

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM VACARIA  
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**JULIANA OLIVEIRA DOS SANTOS**

**RESPOSTA DE RENDIMENTO DA CULTURA DO MILHO FRENTE A  
CORREÇÃO DO SOLO EM PROFUNDIDADE**

**VACARIA  
2022**

**JULIANA OLIVEIRA DOS SANTOS**

**RESPOSTA DE RENDIMENTO DA CULTURA DO MILHO FRENTE A  
CORREÇÃO DO SOLO EM PROFUNDIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para  
a obtenção do título de Bacharel em  
Agronomia da Universidade Estadual do  
Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. MSc. Vanderlei Nestor  
Koefender

**VACARIA**

**2022**

Catálogo de publicação na fonte (CIP)

S237r	Santos, Juliana Oliveira dos
	Resposta de rendimento da cultura do milho frente a correção do solo em profundidade/ Juliana Oliveira dos Santos. – Vacaria, 2022.
	34 f.
	Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Agronomia (Bacharelado), Unidade em Vacaria, 2022.
	Orientador: Prof. Msc. Vanderlei Nestor Koefender
	1. Calcário em profundidade. 2. Milho. 3. Produtividade. 4. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação. I. Koefender, Vanderlei Nestor. II. Curso de Agronomia (Bacharelado), Unidade em Vacaria, 2022. III. Título.

**JULIANA OLIVEIRA DOS SANTOS**

**RESPOSTA DE RENDIMENTO DA CULTURA DO MILHO FRENTE A  
CORREÇÃO DO SOLO EM PROFUNDIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para  
a obtenção do título de Bacharel em  
Agronomia da Universidade Estadual do  
Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. MSc. Vanderlei Nestor  
Koefender

Aprovada em: 07/12/2022

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. MSc. Vanderlei Nestor Koefender

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul –  
IFRS

*F. Fonseca*

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fabiana Lazzerini da Fonseca  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

*Luidi Eric Guimarães Antunes*

---

Prof. Dr. Luidi Eric Guimarães Antunes

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a Deus, pela minha saúde e força para superar as dificuldades que enfrentei para chegar até aqui.

Agradeço pela minha filha que sempre teve ao meu lado e ao meu ex-marido, que sempre foram meu suporte para continuar.

Agradeço aos meus pais e meus irmãos por sempre acreditarem em mim.

Agradeço aos professores por me darem todo o suporte e em especial meu orientador.

## RESUMO

O Brasil é um grande produtor de milho, mas para o desenvolvimento desta cultura é preciso a observância de aspectos que interferem na fertilidade do solo, principalmente a acidez, sendo fator limitante para o sucesso produtivo. Assim, para a obtenção de melhores índices de produção torna-se essencial atenuar e/ou eliminar os efeitos negativos da acidez do solo, usando a calagem a fim de aumentar a produtividade dessa cultura. Este estudo objetivou avaliar a resposta de rendimento da cultura do milho à correção da acidez do solo em profundidade. O experimento foi realizado em área do município de Esmeralda, em um Latossolo Bruno Aluminoférrico em uma área sob sistema de plantio direto (SPD). Utilizou-se calcário dolomítico Filler e foram avaliados os componentes da produtividade da cultura do milho em resposta ao calcário aplicado em profundidade. Os tratamentos foram compostos por seis diferentes doses de calcário (0kg/ha; 500kg/ha; 900kg/ha; 1.400kg/ha; 1.850kg/ha e 2.000kg/ha), sendo aplicadas com o uso de escarificação para incorporação.

**Palavras-chave:** Calcário em profundidade. Milho. Produtividade.

## ABSTRACT

Brazil is a major corn producer, but for the development of this crop it is necessary to observe aspects that interfere with soil fertility, mainly acidity, which is a limiting factor for productive success. Thus, in order to obtain better production rates, it is essential to mitigate and/or eliminate the negative effects of soil acidity, using liming in order to increase the productivity of this crop. This study aimed to evaluate the response of corn crop yield to soil acidity correction in depth. The experiment was carried out in an area of the municipality of Esmeralda, in a Bruno Aluminoferric Latosol in an area under a no-till system (NTS). Filler dolomitic limestone was used and the components of corn yield were evaluated in response to lime applied in depth. The treatments consisted of six different doses of limestone (0kg/ha; 500kg/ha; 900kg/ha; 1,400kg/ha; 1,850kg/ha and 2,000kg/ha), with the incorporation being carried out by scarifier. The application of limestone in depth under experimental conditions and in this area did not demonstrate a positive effect on the evaluated parameters.

**Keywords:** Limestone in depth, Corn, Productivity.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2 MILHO: HISTÓRICO E CULTIVO.....</b>	<b>10</b>
2.1 O MILHO NO BRASIL .....	14
2.2 O MILHO NO RIO GRANDE DO SUL .....	15
2.3 O MILHO NA REGIÃO DE VACARIA .....	16
2.4 A CALAGEM NA CULTURA DO MILHO.....	16
2.5 A CORREÇÃO DE ACIDEZ E PH DO SOLO .....	18
2.6 APLICAÇÃO DE CALAGEM EM PROFUNDIDADE .....	20
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>30</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie que pertence à família das Poaceae. Devido ao seu potencial produtivo, valor nutritivo e composição química é um dos cereais mais cultivados e produzidos no mundo. O consumo do grão cresce proporcionalmente ao aumento do consumo *per capita* de proteína animal, sendo um dos ingredientes mais utilizados na produção de ração. O Brasil com o uso das tecnologias e a demanda por grãos, pelas indústrias de rações, vem tendo uma reestruturação na cadeia produtiva da cultura (EMBRAPA, 2018).

No Rio Grande do Sul o milho apresenta uma importância significativa em relação ao cultivo do grão, com áreas destinadas a produção de grãos e para silagem. Destaca-se também na alimentação humana, além da produção de combustível (etanol) e como componente da cadeia produtiva das aves, suínos, leite e, em menor proporção na pecuária de corte (EMBRAPA, 2018).

Segundo Mundstock (2005), no Rio Grande Sul os rendimentos de grãos de milho evoluíram continuamente, especialmente desde a metade do século passado. Os principais fatores que contribuíram para isso, foram a adoção de cultivares com maior potencial de rendimento, o maior uso de fertilizantes e defensivos, o uso de máquinas agrícolas mais eficientes e a adoção do sistema de plantio direto (SPD) na palha com rotação de culturas. Atualmente, o estado é o sexto maior produtor de milho em grão do Brasil, sendo o estado do Mato Grosso o maior produtor.

Grande parte dos baixos rendimentos na cultura, se deve a reduzida extração de nutrientes por parte da planta, em parte relacionada a acidez do solo que limita a produção agrícola em consideráveis áreas no mundo, em decorrência da toxidez causada por Al e Mn e a baixa saturação por bases (COLEMAN; THOMAS, 1967).

A calagem é a prática mais eficiente para eliminar a acidez pela elevação do pH, dos teores de Ca, da saturação por bases e da redução de Al e Mn trocáveis no solo em solos ácidos. São utilizados nesta prática os calcários calcíticos, com teor de  $MgCO_3$  inferior a 10%; os magnesianos, com teor mediano de  $MgCO_3$  entre 10% e 25%; e os dolomíticos, com teor de  $MgCO_3$  acima de 25%. (AGROLINK, 2021).

Com os benefícios da calagem, a planta de milho tem aumento na disponibilidade de nutrientes pelo solo, refletindo diretamente na sua produtividade. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de rendimento da cultura do milho à correção do solo por meio da calagem em profundidade de 30 cm.

## 2 MILHO: HISTÓRICO E CULTIVO

Em Aprosoja (2017) resume-se a história do milho em cinco itens: O milho participa da alimentação dos indivíduos no mínimo a 7.300 anos, sendo que os primeiros registros foram feitos em ilhas próximas ao litoral mexicano, espalhando-se por todo o país de forma ávida. No México, o grão tomou conta da América Central onde o clima é propício para seu cultivo, como no Panamá. Na América do Sul, em especial no Peru, grãos de milho foram encontrados há 4 mil anos, revelando que há cerca de 40 séculos, pelo menos, já se cultivava o alimento por essa região do continente. Durante a colonização do continente americano e as grandes navegações que ocorreram durante o século XVI, o milho se expandiu para outras partes do mundo, se tornando um dos primeiros itens na alimentação mundial. Com a chegada de Colombo ao continente americano, o milho embarcou em direção a Europa e se consolidou como fonte alimentar das populações mais humildes.

O milho em função de seu potencial produtivo, composição química, valor nutritivo, e várias aplicações (alimentação humana e animal), assume relevante papel socioeconômico, sendo um dos cereais mais importantes cultivados e consumidos no mundo (FANCELLI; NETO, 2000).

Esta planta que tem polinização cruzada classificado como alógama, possui órgãos masculinos e femininos em inflorescências diferentes. Os órgãos masculinos agrupam-se na panícula (bandeira), situadas no topo do colmo que contém unicamente os estames envolvidos nas glumas e os órgãos femininos situam-se nas espigas axilares. precisando ter no seu ciclo vegetativo calor e umidade para um bom desempenho e produtividade. Ressalta-se que os órgãos masculinos aparecem antes dos femininos o que torna esta espécie protândrica (BARROS; CALADO, 2014).

É uma planta que possui altura média entre 1,70 e 2,50 m, no florescimento e que pode ser cultivada desde o nível do mar até 3.600m de altitude em temperatura média entre 12,8°C a 30°C (LORENÇONE *et al*, 2018).

É uma espécie anual, estival, cespitosa, ereta, com baixo afilamento, monóico-monoclina, classificada no grupo das plantas C-4, com ampla adaptação a diferentes condições de ambiente. As espiguetas masculinas são reunidas em espigas verticiladas terminais. O grão do milho é um fruto,

denominado cariopse, em que o pericarpo está fundido com o tegumento da semente propriamente dito. As espiguetas femininas se soldam num eixo comum em que várias ráquis estão reunidas (sabugo) protegidas por brácteas (espiga de milho). A flor feminina apresenta um único estigma (barba-do-milho). (NUNES, 2015).

O milho é uma cultura de origem tropical que tem boa adaptação a diversos climas, porém o atendimento as suas exigências climáticas, proporciona aumento no seu rendimento agrícola (FANCELLI; DOURADO, 2004).

Tem como necessidade hídrica 500 a 800 mm de lâmina d'água que devem ser bem distribuídos desde a semeadura até a maturação fisiológica do grão. Por isso, a escolha da área de cultivo exige uma boa drenagem do solo, e que este, possua mais de 15% de argila.

O enraizamento profundo é fundamental para o desenvolvimento da cultura, pois, o sistema radicular irá absorver água e nutrientes do subsolo sem que haja algum tipo de impedimento. No entanto, a acidez no solo é uma barreira química que afeta o desenvolvimento radicular da planta, pelo excesso de alumínio e por falta de cálcio. Se o sistema radicular da planta atingir uma boa profundidade, sua taxa de crescimento e longevidade são fatores determinantes na sua produtividade (NUNES, 2015).

A melhoria da qualidade do solo, é um fator importante para ter aumento de produtividade na cultura do milho. Entre os componentes racionais do solo que afetam a produtividade da cultura, está o manejo da adubação e o histórico da área (adubações e culturas anteriores. A calagem recomendada é variável para as diversas culturas, sendo mais elevada para culturas menos tolerantes à acidez como é caso do milho. Usualmente o cálculo da necessidade de calagem de um solo para as culturas é realizado com a fórmula:  $NC = (V2 - V1) CTC / 1.000$ , sendo: NC = necessidade de calagem ( $t \cdot ha^{-1}$  de calcário, para a camada de solo de 0–20 cm de profundidade); CTC = capacidade de troca de cátions do solo ( $mmolc \cdot dm^{-3}$ ), V1 = saturação por bases do solo inicial, V2 = meta de saturação por bases a ser atingida pela calagem. A saturação por bases indica o quanto da CTC está ocupada pelos cátions básicos ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Na^+$ ) (INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS, 2011).

A cultura do milho além da exigência em pH, é exigente no fornecimento de nutrientes pela adubação, principalmente N, P e K, para atingir elevadas

produtividades. No quadro 1 mostra as exigências nutricionais da cultura do milho.

Quadro 1 - Necessidade de nutrientes na cultura do milho

Tipo de exportação	Produtividade t ha <sup>-1</sup>	Nutrientes extraídos (Kg ha <sup>-1</sup> )				
		N	P	K	Ca	Mg
<b>Grãos</b>	3,65	77	9	83	10	10
	5,8	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
<b>Silagem</b> (Matéria seca)	11,6	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

Fonte: Winnikes (2020)

Ao observar que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumentam com o aumento da produtividade. Portanto para obter altas produtividades há a necessidade de fornecimento de maior quantidade desses nutrientes. Quando ocorre a ausência do fornecimento desses nutrientes, a cultura do milho apresenta sintomas de deficiência, apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Sintomas da deficiência de nutrientes na cultura do milho

<b>Nutriente</b>	<b>Sintoma de deficiência</b>	<b>Importância nutricional</b>
<b>Nitrogênio</b>	-Amarelecimento das folhas (formato de “V” invertido) – Morte prematura de folhas e/ou plantas – Espigas pequenas -Grãos leves -Colmos finos - Tombamento de plantas	– Está associado ao crescimento vegetativo das plantas – Participa ativamente da fotossíntese – Participa da síntese de proteínas – Aumenta peso (densidade de grãos) – Aumenta porcentagem de óleo.
<b>Fósforo</b>	– Coloração púrpura ou arroxeadas das folhas novas – Colmos frágeis e delgados – Espigas pequenas e retorcidas (tortas) nas extremidades	– Estimula o desenvolvimento das raízes – Aumenta o teor de proteínas nos grãos – Atua na fotossíntese e respiração – Participa no processo de transferência de energia e no enchimento de grãos.
<b>Potássio</b>	– Margens das folhas inferiores (velhas) amareladas, alaranjadas ou bronzeada – Manchas marrons no interior do colmo – Espigas com extremidades sem grãos e com sabugo afilado (pontigudo)	– É responsável pelo uso eficiente da água (regula abertura e fechamento de estômatos) – Aumenta a resistência das plantas ao acamamento – Aumenta a tolerância à pragas e doenças
<b>Cálcio</b>	– Clorose nas folhas novas – Redução do crescimento radicular – Morte das extremidades das raízes – Falhas de granação (afeta a fecundação)	– É essencial para o crescimento e aprofundamento das raízes – Vital para a germinação do grão de pólen – Faz parte da parede celular dos tecidos vegetais
<b>Magnésio</b>	– Folhas inferiores (velhas) com listras esbranquiçadas (clorose) paralelas às nervuras – Crescimento reduzido da planta	– É essencial para a fotossíntese – É componente da clorofila (pigmento participante ativo do processo fotossintético) – Auxilia na absorção de fósforo
<b>Enxofre</b>	– Amarelecimento das folhas novas – Crescimento reduzido da planta	– Participa na composição das proteínas – Auxilia na síntese de enzimas e vitaminas – Participa na formação dos grãos
<b>Boro</b>	– Folhas avermelhadas no final do ciclo – Espigas pequenas e falhas na granação – Extremidade das espigas com aspecto de cortiça	– Atua no processo de divisão celular – Auxilia no transporte de carboidratos – Participa na formação dos grãos Importante para a germinação das sementes
<b>Zinco</b>	– Folhas com coloração esbranquiçada próxima à região do “cartucho” – Crescimento reduzido da planta – Encurtamento dos internódios	– Participa no crescimento das plantas – É ativador de inúmeras enzimas – Participa na formação dos grãos
<b>Manganês</b>	– Clorose internerval nas folhas novas (sintomas semelhantes à deficiência de magnésio) – Colmos finos – Menor crescimento das plantas	– Atua no sistema enzimático – Têm ação relevante na fotossíntese – Acelera a germinação da semente – Favorece a maturação das plantas

Fonte: Winnikes (2020)

As fases críticas do ciclo do milho são o florescimento e o enchimento de grãos visto a exigência hídrica. Os fatores climáticos também devem ser levados em consideração para a escolha do melhor híbrido a ser utilizado. É necessário

também atentar-se para o surgimento de patógenos ou pragas, os quais podem ocorrer tanto no período de colheita, quanto na pós-colheita (GALVÃO *et al*, 2014).

Também é possível citar a importância da correção do solo que deve ser realizada a partir da interpretação de resultados na análise para determinar a quantidade necessária de corretivos. O produto mais utilizado é o calcário, e, recomenda-se a sua aplicação quando o pH do solo e for menor que 5,5 devendo ser realizada com antecedência mínima de três meses da semeadura. A distribuição do calcário deve ser feita com maquinário apropriado, que o distribua o produto de forma uniforme, seguida de uma incorporação, com aração ou gradagem pesada, até 20 a 25 cm de profundidade (AGRAER, 2020).

## 2.1 O MILHO NO BRASIL

Na agricultura brasileira o milho é o cereal mais cultivado, visto suas diversas aplicabilidades, sendo utilizado tanto na alimentação humana, como na ração animal, biocombustíveis, indústria e fabricação de embalagens biodegradáveis (ORRILLO, 2016).

Na safra 2019/2020, o Brasil ocupou posição de destaque na produção mundial, com 100 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Havendo um crescimento de 2,3% em relação à safra anterior (CONAB, 2020).

Por ser uma das principais espécies cultivadas no Brasil, apresenta alta importância em área de plantio, com área de semeadura estimada em 39,91 milhões de hectares para a safra 2021/2022. Para o milho, a Conab prevê uma produção total de 125,8 milhões de toneladas na safra 2022/23, com aumento esperado de 11,2% comparado à safra anterior. O plantio do milho primeira safra avançou em todas as regiões produtoras do cereal. “No Rio Grande do Sul, a diminuição e irregularidades de chuvas em novembro, aliadas a altas temperaturas, provocaram sintomas de déficit hídrico nas plantas”, esclarece a superintendente de Informações da Agropecuária, Candice Santos. “O clima afetou principalmente as áreas que se encontram no estágio reprodutivo. Diante disso, a Conab mantém o monitoramento das lavouras para avaliar os possíveis

impactos, o que pode intensificar as quedas já registradas no rendimento do milho no estado” (CONAB, 2022).

Após o plantio, o processo de germinação é desencadeado nas primeiras 20 horas pós-semeadura quando começa a absorção de água. Com isto, a água regula o início da multiplicação celular. Esse processo se inicia com temperatura ótima do solo de 25 °C, podendo ocorrer em temperaturas maiores ou menores, influenciando num maior ou menor tempo para a germinação. Isso pode levar de 5 a 8 dias, onde a germinação e o vigor de plântulas, além dos fatores de temperatura e umidade dependem do genótipo (CASTRO; KLUGE, 1999).

A partir dessas características Santos, Fontanelli e Spera (2007) fizeram algumas considerações quanto a profundidade de plantio. No caso da Região Sul quanto mais cedo acontecer a semeadura, menor deverá ser a profundidade indicada. Em semeadura tardia, já com o solo mais aquecido, a tendência é de ocorrência de maiores temperaturas e diminuição da disponibilidade de água, recomendando-se semeaduras mais profundas.

Segundo Fancelli & Neto (2000) para o milho, as exigências em água se concentram na fase de emergência, florescimento e formação de grão. A cultura exige um mínimo de 350 a 500 mm de precipitação, no verão, para que produza a contento, sem a necessidade de adoção da prática de irrigação.

O milho é uma planta de ciclo vegetativo variado, evidenciando genótipos extremamente precoces com polinização de até 30 dias pós-semeadura, até ciclos vitais de 300 dias, períodos compreendidos entre semeadura e colheita (FANCELLI; NETO, 2000).

## 2.2 O MILHO NO RIO GRANDE DO SUL

A Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural, Emater/RS – Ascar estima o aumento da área cultivada e da produção do milho em relação à safra de 2021. A área cultivada de 831.786 hectares. A produtividade para 2022/2023 estimada é de 6.102.815 ton/ha, (RIO GRANDE DO SUL, 2022). A semeadura da cultura do milho no Rio Grande do Sul ocorre a partir do mês de setembro, estendendo-se até dezembro em algumas regiões.



### 2.3 O MILHO NA REGIÃO DE VACARIA

Segundo Severo (1999), em regiões mais frias como a de Vacaria em que a semeadura é realizada nos meses de agosto a outubro, as áreas de cultivo de milho podem apresentar um decréscimo na população final de plantas, que pode estar relacionado com fungos de solo ou da semente. Os fungos associados a semente normalmente são das espécies *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* e *Sternocarpella*. Os fungos do solo com maior ocorrência pertencem aos gêneros *Fusarium*, *Penicillium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* e *Trichoderma*.

No mês de setembro segundo o zoneamento de riscos climáticos para o Estado do Rio Grande do Sul (2019/2021), não é indicada a semeadura desta cultura na região de Vacaria.

Em relação a produção do milho na região de Vacaria, de acordo com o levantamento do Departamento de Políticas Agrícolas e Desenvolvimento Rural da Secretaria da Agricultura Pecuária e Desenvolvimento Rural (SEAPDR) na safra de 2020, ocupou o quarto lugar dentre os municípios gaúchos produtores deste grão (SEAPDR, 2020).

### 2.4 A CALAGEM NA CULTURA DO MILHO

O termo calagem significa adicionar ao solo qualquer composto que contenha cálcio ou magnésio com a finalidade de reduzir a acidez. Sendo as substâncias mais importantes os carbonatos e os óxidos e hidróxidos de cálcio e magnésio. Destaca-se que os sulfatos e cloretos de cálcio e magnésio não corrigem a acidez. O calcário utilizado na agricultura é produzido a partir de rochas calcárias extraídas de minas e submetidas a um processo físico de moagem (COSTA; SILVA, 2019).

A calagem é uma prática agrícola que neutraliza a acidez do solo, corrigindo a camada superficial e evitando a acidificação do subsolo através da elevação do pH, além de fornecer Ca e Mg como nutrientes, diminuindo os efeitos tóxicos do Al, Mn e Fe (INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS, 2011).

Recomenda-se que a calagem seja realizada alguns meses antes do plantio para que os constituintes ativos do calcário possam ter tempo de reagir e corrigir a acidez do solo e as plantas possam ter acesso aos nutrientes existentes no

solo. A resposta obtida a partir da calagem depende de fatores relacionados a planta, ao solo e ao corretivo utilizado (COSTA; SILVA, 2019).

Para se constatar a necessidade de calagem são utilizados dois métodos, sendo estes: o método baseado na eliminação do alumínio trocável pela elevação do pH dos solos e consequente elevação dos teores do cálcio e do magnésio e o método de saturação por bases (PITTA, 2008).

A calagem em profundidade permite a diminuição da toxidez por Al com o aumento do volume do solo explorado pelas raízes, graças a maior disponibilidade de água e nutrientes (INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS, 2011). Kaminski *et al* (2005), em sistema de plantio direto (SPD), avaliou a capacidade da calagem em superfície e em profundidade. Após sete anos a aplicação de calcário, foram abertas trincheiras e coletas amostras de solo em diferentes camadas de 1 até 10 cm de profundidade; de 2,5 até 25 cm e de 5 até 40 cm. Os resultados obtidos mostraram que a calagem se manteve eficiente por um período superior a 7 anos de sua aplicação em SPD, havendo neutralização da acidez.

Chapla *et al* (2017) testando o efeito da aplicação superficial de alta dose de calcário nos atributos químicos do solo e nos componentes de produção do milho, observaram que a aplicação superficial de calcário calcítico e dolomítico promoveu correção da acidez e elevou os valores de cálcio e magnésio. Observou também efeito do calcário calcítico nas três camadas avaliadas, enquanto o dolomítico apresentou efeito apenas nas duas primeiras camadas avaliadas. A aplicação dos dois tipos de calcários não promoveu ganhos na altura de plantas e massa de grãos de milho. A aplicação das doses do calcário dolomítico reduziu o número de grãos por espiga de milho.

Micheri *et al* (2016) em seus trabalhos constatou com a calagem, a melhora da fertilidade do solo pelo fornecimento de cálcio e magnésio, melhora no pH e da disponibilidade de nutrientes, o que proporcionou aumento de produtividade da cultura do milho.

É pertinente evidenciar que apesar dos cultivares de milho apresentarem melhoramento genético, tornando-os mais tolerantes a acidez do solo, isto não elimina a necessidade da utilização da calagem (PITTA, 2008).

A calagem favorece o desenvolvimento da macrofauna e mesofauna dos solos, dentre estas as fixadoras de nitrogênio que atuam em simbiose com as plantas cultivadas (TELOEKEN, 2018).

Conforme Rodrighero, Barth e Caires (2015) o calcário é um dos elementos de acidez mais utilizados na agricultura, produto encontrado na natureza, acessível, abundante, bem distribuído geograficamente, com baixa solubilidade em água, com desempenho ligado a superfície de contato e umidade do solo.

Sendo assim, destaca-se que a correção do solo é importante para grandes produtividades de milho, uma vez que os solos brasileiros em sua maioria apresentam característica ácida e a utilização da calagem é importante ferramenta para a alteração do pH e neutralização de substâncias nocivas. Desta forma, o agricultor poderá obter bons resultados. No entanto, é preciso a análise assertiva realizada por um profissional habilitado para que se possa a partir da análise do solo fazer a escolha do corretivo que mais se adequa e da quantidade necessária.

## 2.5 A CORREÇÃO DE ACIDEZ E PH DO SOLO

A acidez do solo é representada pelas fases sólida e líquida. Está relacionada a acidez do solo a disponibilidade dos nutrientes cálcio e magnésio micronutrientes. Solo ácido é caracterizado pelos cátions hidrogênio e alumínio, dependentes de pH, sendo que acidez no solo afeta a disponibilidade de nutrientes para as plantas, e pode se dar naturalmente por falta de bases trocáveis no solo, também pelos processos de intemperização ou por exploração agrícola, pela lixiviação de nutrientes do solo, aumento de matéria orgânica, manejo da fertilidade do solo.

A concentração de íons no solo é representada pelo valor do pH, e com esse valor pode saber qual é a disponibilidade de nutrientes nas plantas. A acidez ativa é a concentração de  $H^+$  livre na solução do solo, que é liberada pelas substâncias da acidez potencial, que se mede pelo valor do pH. O Alumínio é um componente de destaque na acidez do solo, que prejudica o desenvolvimento da cultura (prejudicando o crescimento das raízes). A correção da acidez do solo em profundidade com a aplicação de calcário, varia das características do solo,

como pH baixo, textura do solo, condições climáticas, matéria orgânica, calcário com granulometria fina, cultivares e aspectos econômicos.

A acidez do solo é fator que pode interferir diretamente na produtividade das diversas culturas. A limitação devido à alta taxa de acidez no solo pode ser explicada em decorrência dos efeitos tóxicos do  $Al^{3+}$  e Mn e pela baixa concentração de cálcio e magnésio (OLIVEIRA, 2013). A acidez no solo interfere de forma significativa na formação das raízes das plantas.

O solo é considerado ácido quando possui grande quantidade de íons de hidrogênio, pouco cálcio, magnésio e potássio, e alto nível de alumínio e manganês. Os íons de hidrogênio ficam em solução no solo ou preso às partículas de argila (SOUSA, 2006).

A acidez do solo pode ser dividida em acidez ativa e acidez potencial, sendo que a acidez potencial pode ser considerada em trocável e não trocável. A acidez ativa parte do hidrogênio que está no solo, está em  $H^+$  e é expresso nos valores de pH. Ao referir-se a acidez trocável se refere aos íons de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  são retirados da superfície dos colóides por força eletrostática. Em condições normais a quantidade de acidez trocável é pequena. Na acidez não trocável o hidrogênio realiza ligações colaventes associadas a colóides de carga negativa variável aos compostos de alumínio (SOUSA, 2006).

Sobre a acidez potencial é resultado da soma da acidez trocável e não trocável, o pH varia de 0 a 14. Os solos brasileiros em sua maioria apresentam 4,0 a 7,5, os solos com pH inferiores a 7 são considerados ácidos, já os com valores acima de 7 são alcalinos (SOUSA, 2006). Destaca-se que após a aplicação do calcário inicia-se a neutralização da acidez a partir da dissolução do carbonato do cálcio. As hidroxilas geradas a partir da reação com o hidrogênio resultam em água e o bicarbonato reage com este hidrogênio resultando em gás carbônico. O pH desta solução permite que a neutralização da acidez ocorra de forma gradual e com o aumento do pH o alumínio presente no solo é diminuído (VAN RAIJ, 2011).

O calcário, corretivo que é aplicado no solo, fornece os íons  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  as plantas e o bicarbonato  $HCO_3^-$ , o qual reage com a água, formando íons hidroxila,  $OH^-$ , água e dióxido de carbono  $CO_2$ . As recomendações de calagem objetivam corrigir a acidez do solo e tornar insolúvel o alumínio, o que, aliadas a outras práticas de manejo da fertilidade, têm a função de elevar a capacidade produtiva

dos solos. As quantidades de corretivos da acidez do solo são determinadas por diferentes metodologias e visam o retorno econômico das culturas a médio prazo (4 a 5 anos). Como a calagem é uma prática que envolve sistemas de rotação e sucessão de culturas, na sua recomendação, deve-se priorizar a cultura mais sensível à acidez do solo. Entre as espécies cultivadas, o milho é classificado como sendo de tolerância mediana as condições de acidez e toxidez de alumínio. Solos com saturação de alumínio da CTC efetiva (valor m) maior do que 20%, causam limitações no rendimento do milho. Entretanto, deve-se acrescentar que isto é dependente da ocorrência de déficit hídrico, teores de matéria orgânica e fósforo no solo e híbrido de milho.

Desta forma, é importante a calagem para haver um melhor enraizamento, e por consequência melhor absorção de água e demais nutrientes pela cultura. Diante disto, a prática de calagem se faz comum para corrigir as taxas de acidez no solo. A calagem tem como principal objetivo elevar o pH do solo e com isso neutralizar os efeitos tóxicos do alumínio e manganês no solo. Esta prática é considerada como a que há mais retorno econômico em relação à produtividade (ZAMBIASI JÚNIOR, 2016).

A calagem tem como princípio a troca iônica, com a capacidade que o solo apresenta quando está na presença de um sal por meio da reação e troca de cátions (ZAMBIASI JÚNIOR, 2016).

## 2.6 APLICAÇÃO DE CALAGEM EM PROFUNDIDADE

O sistema de plantio direto, é uma forma de manejo conservacionista o qual envolve técnicas integradas, que objetivam a otimização da expressão do potencial genético de produção das culturas, é um procedimento que contribui para a segurança alimentar e a implementação de benefícios ambientais. As vantagens da adoção desta técnica são a redução no uso de insumos químicos, e o controle dos processos erosivos. O SPD contribui para que a camada fértil do solo não seja levada pelas erosões e armazene mais nutrientes, fertilizantes e corretivos (MAPA, 2017).

Ressalta-se que o solo ainda apresenta limitações ao estabelecimento e desenvolvimento dos sistemas de produção, de grande parte das culturas, em decorrência dos efeitos da acidez, a qual pode estar relacionada a presença de

alumínio, manganês em concentrações tóxicas e baixos teores de cálcio e magnésio. Essa acidez pode alterar quimicamente a fertilidade do solo, restringindo o crescimento das plantas, na camada mais explorada pelas raízes, nos 20 cm superficiais do solo e, também, em maior profundidade, reduzindo o crescimento radicular, limitando a absorção de água e nutrientes, comprometendo a produtividade.

Desta forma, é necessário atenuar ou eliminar os efeitos negativos, da acidez e fornecer nutrientes para que haja a obtenção de maiores e melhores produções agrícolas. Pode-se dizer que a calagem superficial realizada com quantidades muito altas de calcário, aliada a baixa produção anual de palha é fator que contribui para que haja um desequilíbrio nutricional, e, provoca reflexos na interação entre o sistema solo-água-planta (ALTMANN, 2012).

Um solo fértil exige acúmulo de nutrientes, melhora na fertilidade, e influencia a rotação de culturas. Por isso, o SPD passa a considerar todo o sistema e não as culturas de uma forma individual. Ao remeter-se a acidez superficial, (0 a 20 cm) e a subsuperficial (20 a 60 cm) devem estar corrigidas para que haja a possibilidade de um desenvolvimento radicular e o aumento da absorção de nutrientes e água pela cultura, muitas vezes isto se torna fator limitante em SPD, pois o calcário é aplicado na superfície do solo em uma dose mais alta, sem haver uma incorporação posterior (SILVA *et al*, 2009).

Visando contribuir com a importância da aplicação de calcário na superfície, incorporando-o a camada arável, os estudos de Caires *et al* (1995) a partir de um experimento nas culturas de milho e soja, analisando o emprego de três doses de calcário para elevar a saturação constataram que a calagem realizada na superfície exerceu efeito sobre o pH, Al, Ca e Mg na camada superficial (0-10 cm) e também nas camadas mais profundas (20-40 cm) ressaltando assim que em SPD, existem canais formados por raízes mortas, que são mantidos intactos, devido a ausência de preparo do solo, propiciando condições para a movimentação física do calcário em profundidade, fato também evidenciado por Amaral *et al* (2001).

Estudos de Barbosa Filho *et al* (2005) evidenciaram que a ação corretiva da acidez pela calagem, é mais acentuada na camada de 0 a 10 cm de profundidade independente se incorporado ou não ao solo.

Ao remeter-se ao milho, esta é uma cultura responsiva a aplicação de corretivos, e trabalhos de Caires *et al* (1995), Micheri *et al* (2016), ressaltam que esta melhora a nutrição da cultura, refletindo diretamente nos componentes da produção e conseqüentemente em maiores produtividades de grãos.

### 3 METODOLOGIA

O experimento foi realizado de setembro de 2019 a março de 2020, em área pertencente a Fazenda Estrela, município de Esmeralda/RS, localizada aproximadamente à 60 km do município de Vacaria-RS, nas coordenadas 28° 8' 18.91 "S e 51°2'3.70"O, a 949m de altitude.

Segundo Köppen-Geiger, o clima da região é classificado como temperado úmido (Cfb), com temperatura média mensal que varia de 11,4°C a 20,6°C e pluviosidade média anual de aproximadamente 1800 mm, bem distribuída ao longo do ano. O solo local é classificado por Streck (2008) como Latossolo Bruno Aluminoférrico típico.

A área experimental já foi cultivada em Sistema de Plantio Direto (SPD), com o cultivo de soja/milho no verão e cobertura com aveia preta no inverno. A área experimental foi dessecada com 1,8 Lt de Finale®, 20 dias antes da aplicação do calcário. Os parâmetros para recomendação de correção do solo e adubação foram obtidos a partir de análise de solo conforme critérios da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. O milho utilizado foi o Híbrido Simples AG 9025, semeado em outubro de 2019, com uma densidade de 3,6 plantas por metro linear (população de 72.000 plantas/ha), com uma semeadora adubadora com distribuição de sementes pneumática, modelo Princesa Top (Figura 1) com 16 linhas com espaçamento de 50 cm entre estas, com taxa variável de adubo equipada com GPS Topper 5.500.

Figura 1 – Trator New Holland e plantadeira princesa



Fonte: Autora (2022)



Os tratamentos utilizados foram com Calcário Filler dolomítico com PRNT com maior concentração de óxido de cálcio e magnésio, que apresenta uma granulometria de 0,30 mm de 100% com os seguintes tratamentos: Tratamento 1: 900Kg/ha + escarificada; Tratamento 2: 1400 Kg/ ha + escarificada; Tratamento 3 1850 Kg/ha + escarificada; Tratamento 4: 2000 Kg/ ha+ escarificada; Tratamento 5: somente escarificada; Tratamento 6: 500Kg/ ha + escarificada e Testemunha. Foi avaliada a resposta da cultura do milho ao calcário aplicado em profundidade de 30 cm utilizando a bota da máquina Fertillus 1100 (Figura 2).

Figura 2 – A - Bota da máquina Fertillus 1100; B - Calcário Filler e C - Calcário na profundidade de 30 cm



Fonte: Autora (2022)

A aplicação do corretivo foi feita 45 dias antes da semeadura, com uso de um subsolador Fertillus FST 1100 para incorporação do mesmo, a qual possui funções de corte de palha, descompactação do solo e incorporação de fertilizantes e de corretivos em sistema de plantio direto (Figura 3).

Figura 3 – Sbsolador Máquina Fertillus 1100



Fonte: Autora (2022)

A incorporação de fertilizantes e corretivos foi com o mínimo revolvimento do solo, pois a máquina possui um sistema limitador de profundidade que também promove o nivelamento do solo após a operação. Foi feita a aplicação em oito passadas de sete linhas para cada dose, com espaçamento de 0,50 m entre linhas, e entre cada parcela foram deixados 3,5 metros de espaçamento para a passagem do pulverizador.

O delineamento realizado foi inteiramente casualizados, com 4 repetições. Cada parcela experimental era composta por 208 m<sup>2</sup> (8m x 26m), foi retirada a bordadura e colhida apenas a parcela (Figura 4).

Figura 4 - Parcelas formadas com os tratamentos



Fonte: Autora (2022)

O programa que foi utilizado foi o Agrostat online e o teste estatístico foi o Tukey à 5%. Foram avaliados os seguintes componentes do rendimento do milho: diâmetro de colmos; altura das plantas, número de fileiras/espiga, número de grãos por fileiras e produtividade (t/ha).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do experimento em relação aos parâmetros avaliados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Médias de diâmetro do colmo (cm), altura de planta (cm), número de fileiras de grãos, número de grãos por fileiras e produtividade.

Tratamentos	Doses	Colmo	Altura	Número/ fileiras	Grãos/ fileiras	Kg/ha
T1	900 kg/ha	4,112 a	66,625 d	13,550 a	35,300 a	300,8 a
T2	1400 kg /ha	2,045 a	72,688 cd	15,000 a	37,425 a	276,8 a
T3	1850 kg/ha	1,993 a	74,000 cd	14,000 a	35,725 a	309,0 a
T4	2000 kg/ha	2,185 a	74,813 bc	15,250 a	37,700 a	287,5 a
T5	Só escarificada	2,101 a	82,063 ab	15,250 a	39,175 a	306,3 a
T6	500 kg/ha	2,170 a	85,063 a	14,500 a	38,475 a	293,0 a
T7	Testemunha	1,906 a	78,000 bcd	15,200 a	38,350 a	171,8 b

Fonte: Autora (2022)

O tratamento 1 onde houve a aplicação de calcário, foi o que obteve um maior diâmetro do colmo do milho. Ocorrendo o menor diâmetro no tratamento 3. Porém não houve diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha para este parâmetro.

Na mesma Tabela é possível observar as médias do desenvolvimento da altura da planta. Os dados revelaram que os tratamentos 5 e 6 obtiveram maior desenvolvimento na altura de plantas, porém estes não apresentaram diferença significativa entre si. Os valores obtidos no tratamento 6 ficaram na faixa adequada para o milho que é considerada entre 85 à 90 cm, como uma altura ideal. Tal fato, corrobora com os obtidos por Repke *et al.* (2012), que afirmaram que a estatura e a altura da espiga, são de grande importância, e estão diretamente relacionadas com a tolerância ao acamamento.

Nos demais tratamentos a média variou de 74 à 72 cm, somente no Tratamento 1, as plantas alcançaram 66,6 cm. Ao avaliar o número de fileiras, os dados das médias referentes ao estudo estão explícitos na tabela 1.

Ao observar o número de fileiras por espiga, pode-se dizer que corresponde a um fator que tem influência direta no número de grãos de uma espiga, e os valores obtidos não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Em relação ao número de grãos por fileira (Tabela 1) destaca-se que no tratamento 5, o resultado foi superior, apresentando 39,175, seguido dos tratamentos 6 e testemunha, porém também não houve diferença significativa, em relação aos demais tratamentos.

Os estudos de Oliveira (2013) sobre a produção de grãos por fileira também se assemelharam com os achados deste estudo, uma vez que este em relação aos grãos por fileira não obteve diferença significativa, mas houve produtividade elevada, em todos.

Quanto ao parâmetro de produtividade da cultura do milho (Tabela 1) os dados encontrados revelaram que os tratamentos 3, 5 e 1 apresentaram maior rendimento, seguidos dos tratamentos 6,4 e 2, porém não diferiram significativamente. O único tratamento que apresentou resultado inferior foi a testemunha.

Estudos de Fiorini *et al* (2022) destacam que o calcário além de corrigir a acidez mantém a fertilidade do solo mais equilibrada, sendo que sua associação com o nitrogênio poderá promover melhorias no que corresponde a produtividade. Porém existem possíveis interações entre a aplicação de calcário e a quantidade ideal de nitrogênio.

Fernandes *et al.* (2020) também concluíram que na associação da calagem e da adubação nitrogenada, em sistema de plantio direto, a produtividade pode não ser alterada, visto que, a disponibilidade hídrica também se torna um fator de grande preponderância.

Sendo assim, a baixa produtividade que ocorreu no experimento, foi ocasionado devido a um estresse hídrico ocorrido na época do plantio, podendo-se assim dizer que as condições climáticas não favoreceram para o incremento da produtividade.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Após a realização do estudo foi possível concluir que a aplicação do calcário em profundidade nas condições experimentais e nessa área não demonstrou efeito positivo nos parâmetros avaliados, o que pode ser explicado por ocorrência de forte estiagem no período de realização do experimento, afetando negativamente a produtividade da cultura do milho, que é muito exigente em umidade.

O experimento deveria ser repetido em um ano com precipitação pluviométrica normal para avaliar os parâmetros sugeridos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO E EXTENSÃO RURAL. **Cultura do milho**. Manual de Recomendações Técnicas, 2020. Disponível em: <http://www.agraer.ms.gov.br>. Acesso em 12 out. 2022.

AGROLINK. **Calagem critérios para a recomendação**. 2021. Disponível em: [http://agrolink.com.br/fertilizantes/calagem-e-gessagem/calagem---criterios-para-a-recomendacao\\_454939.html](http://agrolink.com.br/fertilizantes/calagem-e-gessagem/calagem---criterios-para-a-recomendacao_454939.html). Acesso em 27 nov. 2022

ALTMANN, N. **Adubação de sistemas integrados de produção em plantio direto**: resultados práticos no cerrado. Piracicaba, 2012.

AMARAL, A.S. *et al.* Movimentação de partículas de calcário no perfil de um cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.28, 2001.

APROSOJA. **A história do milho**. 2017 Disponível em: <http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/a-historia-do-milho>. Acesso em 17 nov. 2021.

BARBOSA FILHO, M.P. **Atributos de fertilidade do solo e produtividade do feijoeiro e da soja influenciados pela calagem em superfície e incorporada**. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em 02 out. 2022.

BARROS, J.F; CALADO, J.G. **A cultura do milho**. Universidade Évora, 2014.

CAIRES, I.F *et al.* Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, 1995.

CASTRO, P.R; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de culturas anuais**. São Paulo: Nobel, 1999.

CHAPLA, M.E. *et al.* **Calagem Superficial em área de Plantio Direto**. UFMT- Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop- MT, 2017.

COLEMAN, N.T; THOMAS, G.W. **The basic chemistry of soil acidity**. Publishero Madison Visconsini, 1967.

COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Safra brasileira de grãos**. 2021.

COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**, 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Estimativa indica aumento na produção de grãos na safra 2021/22 com previsão de 288,61 milhões de toneladas**. 2020. Disponível em: <http://conab.gov.br>. Acesso em: 28 nov. 2021.

COSTA, A.S; SILVA, E.M.B. **Correção do solo com calcário e cinza vegetal no crescimento inicial do feijão-caupi em latossolo vermelho**. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso. Rondonópolis, 2019.

EMBRAPA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. 2018. Portal Embrapa. Disponível em: <http://www.embrapa.br>. Acesso em 22 out. 2022.

FANCELLI, A. L.; DOURADO N. D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2004.

FANCELLI, A. L. ; NETO, D. D. **Plantio direto**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

FERNANDES, V.C. et al. Calagem, gessagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada em sistema de plantio direto. 2020. In: FIORINI, F.V.A. et al. **Doses crescentes de calcário associadas à adubação nitrogenada na cultura do milho**. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29881>. Acesso em 04 dez. 2022.

FIORINI, F.V.A. et al. **Doses crescentes de calcário associadas à adubação nitrogenada na cultura do milho**. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29881>. Acesso em 04 dez. 2022.

GALVÃO, M J.C.C. *et al.* Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, 2014.

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS. **Balanco de nutrientes na agricultura brasileira no período de 1988 a 2010**, set, 2011.

KAMINSKI, J. *et al.* Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, 2005.

LORENÇONE, J. *et al.* **Taxas de crescimento do milho nas condições edofo-climáticas do sul do Mato Grosso do Sul**. Anais do III Encontro Internacional de gestão, desenvolvimento e inovação, 2018.

MICHERI, P. *et al.* **Componentes da produção e produtividade de grãos de milho em função da calagem e gessagem superficial**. *Bragantia*, v. 69, n. 4, 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do agronegócio**. Brasília: MAPA, 2017.

MUNDSTOCK, C.M. **A evolução da genética e da tecnologia do cultivo de milho no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2005.

NUNES, J. L. S. **Características da Soja**. 2015.



OLIVEIRA, E. L. de. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no estado do Paraná. Londrina-PR:** Instituto Agrônômico do Paraná, 2013.

ORRILLO H. M *et al*, Influência da cobertura morta na evapotranspiração, coeficiente de cultivo e eficiência de uso de água do milho cultivado em cerrado, **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, maio - junho, 2016.

PITTA, G.V.E. **Cultivo do milho:** Nutrição e adubação do milho. 6a ed., Sete Lagoas: EMBRAPA. 2008.

REPKE, R. A *et al*. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 12, 2012.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da agricultura, pecuária e desenvolvimento rural. **Produção de milho deve aumentar cerca de 40% no Rio Grande do Sul. 2021.** Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/producao-de-milho-deve-aumentar-cerca-de-40-no-rio-grande-do-sul#:~:text=Milho%20e%20Soja,Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20milho%20deve%20aumentar%20cerca%20de,no%20Rio%20Grande%20do%20Sul&text=A%20Emater%2FRS%2DAscar%20estima,no%20Rio%20Grande%20do%20Sul>. Acesso em: 28 nov 2021.

RODRIGHERO, M. B., BARTH, G., CAIRES, E. F. Surface application of lime with different magnesium contents and particle sizes under a no-till system. **Revista Química Nova**, 2015.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELLI, R. S.; SPERA, S. T. Conversão e balanço de energia de sistemas de produção com integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n10, 2007.

SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DESENVOLVIMENTO RURAL. **Programa de sementes forrageiras.** 2020. Disponível em: <http://www.agricultura.rs.gov.br>. Acesso em 18 out 2022.

SEVERO, C. M. **A emergência de milho:** os efeitos de fatores bióticos e abióticos. Porto Alegre, RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1999.

SILVA, V.R *et al*. Soil water dynamics related to state of compaction of two brazilian oxisols under no-till system. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.33, 2009. In: PARIZE, G.L. **Propriedade químicas e físicas de um latossolo argiloso afetadas por diferentes tipos e formas de aplicação de calcário.** Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

SOUSA, C.P. de. **Análise socioambiental do município de Valença-Bahia.** Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2006.

TELOEKEN, R. **Atributos químicos do solo e produtividade de soja em função de doses de calcário.** UFFS, Cerro Largo, 2018

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute, 2011

WINNIKES, F.R. **Análise de viabilidade econômica da utilização de proteína de frango (PHF) na alimentação da tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*)**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Centro de Engenharias e Ciências Exatas. Toledo, 2020.

ZAMBIASI JÚNIOR, M.J. **Doses de calcário filler e efeito na fertilidade do solo, desenvolvimento e produção de soja**. Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop, 2016.