

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**JOÃO MARCOS ZANELLA HAGEMANN**

**DESEMPENHO DE CULTURAS APÓS DESCOMPACTAÇÃO E APLICAÇÃO DE  
CORRETIVOS DE ACIDEZ EM SUPERFÍCIE E SUBSUPERFÍCIE EM SISTEMA  
PLANTIO DIRETO**

**DOIS VIZINHOS**

**2023**

**JOÃO MARCOS ZANELLA HAGEMANN**

**DESEMPENHO DE CULTURAS APÓS DESCOMPACTAÇÃO E APLICAÇÃO DE  
CORRETIVOS DE ACIDEZ EM SUPERFÍCIE E SUBSUPERFÍCIE EM SISTEMA  
PLANTIO DIRETO**

**CROP PERFORMANCE AFTER DECOMPACTION AND APPLICATION OF  
ACIDITY CORRECTIVES ON SURFACE AND SUBSURFACE IN NO-TILLAGE  
SYSTEM**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador (a): Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartori

**DOIS VIZINHOS  
2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento do trabalho, mesmo para fins comerciais, sem a possibilidade de alterá-lo, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**JOÃO MARCOS ZANELLA HAGEMANN**

**DESEMPENHO DE CULTURAS APÓS DESCOMPACTAÇÃO E APLICAÇÃO DE  
CORRETIVOS DE ACIDEZ EM SUPERFÍCIE E SUBSUPERFÍCIE EM SISTEMA  
PLANTIO DIRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 04 de dezembro de 2023

BANCA AVALIADORA

---

Laércio Ricardo Sartor

Professor Orientador

Professor graduado em Agronomia, mestre e doutor em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos

---

André Pellegrini

Membro titular

Professor graduado em agronomia, mestre e doutor em ciência do solo  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos

---

Lucas da Silva Domingues

Membro titular

Professor graduado em agronomia, mestre e doutor em Agronomia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos

**DOIS VIZINHOS**

**2023**

## RESUMO

O Sistema de Plantio Direto (SPD) muito é caracterizado por ser vantajoso para a agricultura, pois determina maior sustentabilidade aos sistemas de produção, o que aumentou a produtividade das culturas. Contudo, com o passar do tempo, alguns conceitos importantes foram esquecidos na prática do manejo do solo e isso tem levado o uso de máquinas cada vez mais pesadas tem levado à compactação do solo e acúmulos de nutrientes na superfície, especialmente em solos argilosos. O Brasil possui grande diversidade de solos e esses em sua grande maioria apresentarem grau de intemperismo intenso sabemos que necessita de ajustes para que o mesmo se torne cada vez mais produtivo, assim devemos utilizar de forma mais adequada as ferramentas presentes no dia a dia para aproveitarmos o máximo do potencial dos nossos solos e melhorar o metabolismo vegetal para que possamos reduzir os custos e aumentar a rentabilidade. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia da descompactadora e fertilizadora Fertillus 700 em melhorar o rendimento de grãos em Latossolo Vermelho submetido a aplicação subsuperficial de hidróxido de cálcio agrícola. O experimento foi conduzido na Área experimental da Universidade Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos, e foi instalado em agosto de 2020. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas de 5,6 m x 20 m, contendo cinco tratamentos com quatro repetições cada. Toda a área foi manejada sob sistema de plantio direto consolidado, com cobertura vegetal de aveia preta (*Avena strigosa*). Na sequência, foram cultivadas soja, feijão, aveia preta, soja, aveia preta, milho e feijão. Os tratamentos foram: T0 (testemunha), T1 (apenas subsolagem), T2 (subsolagem corretiva na camada de 0,30-0,40 m com Ca (OH)<sub>2</sub>), T3 (aplicação superficial de Ca (OH)<sub>2</sub>) e T4 (subsolagem corretiva na camada de 0,15,30 m com Ca (OH)<sub>2</sub>). O corretivo utilizado foi o hidróxido de cálcio (7000i – 70%

CaO) na forma de pó fino e seco, com PRNT de 135%. A dosagem aplicada foi de 1 Mg ha<sup>-1</sup> para os tratamentos em superfície e subsuperfície. Ao avaliar os componentes de rendimentos da cultura do milho após 24 meses de intervenção mecânica observou diferença significativa positiva entre os tratamentos, para número de fileiras por espiga o tratamento com aplicação em superfície, para grãos por fileira os tratamentos que receberam a fonte corretiva associada com a descompactação na 2º e 1º camada, grãos por espiga foi aplicação corretiva na camada 0,15-0,30m e cálcio em superfície e para massa de mil grãos aplicação na 1ºcamada e testemunha apresentaram desempenho similar, e em relação a produtividade por ha a aplicação corretiva na camada 0,30-0,40m apresentou menor desempenho, apresentando diferença significativa comparado a testemunha com o melhor produtividade por ha. Referente à cultura do feijão, o tratamento com aplicação na 2º camada apresentou maior MMG e a maior produtividade foi no tratamento com aplicação corretiva na 1º camada que não teve diferença significativa do tratamento de apenas subsolagem.

Palavras-chave: Cálcio; Fertilidade; Acidez; Sustentabilidade, Descompactação.

## ABSTRACT

The Direct Planting System (SPD) is characterized by being advantageous for agriculture, as it determines greater sustainability in production systems, which increased crop productivity. However, over time, some important concepts have been forgotten in the practice of soil management and this has led to the use of increasingly heavy machines, leading to soil compaction and accumulation of nutrients on the surface, especially in clayey soils. Brazil has a great diversity of soils and the vast majority of them present a degree of intense weathering, we know that it needs adjust to becomes increasingly productive, so we must use the tools present in our daily lives more appropriately to take advantage of Maximizing the potential of our soils and improving plant metabolism so we can reduce costs and increase profitability. In this sense, the present work aimed to evaluate the effectiveness of the Fertillus 700 decompactor and fertilizer in improving grain yield in a Red Oxisol subjected to subsurface application of agricultural calcium hydroxide. The experiment was conducted in the experimental area of the Federal University of Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos, and was installed in August 2020. The experimental design was in randomized blocks, with plots measuring 5.6 m x 20 m, containing five treatments with four repetitions each. The entire area was managed under a consolidated direct planting system, with black oat (*Avena strigosa*) cover crop. Subsequently, soybeans, beans, black oats, soybeans, black oats, corn and beans were cultivated. The treatments were: T0 (control), T1 (subsoiling only), T2 (corrective subsoiling in the 0.30-0.40 m layer with  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), T3 (surface application of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) and T4 (corrective subsoiling in the 0.15-0.30 m layer with  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). The concealer used was calcium hydroxide (7000i – 70% CaO) in the form of a fine, dry powder, with PRNT of 135%. The applied dosage was  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$  for surface and subsurface treatments. When evaluating the yield components of the corn crop after 24 months of mechanical intervention, a significant positive difference was observed between the treatments, for the number of rows per ear, the treatment with surface application, for grains per row, the treatments that received the corrective source associated with decompaction in the 2nd and 1st layers, grains per ear was corrective application in the 0.15-0.30m layer and calcium on the surface and for a mass of one thousand grains application in the 1st layer and control showed similar performance, and in relation to productivity per ha Corrective application in the 0.30-0.40m layer showed lower performance, presenting a significant difference compared to the control with the best productivity per ha. Regarding the bean crop, the treatment with application in the 2nd layer showed higher MMG and the highest productivity was in the treatment with corrective application in the 1st layer, which had no significant difference from the treatment with just subsoiling.

Keywords: Calcium; Fertility; Acidity; Sustainability, Unpacking.

## SÚMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
2.1 Objetivo geral .....	9
2.2 Objetivo específico .....	9
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>10</b>
<b>4 MATERIAS E MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
4.1 Área experimental .....	14
4.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	17
4.3 Descompactadora e fertilizadora .....	18
4.4 Característica do produto utilizado com o equipamento .....	19
4.5 Implantação da cultura do milho .....	19
4.6 Implantação da cultura do feijão .....	19
4.6 Análise de dados .....	20
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>20</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>26</b>
APÊNDICE A- Subsolagem corretiva .....	29

## 1 INTRODUÇÃO

*Zea mays L.* é conhecida popularmente por milho, sendo esse um vegetal de ciclo anual produtora de grãos e circunscrita entre os diversos cereais da família Gramineae (Revilla et al., 2022). *Zea mays* é nativa do México, sendo esse um dos cereais mais antigos e amplamente cultivados com amplas utilidades nos mais diversos setores econômicos, principalmente alimentício na produção humana e como ração para diversas espécies de animais.

No mundo o Sistema plantio Direto abrange 110 milhões de hectares, onde no Brasil corresponde cerca de 30 milhões de hectares, segundo a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FEBRAPDP, 2022). Implantação do Sistema Plantio Direto trouxe vários benefícios a agricultura, elevação da produtividade, melhorando o ambiente tornando-o mais sustentável. Este surgiu sobre três pilares; O não revolvimento do solo, cobertura permanente do solo e o sistema de rotação de culturas (FEBRAPDP, 2022).

Os sistemas de produção passaram a requerer cada vez mais alto grau de conhecimento técnico, econômico e administrativo para garantir melhores resultados (ARTUZO et al, 2015). Entretanto ao longo dos anos, com isso foi deixado de praticar conceitos aplicados relacionados a prática do Sistema Plantio Direto, por consequência deste fato originou-se a falta de palhada na superfície do solo, compactação superficial causado pelo excesso de trânsito de máquinas agrícolas estas que por sua vez em condições de umidade inadequadas, com maior porte e peso.

Dentre esses fatores também está associado menor área ocupada com cereais no sistema como milho verão, plantas com sistema radicular agressivo, plantas de cobertura e rotação de culturas, voltando –se a um sistema de sucessão de culturas com interesse econômico na extração de grãos e despreocupado com a manutenção da qualidade do solo, revolvimento do solo sem critérios técnicos com utilização de grades niveladoras, contribuindo para diminuição da Matéria Orgânica do solo e contribuição para erosão e compactação superficial e subsuperfície (FLOSS, 2022).

Através do histórico da formação rochosa a grande maioria dos solos tropicais brasileiros passaram por um processo de intemperização ao longo dos anos, sendo designados solos naturalmente de baixa fertilidade, apresentam em sua constituição

óxidos de ferro e alumínio, necessitam de correções por apresentam baixo nível de nutrientes, acidez, portanto se faz necessário a manutenção e correção deste ambiente de produção, tornando a agricultura mais sustentável e produtiva (EMBRAPA, 2022).

Segundo AMADO, et al (2015) a presença de impedimento físico entre 0,10 e 0,10 m e barreira química constituída de alumínio tóxico em subsuperfície, a dificuldade no aprofundamento de raízes de plantas cultivadas, limitando o acesso a nutrientes, água, deste modo ocorre maior concentração de raízes na superfície do solo havendo limitação no desempenho genético e produtivo das culturas.

O cálcio é um nutriente advindo dos produtos utilizados na correção da acidez do solo, de suma importância para a cultura implantada por apresentar funções no metabolismo das plantas. Este comumente é encontrado nos tecidos vegetais, sendo que a maior parte ocorre formando ligações intermoleculares nas paredes celulares e membranas, contribuindo para a estabilidade estrutural e o movimento intercelular dos metabólitos.

O presente estudo visa validar cientificamente uma proposta de equipamento inovador, denominado Fertillus 700 da empresa JAN Implementos Agrícolas S/A, com o objetivo de romper a barreira física da compactação do solo, bem como injetar uma fonte corretiva e nutricional de cálcio ao longo do perfil do solo , através de hastes sulcadoras, atingindo de 0,00 à 0,40 m de profundidade, com o intuito de facilitar a deposição do corretivo criando um caminho para as raízes livre de compactação e acidez de alumínio e assim facilitar a penetração e desenvolvimento do sistema radicular das culturas, buscando o acesso à água disponível no solo e assim ser possível expressar máximo potencial genético e aumento da produtividade das culturas.

Acredita-se que a combinação de estratégia física (subsolação) e química (fonte corretiva e nutricional de cálcio) melhoram as condições subsuperficiais do solo para o aprofundamento de raízes do milho e culturas subsequentes, com efeito duradouro e refletivo na produtividade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da descompactadora e fertilizadora Fertillus 700 no desenvolvimento das culturas subsequentes, no sistema de plantio direto sob plantas da cultura do milho e do feijão, 24 e 28 meses, respectivamente, após a implantação dos tratamentos.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com a descompactação e aplicação de corretivo de acidez em superfície e em duas camadas em sub superfície com equipamento Fertillus 700.

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar diferença entre os tratamentos testemunhais, aplicação de corretivo e descompactação.

Avaliar o desempenho da cultura do milho após 24 meses da utilização da descompactadora e fertilizadora Fertillus 700.

Avaliar o desempenho da cultura do feijão safrinha após 27 meses da utilização da descompactadora e fertilizadora Fertillus 700.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Considerando a grande importância do Brasil para o cenário mundial de produção de alimentos e a busca por sistemas mais produtivos e sustentáveis é necessário a realização de estudos com a utilização de novas tecnologias voltadas ao setor. Para a erradicação da fome no mundo é necessário produzir cada vez mais, acarretando no uso muitas vezes irracional de produtos químicos, seja eles defensivos e fertilizantes, que podem prejudicar o ambiente e pelo fato da grande maioria serem exportados acaba encarecendo ainda mais os custos de produção.

O SPD foi fundado sob três pilares: plantio na palha com mínimo revolvimento de solo, manutenção da cobertura permanente e planejamento de rotação de culturas.

De acordo com o histórico da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, essa técnica surgiu na região Sul, a partir dos anos 1970, devido à problemática da época de um processo de degradação do solo através de erosão em grande escala, ocasionado pelas chuvas (principalmente na primavera e no verão), sobre o solo desnudo, decorrente de um processo constante de aração e cultivo mínimo. Sendo assim, precisou-se buscar alternativas para o Sistema de produção, para combater a erosão, que estava ocasionando arrastamento do solo, e perda da fertilidade na camada superficial.

De acordo com a EMBRAPA, a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é considerada uma opção viável para a agricultura familiar. Ela apresenta um ciclo curto e uma ampla adaptação a diferentes condições de solo e clima, o que permite seu cultivo em diversas épocas do ano, dependendo da região. Essa versatilidade possibilita a realização de rotações com outras culturas comerciais, já que é viável realizar até três safras anuais do feijão. (SALVADOR, 2014)

No Sudoeste do Paraná, o feijão também é uma alternativa interessante para aumentar a rentabilidade da propriedade e integrá-lo a sistemas de manejo de rotação de culturas. Devido ao seu rápido desenvolvimento, com ciclo de vida de no máximo 90 dias, seu sistema radicular é mais superficial em comparação com outras culturas que possuem uma presença mais profunda ao longo do perfil do solo

EMBRAPA,

Nas informações fornecidas pela Conab em 2021, a superfície dedicada ao cultivo de feijão safrinha no Brasil alcançou a marca de 1.459,5 mil hectares,

resultando em uma produção de 1.152,9 mil toneladas e uma média de produtividade de 790 kg por hectare. No Estado do Paraná, especificamente, a área plantada foi de 252,9 mil hectares, com uma produção de 279,0 mil toneladas e uma produtividade média de 1,103 kg por hectare (CONAB, 2021).

No Brasil entre 2005 e 2016 foi registrado um incremento em mais de 50% na área destinada a plantio direto. Com a expansão da área agrícola para as regiões do Mato Grosso, e principalmente a região conhecida por MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), no sistema de cultivo das culturas de soja, milho e algodão, houve a necessidade de implantar um sistema na defesa da conservação do solo.

Segundo Possamai *et al.* (2021), estima-se que 10% dos agricultores Paranaenses, estão classificados dentro dos parâmetros da qualidade do verdadeiro SPD. Pela informação, podemos prospectar que a maioria das propriedades não executa totalmente as práticas recomendadas pela pesquisa, e com isso justifica o grande avanço da problemática da compactação do solo, desencadeando uma série de problemas indiretos.

Para Silveira Júnior *et al.* (2012), a renovação do ar do solo e o aumento da concentração de oxigênio são necessários para que o processo de respiração radicular e o metabolismo microbiano aeróbio sejam mantidos em níveis adequados.

Entender o processo de compactação do solo e buscar soluções para minimizar os seus efeitos, tem sido uma constante pesquisa em busca de alternativas satisfatórias que venham amenizar a principal causa que é a perda de potencial produtivo das culturas (DENARDIN *et al.*, 2019).

Para Ramos, et al (2015):

“A formação de camada compactada nas diversas formas de manejo de solo é quantificada pelos valores de resistência à penetração (RP), sendo que valores em torno de 2 a 4 MPa, segundo Arshad *et al.* (1996), e valores maiores de 2,0 MPa, segundo Tormena *et al.* (1998), são considerados limite crítico para influenciar o desenvolvimento das plantas. (CAMARGO; ALLEONI, 1997), concluíram que valores de RP acima de 2,5 MPa restringem o crescimento das raízes”.

A compactação do solo, a acidez e a presença de alumínio tóxico em subsuperfície, limita o crescimento de raízes em profundidade. Com a aplicação de corretivos e fertilizantes restritos à camada de 0,0 a 0,15 m, observa-se uma maior concentração de nutrientes na superfície, favorecendo o crescimento de raízes, nessa faixa superficial do solo. Com anos agrícolas de maior precipitação pluviométrica, as

raízes da cultura de grãos conseguem absorver água e nutrientes facilmente sem restrições, porém em anos de estiagem, com o sistema radicular limitado à superfície, as culturas não conseguem expressar o seu potencial produtivo, ocasionando perdas econômicas aos agricultores (SAKO *et al.*, 2016).

Em solos com pH baixo, que não são manejados em profundidade, apresentam uma séria limitação no desenvolvimento radicular das plantas, diminuindo assim o seu desempenho. Ao estudar os efeitos do pH baixo no subsolo sobre o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, constatou-se que estes eram afetados negativamente quando ocorre déficit hídrico durante o ciclo e quando as precipitações eram suficientes não ocorriam diferenças significativas em produtividade (KLEIN *et al.*, 2007).

Para Caires *et al.* (2006) as características químicas (elevada acidez e toxidez de alumínio) prejudicam as plantas, pois são determinantes no crescimento de raízes e conforme Dalla Nora e Amado (2013), para a distribuição dessas no solo, podendo aumentar a suscetibilidade das raízes aos efeitos deletérios do déficit hídrico, quando encontram essas barreiras químicas. Situação recorrente no Sul do Brasil, devido a muitas áreas passarem do sistema convencional ao plantio direto, sem a correta correção do solo em profundidade.

Para correção das características químicas do solo são modificadas pela distribuição e incorporação de fertilizantes aplicados na sua superfície ou pela colocação deles dentro da camada arável. O desenvolvimento vegetal pode ser afetado por estas mudanças, quando o sistema radicular das plantas encontra altas concentrações de alumínio tóxico, o seu crescimento tende a limitar-se, prejudicando seriamente o desempenho produtivo da planta (KLEIN *et al.*, 2007).

Para correção da acidez dos solos brasileiros o corretivo mais utilizado é o calcário (carbonato de cálcio) popularmente conhecido como calcário. Segundo Caires *et al.* (2012), o carbonato de cálcio atua principalmente na camada superficial (0,0 a 0,10 m), próxima a zona de aplicação, sendo este corretivo com pouca ou nenhuma movimentação no perfil do solo.

Existe uma preocupação também quanto ao excesso de calagem na superfície do solo, pela baixa mobilidade e solubilidade do calcário no perfil do solo, permanecendo na primeira camada afetando assim a disponibilidade de macro e micronutrientes como Fe, Cu, Zn e Mn. Para Rosolem *et al.* (1998) níveis adequados

de calagem resultaram num sistema radicular mais longo e mais fino, ocorrendo uma baixa toxidez de  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ , mas considerando a movimentação baixa do  $\text{Ca}^{+2}$ , a aplicação de corretivos em superfície, mesmo em doses maiores, é eficiente em lavouras não compactadas, quando associada a presença de macro poros de plantas de cobertura (FLOSS, 2022).

Foi observado que em solos com textura mais argilosa e que são manejados com Sistema de Plantio Direto (SPD), a aplicação de calcário de forma superficial apresenta baixa mobilidade, o que reduz a eficiência da correção da acidez nas camadas subsuperficiais. Para solucionar esse problema, são necessárias técnicas especiais, como a incorporação mecânica profunda do calcário, o uso de sais de  $\text{Ca}^{2+}$  mais solúveis e a utilização de compostos orgânicos (ZIGLIO et al., 1999), para neutralizar e corrigir a acidez nas camadas mais profundas do solo.

Para Dalla Nora *et al.* (2017), a aplicação associada de calcário dolomítico e gesso é uma prática que pode ser adotada para atenuar os efeitos da toxidez de alumínio, neutralizar o pH e aumentar a disponibilidade de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  em camadas mais profundas do solo. De acordo com Piccin *et al.* (2019) a aplicação de hidróxido de cálcio e magnésio é uma alternativa que pode ser utilizada para atenuar os efeitos da acidez e toxidez de alumínio do solo reagindo de uma forma mais rápida. Este corretivo apresenta reatividade superior ao calcário, sendo que seu PRNT é mais elevado que o do calcário conforme Alcarde *et al.* (2005).

Segundo Piccin *et al.* (2019), a subsolagem e aplicação profunda de óxidos de cálcio e magnésio associadas influi no comprimento e volume de raízes em superfície e subsuperfície, assim como melhora a distribuição destas no perfil do solo.

Para se obter um aumento do PRNT dos corretivos de acidez pode ser pela moagem mais fina ou pela calcinação (transformação do carbonato em óxido e hidróxido): no primeiro caso ocorre somente aumento de reatividade e no segundo ocorre aumento de PN (poder de neutralização) e RE (reatividade). Por isso, pode-se concluir que, em geral, quanto maior o PRNT maior é a RE do corretivo (ALCARDE *et al.*, 2005).

Conforme informações do Desafio Nacional de Máxima Produtividade, promovido pelo CESB (2021/2022), constatou-se nas áreas dos participantes onde a produtividade passou dos 100 sacas  $\text{ha}^{-1}$  (6.000  $\text{kg ha}^{-1}$ ), observou que na profundidade de 0,40 a 2 m, uma saturação de bases acima de 50% e uma

participação de cálcio acima de 20% na CTC efetiva. Associado a um pH em  $\text{CaCl}_2$  acima de 5,0, sendo o  $\text{Ca}^{+2}$  importante para o crescimento radicular da soja em grandes profundidades e isto tem relação decisiva na tolerância a estresses hídricos.

Tais tecnologias precisam ser validadas a campo e experimentalmente avaliadas para sua recomendação. Justifica-se, portanto, a necessidade de trabalhos à campo para validação da tecnologia e verificação da resposta das culturas sob seu efeito.

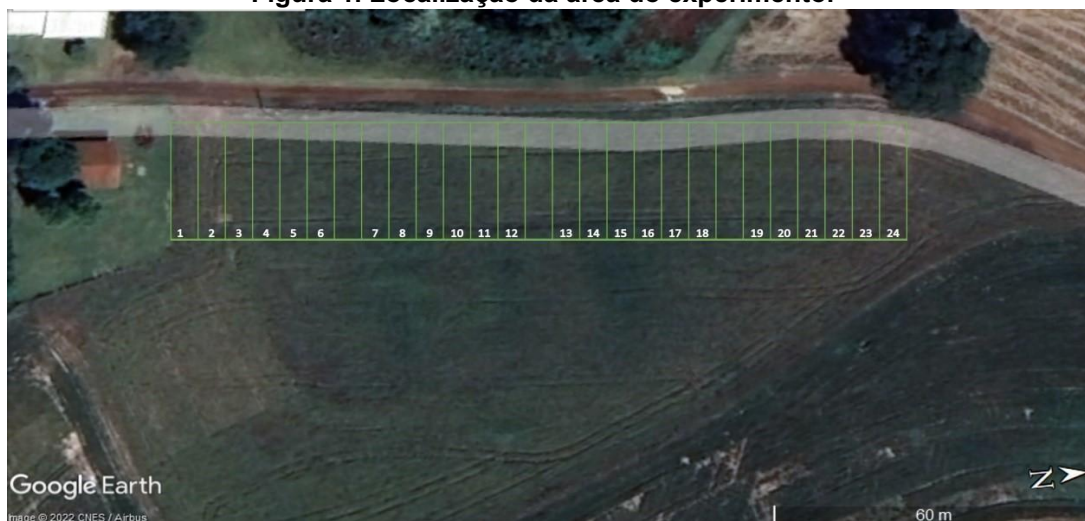
Acredita-se que utilizando o equipamento Fertillus 700 para promover a subsolagem e aplicação do corretivo em profundidade do solo, descompactando o solo e ao mesmo tempo introduzindo um insumo com alto PRNT e com solubilidade imediata de fornecimento de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{OH}^-$  no perfil do solo, com ambiente livre de  $\text{Al}^{3+}$  e acidez, para o aprofundamento do sistema radicular, assim permitirá um acesso maior à disponibilidade de água e nutrientes, otimizando o potencial produtivo das culturas.

## **4 MATERIAS E MÉTODOS**

### **4.1 Área experimental.**

A pesquisa foi realizada na fazenda experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Figura 1), situada no município de Dois Vizinhos, região Sudoeste do Estado do Paraná. O município está situado em condição de altitude média de 509 metros acima do nível do mar, com latitudes entre  $25^\circ 44' 03''$  e  $25^\circ 46' 05''$  Sul e longitudes entre  $53^\circ 03' 01''$  e  $53^\circ 03' 10''$  Oeste. O clima é caracterizado segundo Koeppen como do tipo Cfa, sendo frequentes as geadas, sem estação seca, com chuvas distribuídas em todos os meses do ano (ALVARES *et al.*, 2013) e com precipitações anuais de 2010,06 mm por ano (VIEIRA *et al.*, 2018).

**Figura 1. Localização da área do experimento.**



**Google Earth, 2022.**

A área possui classificação do solo Latossolo Vermelho (CABREIRA, 2015), com textura argilosa ( $773 \text{ g kg}^{-1}$  de argila,  $224 \text{ g kg}^{-1}$  de silte, e  $3 \text{ g kg}^{-1}$  de areia). Está manejado sob Sistema Plantio Direto a mais de 15 anos.

Dados pluviométricos do ano de 2022, assim como análises químicas (pH, MO, V%, H + Al,  $\text{Al}^{+3}$ , m%,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ , P,  $\text{K}^{+}$ ) e físicas de resistência a penetração do solo foram avaliados em trabalho de KRAEMER, 2022.

**Figura 2 – Temperatura e precipitação média em Dois Vizinhos entre os meses de maio de 2020 e abril de 2022.**





Bloco	3	125,71	89,71	0,04	3,79	1,37	7,24	3,74	0,13	0,21	0,84
Tratamento	4	121,66*	59,35 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	2,80 <sup>ns</sup>	3,24*	11,06 <sup>ns</sup>	204,83*
Profundidade	3	2883,72**	771,48*	0,31**	0,09 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	49,02*	0,79 <sup>ns</sup>	15,60 <sup>ns</sup>	625,58*
Trat. X Prof.	12	102,4*	83,15*	0,03 <sup>ns</sup>	0,48*	0,33*	2,70**	6,47*	1,00*	4,99 <sup>ns</sup>	64,30*
Erro	57	25,72	33,69	0,02	0,16	0,08	0,55	1,50	0,30	6,22	33,12
Média		34,04	7,49	0,27	6,04	6,5	3,56	9,21	2,22	11,59	75,71
C.V. (%)		14,90	77,49	53,48	6,64	4,23	20,82	13,32	24,85	21,52	7,60

\* Significativo ao nível de 5% pelo teste F ( $p > 0,05$ ); ns não significativo.

Fonte: Kraemer, (2022).

## 4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com 5 tratamentos e com 4 repetições cada, com parcelas de 5,6 m x 20 m. Toda a área foi manejada sob plantio direto e a cobertura verde utilizada na área foi a aveia preta (*Avena strigosa*). O Experimento foi instalado no dia 06 de agosto de 2020, sobre a cobertura de aveia preta rolada na fase de grão leitoso.

Foi realizado coleta de solo para análise no dia 07 de agosto de 2020 com a seguinte estratificação de camadas por tratamento: 0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m e 0,30-0,40 m.

Os tratamentos foram os seguintes:

T0: Testemunha sem subsolagem;

T1: Subsolagem sem  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  em superfície;

T2: Subsolagem corretiva na 2ª camada no perfil de 0,30-0,40 m na dosagem de  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$  de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;

T3: Aplicação do corretivo somente em superfície na dosagem de  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$  de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;

T4: Subsolagem corretiva na 1ª camada no perfil de 0,15-0,30 m na dosagem de  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$  de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

O protocolo experimental foi desenvolvido mediante avaliação da eficiência do equipamento quanto à camada de deposição do produto Oxyfertil® 7000i e descompactação do solo e o efeito aplicação fonte corretiva sobre as variáveis físicas e químicas do solo e resposta no desenvolvimento das culturas de grãos subsequentes (BOEMER, 2022).

Foi realizado avaliações do equipamento para depositar a fonte corretiva em camadas diferentes 1ª (0,15 a 0,30 m) e 2ª (0,30 a 0,40 m) profundidade associado com a capacidade de descompactação do solo (BOEMER, 2022)

No ano de 2022 foi implantado a cultura do milho e em sequência do cultivo do milho safra, em segunda safra março de 2023, foi implantada a cultura do feijão, do qual compõe o presente trabalho.

### 4.3 Descompactadora e Fertilizadora

O equipamento utilizado para a subsolagem e fertilização dos tratamentos foi o Fertillus 700 da empresa JAN Implementos Agrícolas S/A. Este equipado com sete hastes sulcadoras de desarme automático, espaçadas em 0,40m e com alcance de profundidade de até 0,40m.

Para realizar o processo de aplicação do corretivo do solo ela é constituída por uma turbina de ar com acionamento hidráulico, a qual com a pressão do ar injeta o produto nas fissuras do solo, ocasionadas pela passagem das hastes sulcadoras, podendo depositar em diferentes camadas, ajustando regulagem do equipamento. A regulagem de profundidade é pela articulação das rodas do equipamento, o qual é acionado pelo hidráulico do trator conforme a regulagem de posicionamento. A amplitude da profundidade é realizada através de calços nos cilindros hidráulicos do equipamento. Para deposição da fonte corretiva as hastes sulcadoras contam com 5 posições de regulagem e a fonte utilizada necessita ser seca e sem presença de impurezas que possam interromper o fluxo para as camadas subsuperficiais do solo.

**Figura 3 - Descompactadora e Fertilizadora Fertillus 700**



Fonte: JAN Implementos Agrícolas S/A (2023)

#### 4.4 Características do produto utilizado com o equipamento

O Oxyfertil® 7000i é um fertilizante mineral simples de alta solubilidade, à base de óxido de cálcio (CaO), hidratado industrialmente, com ação corretiva do pH do solo e nutrição de plantas.

Produto: Hidróxido de cálcio - Ca(OH)<sub>2</sub>.

Propriedades químicas: CaO – 70% (48% de Ca<sup>2+</sup>);

Propriedades físicas: 0,00 – 0,09 mm (pó micro pulverizado).

Poder de neutralização (PN) = 135%.

#### 4.5 Implantação da cultura de milho.

A semeadura da cultura do milho *Zea mays* ocorreu através de uma semeadeira/plantadeira de verão marca Kuhn com 8 linhas de semeadura e sistema de distribuição de sementes hidráulicas (vácuo) no dia 24 de setembro de 2022. O Híbrido utilizado na semeadura foi Agroeste AS 1757 Pro 3, com população de semeadura de 73.333 sementes por ha<sup>-1</sup> adubação utilizada foi do formulado NPK 0820-15 com 400 kg ha<sup>-1</sup> utilizado no momento de semeadura.

Com a cultura implantada aos 25 DAE foi realizado manejo das plantas daninhas na cultura com herbicida seletivo e associado ao mesmo aplicação de defensivo para controle da cigarrinha e vaquinha verde e amarela, com 38 DAS ocorreu a aplicação da adubação nitrogenada, onde a fonte utilizada foi ureia convencional com 45% de N, aplicou se 400 kg ha<sup>-1</sup> da fonte totalizando assim 180 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio. Aos 50 DAS realizou outra aplicação de inseticidas na cultura visando manejo de cigarrinha.

Após o desenvolvimento da cultura foi realizada a colheita da mesma na data de 28 de fevereiro de 2023, a qual para avaliação foi estabelecido a colheita de 30 espigas por parcela, totalizando 3 linhas de 3 metros lineares, onde são 4 repetições totalizando assim 120 espigas por tratamento, em sequência foi realizado os componentes de rendimentos. Onde primeiramente foram contabilizadas o número de fileiras e grãos por fileiras e assim determinado o número de grãos por espiga.

Para determinar o PMG e a produtividade por hectare foi necessário realizar a trilha das espigas já contabilizadas, após isso foi determinado o teor de umidade,

extrapolando para 13% e 1% de impureza e por fim o peso da amostra para posterior extrapolação para produtividade por ha<sup>-1</sup>.

#### **4.6 Implantação da cultura do feijão.**

A semeadura da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L. ocorreu através de uma semeadeira/plantadeira de verão marca Kuhn com 8 linhas de semeadura e sistema de distribuição de sementes hidráulicas (vácuo) no dia 15 de março de 2023. A taxa de semeadura foi de 270.000 plantas por ha da cultivar IPR Sabia, adubação de base de 250 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 10-15-15 e adubação de cobertura 100 kg de Ureia 45%.

Após o estabelecimento da cultura foram realizados os manejos de controle de plantas daninhas com herbicidas químicos e seletivos a cultura, manejos fitossanitários para controle de insetos, pragas e doenças que ocorrem no decorrer do ciclo.

A colheita da cultura foi através da coleta de duas linhas e 3 metros lineares, realizada no dia 21 de junho de 2023, após a colheita esperou se a secagem das plantas e assim contabilizado os componentes de rendimentos, PMG e produtividade por ha, estes com contagem de 500 sementes por repetição dos tratamentos e a produção por ha, através do peso das amostras.

#### **4.7 Análise de dados**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e conforme a ausência ou presença de interação significativa, foi realizado teste de comparação de médias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), utilizando o programa statgraphics.

### **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Ao verificar o número de fileiras por espiga na cultura do milho observou se que os tratamentos com subsolagem na camada de 0,15 a 0,30m (T4) e subsolagem com aplicação na camada 0,30 a 0,40 m (T2), testemunha (T0) que não teve aplicação de corretivo de acidez, não apresentaram diferença significativa comparado com os demais tratamentos Já o tratamento com o cálcio em superfície (T3) apresentou um

desempenho superior aos demais tratamentos com o maior número de fileiras por espigas 17,1 apresentando assim diferença significativa ao comparar com o tratamento com apenas subsolagem (T1) que apresentou o pior desempenho.

**Tabela 3. Número de fileiras por espiga**

<b>Tratamentos</b>	<b>Nº Fileiras</b>
Testemunha	16,6 ab
Somente subsolagem	15,7 b
Subsolagem 100% 2º camada	16,2 ab
Cálcio em superfície	17,1 a
Subsolagem 100% 1º camada	16,35 ab

**Autoria própria, 2023**

Para o parâmetro de número de grãos por fileira foi possível observar que os tratamentos subsolagem corretiva no perfil 0,3 – 04 m e subsolagem corretiva no perfil 0,15 – 0,3 m apresentaram diferença significativa comparado com o tratamento com aplicação do corretivo em superfície o que apresentou menor desempenho. No número de fileiras por espiga a testemunha não se diferenciou significativamente dos demais tratamentos.

**Tabela 4. Número de grãos por fileira**

<b>Tratamentos</b>	<b>Grãos Fileiras</b>
Testemunha	38,00 ab
Somente Subsolagem	38,25 ab
Subsolagem 100% 2ªcamada	38,55 a
Cálcio em Superfície	37,15 b
Subsolagem 100% 1º Camada	39,05 a

**Autoria própria, 2023**

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

Para o número de grãos por espiga o tratamento com apenas a subsolagem da área se diferiu significativamente com os tratamentos subsolagem corretiva no

perfil 0,15 – 0,3 m e aplicação corretiva somente em superfície, (tabela 5) tendo um desempenho inferior. Os tratamentos não se diferiram entre si em comparação com a testemunha, o tratamento com aplicação na camada de 0,30 a 0,40 m de profundidade não se diferiu em comparação com a testemunha tendo valores bem próximos ao número de grãos por espiga, já os tratamentos com aplicação de cálcio em superfície e tratamento que concedeu a aplicação de corretivo associado a descompactação na camada de 0,15 a 0,30 m não se diferiram entre si, estes apresentaram um desempenho superior de 633,4 e 636,7 respectivamente.

**Tabela 5. Grãos por espiga da cultura do milho**

<b>Tratamentos</b>	<b>Grãos espiga</b>
Testemunha	630,9 ab
Somente subsolagem	584,1 b
Subsolagem 100% 2º camada	624,7 ab
Cálcio em superfície	633,4 a
Subsolagem 100% 1º camada	636,7 a

**Autoria própria, 2023**

Ao verificar a Massa de Mil Grão tabela 4, nota se que o tratamento com subsolagem e aplicação na camada 0,3 – 0,4 m apresentou diferença significativa comparado a testemunha e os demais tratamentos, com resultado inferior. Os tratamentos apenas subsolagem, aplicação corretiva em superfície e subsolagem corretiva no perfil de 0,15 – 0,3 m não se diferenciam estatisticamente entre si e com a testemunha, apresentando assim desempenho superior em comparação ao tratamento de subsolagem corretiva na 1º camada.

**Tabela 6. Massa de mil grãos da cultura do milho**

<b>Tratamentos</b>	<b>MMG</b>
Testemunha	321 a
Somente subsolagem	326 a
Subsolagem 100% 2º camada.	293 b
Cálcio na superfície	327 a
Subsolagem 100% 1º camada	329 a

**Autoria própria, 2023**

O tratamento com a subsolagem e aplicação do corretivo na 2º camada teve um desempenho inferior comparado com os demais tratamentos apresentando

11.025,7 kg ha<sup>-1</sup> de grão de milho, tendo assim diferença significativa dos tratamentos subsolagem sem aplicação de Cálcio, aplicação corretiva com descompactação na camada 0,15 – 0,3 m e testemunha. Em sequência deste tratamento o que apresentou um desempenho superior foi o tratamento com apenas subsolagem que apresentou produtividade de 12.119,2 Kg ha<sup>-1</sup> o que não apresentou diferença estatisticamente com os demais. Os tratamentos testemunha sem aplicação de corretivo de acidez e descompactação, cálcio em superfície e subsolagem com aplicação de corretivo na 1º camada 0,15 a 0,30 m apresentaram produtividade de grãos por ha de 12.908,8 Kg ha<sup>-1</sup>, 12.712,7 Kg ha<sup>-1</sup> e 12.853,4 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

**Tabela 7. Produtividade de grãos por ha da cultura do milho.**

<b>Tratamentos</b>	<b>Produtividade Kgha<sup>-1</sup></b>
Testemunha	12712,7 a
Somente subsolagem	12119,2 ab
Subsolagem 100% 2º camada	11025,7 b
Cálcio na superfície	12908,8 a
Subsolagem 100% 1º camada	12853,4 a

**Autoria própria, 2023.**

Para a cultura do feijão safrinha foi possível observar que a massa de Mil grãos menor foi apresentada no tratamento testemunha, este apresentando um resultado bem inferior comparado aos demais, se diferenciando significativamente. O tratamento que apresentou melhor desempenho na massa de mil grãos da cultura do feijão foi o tratamento com a subsolagem e aplicação do corretivo de acidez na camada 0,3 m a 0,4 m e em seguida os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si, ou seja, os tratamentos apenas subsolagem, aplicação corretiva na superfície e subsolagem corretiva na 1º camada.

**Tabela 8. Massa de mil grãos da cultura do feijão safra 2023/2023.**

<b>Tratamentos</b>	<b>MMG</b>
Testemunha.	171 c
Somente subsolagem	181 bc
Subsolagem 100% 2º camada.	210 a
Cálcio na superfície	189 b
Subsolagem 100% 1º camada	186 b

---

**Autoria própria, 2023**

Ao avaliar a produtividade de grãos por ha da cultura do feijão foi possível observar que o tratamento que apresentou melhor desempenho foi o tratamento com subsolagem corretiva na camada 0,15 – 0,3 m com 2.816 Kg ha<sup>-1</sup> o mesmo não diferiu significativamente do tratamento apenas subsolagem que apresentou 2.759 Kg ha<sup>-1</sup>, estes tratamentos apresentaram diferença significativa dos demais tratamentos subsolagem corretiva na 2<sup>o</sup> camada, aplicação em superfície e testemunha que apresentaram as seguintes produções 2.461 Kg ha<sup>-1</sup>, 2.390 Kg ha<sup>-1</sup> e 2.257 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Tabela 7).

**Tabela 9. Produtividade de grãos por ha da cultura do feijão safra 2023/2023.**

Tratamentos	Produtividade Kg ha <sup>-1</sup>
Testemunha	2257 b
Somente subsolagem	2750 a
Subsolagem 100% 2 <sup>o</sup> camada	2461 b
Cálcio na superfície	2390 b
Subsolagem 100% 1 <sup>o</sup> camada	2816 a

**Autoria própria, 2023**

No estudo de Santos (2022) em comparativo de subsolagem e aplicação de corretivos em profundidade foi possível observar melhores produtividades da cultura do milho em relação à testemunha, mas este não obteve diferença significativa entre os demais tratamentos.

Em um estudo conduzido por Souza et al. (2019), não foram encontradas diferenças significativas na produtividade de milho entre áreas que receberam a aplicação de corretivos de acidez do solo (calcário) e áreas não corrigidas. Os resultados sugerem que, no contexto específico do estudo, a acidez do solo não foi um fator limitante para o desempenho da cultura.

Segundo Kraemer (2022), trabalho realizado um ano antes, por se tratar de um solo com níveis adequados ao avaliar resistência a penetração do solo e aspectos químicos, ou seja, este não apresenta limitações quanto a (pH, MO, V%, H+Al, Al<sup>+3</sup>,



m%,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ , P,  $\text{K}^+$ ), as respostas tem sido nulas ou quase inexistentes a partir da aplicação de corretivo.

Em estudo de França e Mesquita (2021) não foi possível verificar diferença significativa entre os tratamentos com utilização de formulados com e sem cálcio em sua composição, visto que em função das condições pré-existentes do solo, os adubos com ou sem corretivo não apresentam respostas significativas nas plantas e na produtividade, apesar de apresentarem uma tendência de melhoria na produtividade.

Segundo Pias (2020) em seu trabalho não obteve diferenças significativas na produtividade da cultura da soja, no qual utilizou se de diferentes estratégias de calagem, o que também foi possível observar nos resultados prévios observados por Rodrihero et al. (2015).

Após 2 anos com a intervenção mecânica e aplicação da fonte corretiva de acidez verificou se que devido ao solo apresentar sistema plantio direto a vários anos livre de compactação e acidez não se teve grandes diferenças em comparação aos tratamentos.

## **6 CONCLUSÃO**

Em relação a produtividade da cultura do milho apresentou diferença significativa apenas para o tratamento onde houve aplicação na camada 0,3 m a 0,4 m de profundidade, podendo estar relacionado a deposição do cálcio em subsuperfície afetar a disponibilidade de demais nutrientes.

Na produtividade do feijão verificou-se que a utilização do descompactador e aplicação na primeira camada do solo apresentou melhores resultados o mesmo não aconteceu para a MMG.

Ao comparar tratamentos com descompactação e aplicação do corretivo de acidez e tratamentos sem descompactação observa se pequena diferença significativa, o mesmo acontece quando se compara ao tratamento com aplicação superficial do cálcio.

Portanto para se obter resultados mais concretos recomenda-se a realização de avaliações nos anos subsequentes para assim ter mais assertividade nos parâmetros estabelecidos e assim verificar a necessidade da utilização deste modelo de equipamento.

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez do solo**: Características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA - Boletim Técnico 6, 2005, 24 p.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- AMADO, T.J.C. *et al.*; Projeto Aquarius 15 anos: Principais resultados do mais longo Projeto de Agricultura de Precisão do Brasil. **Revista Plantio Direto**, v. 1, 2015, p. 2843.
- ARTUZO, F. D. FOGUESATTO, C. R. DE SOUZA, A. R. L. DA SILVA, L. X. Gestão de custos na produção de milho e soja. **REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO DE NEGÓCIOS Review of Business Management RBGN** São Paulo v.20 n.2, 2018. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/rbgn/a/H8Kzjc6pBy6n4FMTKHHTRnp/abstract/?lang=pt>  
Acesso em 21 de maio 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MILHO (**Abimilho**). Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas/consumo> Acesso em: 21 de maio de 2022.
- CAIRES, E. F. *et al.* Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 161-169; 2000.
- CONAB - **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. 2º. Levantamento da safra brasileira de grãos 2018/2019. Disponível em:  
<https://www.conab.gov.br/%20info-agro/safras/graos> Acesso em: 18 de maio de 2022.
- DALLA NORA, D. **Melhoria dos atributos químicos da camada de enraizamento e seu efeito sobre a produtividade das culturas em Sistema Plantio Direto**. 2017. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- EMBRAPA. **Clima**. Disponível em:  
<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm> Acesso em 19 de maio de 2022.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília: Embrapa – CNPS, 2018.
- FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Histórico**. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/historico>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: O estudo que está por trás do que se vê**. 5 ed. Passo Fundo: Editora UPF. 2011. 734 p.
- FLOSS, E. L. **Maximizando o rendimento da soja: Ecofisiologia, Nutrição e Manejo**. 2. Ed. Passo Fundo: Editora Aldeia Sul. 2022. 416 p.

FRANÇA, B.B S. A.; MESQUITA, I. L. de. **Resposta da adubação química na semeadura de forma isolada ou complementada com adubo organomineral e calcário na cultivar BRS Estilo**. 2021. 30f . il Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

KRAEMER, B.L; **descompactação e correção da acidez do solo subsuperficial em sistema de plantio direto**. 2022. 65 pág. Dissertação Mestrado em sistemas integrados de produção agropecuária Universidade Tecnológica Federal do Paraná Dois Vizinhos. 2022.

OLIVEIRA, C. M., SANTANA, A. C., & HOMMA, A. K. O. Os custos de produção e a rentabilidade da soja nos municípios de Santarém e Belterra, estado do Pará. **Acta amazônica**, 43(1), pg. 23-32, 2012.

PADILHA, H. C. *et al.* **Importância do consumo do feijão comum para o brasileiro**. In: Embrapa Arroz e Feijão-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 12., 2017, Piracicaba. Produtividade e sustentabilidade da cultura do feijão: do campo para a mesa: resumos. Piracicaba: CENA: IAC, 2017.

PICCIN, M. *et al.* Limitações físicas e químicas do subsolo para o aprofundamento radicular em Sistema de Plantio Direto. **Revista Agronomia Brasileira da Universidade Estadual Paulista**, v. 3, n. 3, 2019.

PICCIN, M. **Estratégias de Manejo físico e químico para melhoria dos atributos da camada de enraizamento profunda em sistema plantio direto de qualidade**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

POSSAMAI, E. J. *et al.* **Adoption of the direct planting system in Paraná: A (re)view**. Revista Brasileira de Ciência do Solo [online]. 2022, v. 46 [Access 16 May 2022]: <<https://doi.org/10.36783/18069657rbc20210104>>. Epub 17 Jan 2022. ISSN 1806-9657. <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20210104>.

ROSOLEM, C.A. *et al.* **Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo**. *Bragantia*. Insituto Agrônômico de Campinas, Campinas v.53, n.2, p.259-266, 1994.

ROSOLEM, C.A. *et al.* **Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 5, 1999.

REVILLA P. *et al.* **Estímulo à germinação e desenvolvimento inicial da cultivar de milho AS 1820 com o bioestimulante Stimullum**. Disponível em: <https://www.brazilianjournalofscience.com.br/revista/article/view/220>. Vol. 1 nº 11 (2022): Revista Brasileira de Ciências Agrárias e Biológicas. Acesso em 18 de maio de 2022.

SALVADOR, C. A. **Feijão - análise da conjuntura agropecuária**. Curitiba: DER/SAA, 2014.

SILVEIRA JÚNIOR, S. D. *et al.* Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob plantio direto submetido à descompactação mecânica e biológica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1854-1867, 2012.

SAKO, H. *et al.* CESB. Boletim Técnico n.1: **Relações de enraizamento e cálcio no solo para alta produtividade da Safra 15/16**. Sorocaba, 2015.

SAKO, H. *et al.* **Fatores decisivos para se obter produtividade de soja acima de 4.200 Kg / ha**. CESB: Sorocaba, 2016. Boletim Técnico n.2

ZIGLIO, C. M. *et al.* **Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo**. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 42, n. 2, 1999.

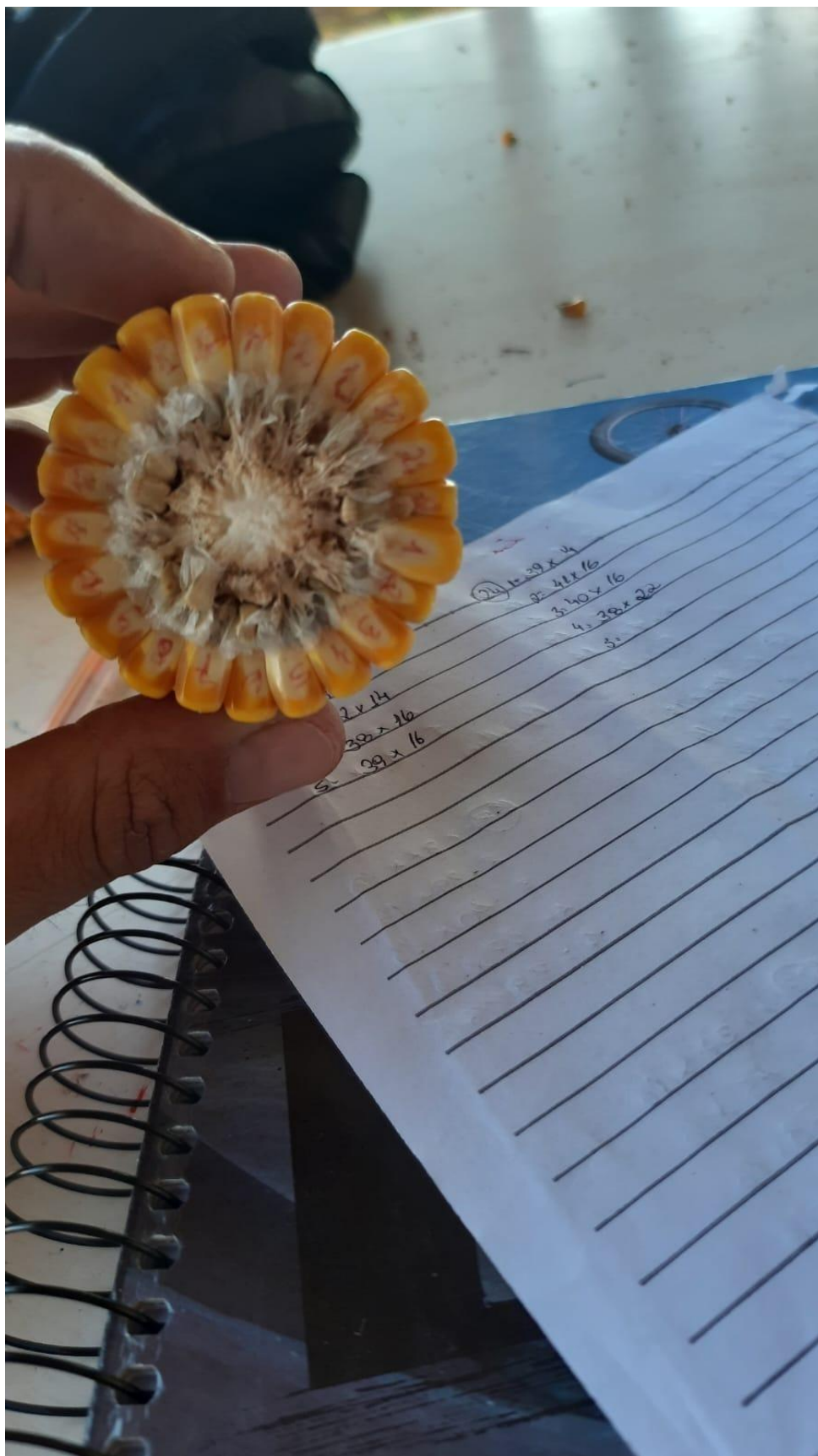
### APÊNDICE A- Subsolação corretiva



### APÊNDICE B - Aplicação do corretivo em superfície



### APÊNDICE C- Determinação dos componentes de rendimento do milho safra.



**APÊNDICE D – Determinação umidade milho safra 22/23.**



**APÊNDICE E- GRÃOS DE FEIJÃO SOBRE ALTO DANO DE MOFO BRANCO.**

