da S.; MARINHO, L. B.; DEON, M. D.; ANDRADE, E. de A.; FILHO, J. R. de S. Água disponível no solo no ponto de murcha permanente obtidos por diferentes métodos. **II INOVAGRI International Meeting**, Fortaleza, p. 5078-5083, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114765/1/Magnus-2014.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2022.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, jun. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000200016>. Acesso em: 18 jun. 2022

GRIGOLON, G. B. **Curva de retenção de água no solo determinada a partir de um número mínimo de pares de umidade e tensão na câmara de Richards**. 2013. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-15012013-161745/publico/Gilmar\\_Batista\\_Grigolon\\_versao\\_revisada.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-15012013-161745/publico/Gilmar_Batista_Grigolon_versao_revisada.pdf). Acesso em: 19 jun. 2022.

GUBIANI, Paulo Ivonir; LIER, Quirijn de Jong Van; DRESCHER, Marta Sandra; MEZZOMO, Henrique Caletti; VEIGA, Camila Machado Costa. Relação entre densidade do solo e conteúdo de água em repetidos ciclos de contração e expansão em um latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], p. 100-108, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20150317>. Acesso em: 1 jul. 2022.

KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M. ; MADALOSSO, T. ; MARCOLIN, Clovis Darli. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, ed. 7, p. 1550-1556, Jul 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000110>. Acesso em: 24 jun. 2022.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.857-67, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000400003>. Acesso em: 24 jun. 2022.

KLEIN, V. A.; REICHERT, J.M.; REINERT, D. J. Água disponível em um Latossolo Vermelho argiloso e murcha fisiológica de culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n.3,2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300016>. Acesso em: 24 jun. 2022.

LENHARDT, E.R; CASSOL, S.P.; GABRIEL, V.J. Caracterização dos estádios fenológicos e a exigência de adubação do repolho. In: Simpósio em Agronomia e Tecnologia de Alimentos, 4, 2017, Anais AGROTEC, 2017.

LIBARDI, P. L. **Água no solo**. In: VAN LIER, Q. de J. Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 103-152. Disponível em: [1 retenção da água no solo](#). Acesso em: 20 de jun. 2022.

MAGALHÃES, A. A. de. **Necessidade de Água pelas Plantas**. CPATSA/EMBRAPA. 1978. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175856/1/32398.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2022.

MAIA, F. C. O. **Curva de retenção e capacidade de água disponível em latossolos**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016. 52 p. Monografia. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/16489>. Acesso em: 19 jun. 2022.

Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** - Núcleo Regional Sul. - [s.l.] : Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 376 p., 2016.

MARQUELLI W. A et al. Manejo da irrigação em hortaliças. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças** - 5.ed. , rev. ampl. - Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 72p. ISBN 85-85007-27-3. Disponível em: <file:///C:/Users/55981/Downloads/CNPHMANEJ.DAIRRIG.EMHORTAL.96.pdf> Acesso em: 24 jun. 2022.

MOREIRA, Marialva Alvarenga; VIDIGAL, Sanzio Mollica. Evolução das características da planta associadas à nutrição nitrogenada de repolho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, ed. 2, p. 243-248, mar/abr 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000200017>. Acesso em: 1 jul. 2022.

NOMURA, Mirian; VILARINHO, Muriel Silva; CAVALCANTI, Ubiramar Ribeiro. **Efeito do espaçamento no cultivo do repolho**. Intercursos, Ituiutaba, v. 14, ed. 2, p. 157-168, Jun/Dez 2015. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/intercursosrevistacientifica/article/view/335>. Acesso em: 1 jul. 2022.

PESSOA, Herika Paula; JUNIOR, Ronaldo Machado. **Revista Campo e Negócios, Folhosas**. 4 jan. 2021. Disponível em: [Folhosas : Em destaque no cenário nacional](#). Acesso em: 19 jun. 2022.

PIMENTEL, Carlos, 1955. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: Edur, 2004. 191p. Disponível em: [A Relação da Planta com a Água](#). Acesso em: 9 jul. 2022.

PROCÓPIO, S. O. et al. **Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas**. Planta Daninha, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 35-41, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000100005>. Acesso em: 20 jun. 2022.

RODRIGUES da Silva, C.A. **Efeito do cultivo consorciado na produtividade do Repolho, viabilidade econômica do sistema e manejo de pragas**, 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de pós-graduação em agronomia da Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SANTOS, A.P.R dos. **Características agronômicas e qualidade da alface (*Lactuca sativa* L.) sob fertilização orgânica e mineral**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016, 114 p. Tese de Doutorado. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/34372/1/2016\\_AннаPaulaRodriguesdosSantos.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/34372/1/2016_AннаPaulaRodriguesdosSantos.pdf). Acesso em: 26 jun. 2022.

SANTOS, Carlos Allan Pereira dos. **Produção de Alface crespa e umidade do solo em função de diferentes fontes de matéria orgânica e cobertura do solo**. 2011. 52 p. Dissertação (Pós- graduação em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6630/1/CARLOS\\_ALLAN\\_PEREIRA\\_SANTOS.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6630/1/CARLOS_ALLAN_PEREIRA_SANTOS.pdf). Acesso em: 1 jul. 2022.

SILVA, A. M. da. **Banco de dados de curvas de retenção de água de solos brasileiros**. 2005. 125 p. Dissertação (Mestrado) Universidade de São paulo, São Carlos - SP. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-27012006-043239/publico/SilvaAM2005.pdf>. Acesso em: 22 jun 2022.

SILVA, E. M. da et al. Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 323–330, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000200018>. Acesso em: 22 jun 2022.

SILVA, Jucielton Hítalo da; CARARO, Denis Cesar. Ponto de murcha permanente do feijoeiro comum em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em Rondônia. **II Reunião de Ciência do Solo da Amazônia Ocidental**, p. 75-79, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/124038/1/denis-75-79.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2022.

SOUZA, Philipe Guilherme Corcino - 1991 **Obtenção da curva de retenção de água em latossolo empregando dados de mini-infiltrômetro e técnicas de modelagem** 2015. 102 p. : il. Disponível em: [https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/PhilipeVersaoFinal\(1\).pdf](https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/PhilipeVersaoFinal(1).pdf). Acesso em: 9 jul. 2022.

VICENTE, B. **Sistema Plantio direto de repolho sob diferentes plantas de cobertura**. Cerro Largo: Faculdade Federal da Fronteira Sul (UFFS), 2022. Monografia.

VIEIRA, M. L. **Propriedades físico-hídrico-mecânicas do solo e rendimento de milho submetido a diferentes sistemas de manejo**. 2006. 115 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

VIGGIANO, J. **Produção de sementes de alface**. In: CASTELLANE, P. D. (Ed.). **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990. p.1-15.