

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUANA VITORIA DA ROSA SIMON

USO DE RESÍDUO DE GESSO INDUSTRIAL EM SOLO AGRÍCOLA

FRANCISCO BELTRÃO

2023

LUANA VITORIA DA ROSA SIMON

USO DE RESÍDUO DE GESSO INDUSTRIAL EM SOLO AGRÍCOLA

USE OF INDUSTRIAL GYPSUM WASTE ON AGRICULTURAL SOIL

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Eder da Costa dos Santos.

Coorientador: Moacir Tuzzin de Moraes.

FRANCISCO BELTRÃO

2023



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

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LUANA VITORIA DA ROSA SIMON

USO DE RESÍDUO DE GESSO INDUSTRIAL EM SOLO AGRÍCOLA

USE OF INDUSTRIAL GYPSUM WASTE ON AGRICULTURAL SOIL

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Eder da Costa dos Santos.

Coorientador: Moacir Tuzzin de Moraes.

Data de aprovação: 06 de dezembro de 2023

Eder da Costa dos Santos
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - FB)

Moacir Tuzzin de Moraes
Doutorado
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo (ESALQ/USP)

Adir Silvério Cembranel
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - FB)

FRANCISCO BELTRÃO

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, saúde e, discernimento para a realização de mais uma conquista.

Minha mãe e avó, Vanderleia e Amélia, por me fornecerem toda a educação, apoio, amor e, pelos sacrifícios realizados para que esse momento fosse possível. Essa conquista é de vocês também!

Aos meus orientadores, Dr. Eder e Dr. Moacir, por terem aceito o convite e compartilhado comigo o seu tempo, paciência, dedicação e conhecimento, me auxiliando do início ao fim para que este trabalho fosse concluído. Obrigada por tudo.

Agradeço ao Dr. Adir, por se disponibilizar em fazer parte da banca avaliadora e contribuir com melhorias para o trabalho.

Aos meus amigos, minha segunda família, que me proporcionaram boas lembranças e momentos felizes dentro e fora da faculdade, fazendo com que essa trajetória fosse mais fácil.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, me ajudaram a chegar até aqui.

RESUMO

A disposição final dos resíduos de gesso da construção civil tem acarretado vários problemas ambientais devido ao seu tratamento inadequado, resultando na contaminação do meio ambiente. Assim, busca-se opções para reciclar esses resíduos visando, reduzir os impactos na natureza. Este trabalho tem como objetivo quantificar o efeito da aplicação do resíduo de gesso industrial em solo argiloso para cultivo de milho, no município de Enéas Marques, no Sudoeste do Paraná. O delineamento experimental foi realizado em blocos com seis tratamentos (controle, calcário, gesso agrícola, gesso agrícola + calcário, resíduo de gesso, resíduo de gesso + calcário) e três repetições, totalizando 18 unidades experimentais. As parcelas foram constituídas de dez metros de comprimento por dez de largura. A cultura do milho foi cultivada com espaçamento entre linhas de 90 cm. Amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm antes da aplicação dos tratamentos para a determinação dos atributos químicos do solo (parâmetros de acidez, macro e micronutrientes). A produtividade de grãos e a produção de biomassa da parte aérea da cultura do milho foram analisadas.

Palavras-Chave: sustentabilidade; reciclagem; correção do solo.

ABSTRACT

The final disposal of gypsum waste from civil construction has caused several environmental problems due to its inadequate treatment, resulting in environmental contamination. Therefore, options are sought to recycle this waste to reduce impacts on nature. This work aims to quantify the effect of applying industrial gypsum residue on clayey soil for corn cultivation, in the municipality of Enéas Marques, in the Southwest of Paraná. The experimental design was carried out in blocks with six treatments (control, limestone, agricultural gypsum, agricultural gypsum + limestone, gypsum residue, gypsum residue + limestone) and three replications, totaling 18 experimental units. The plots were ten meters long by ten meters wide. The corn crop was cultivated with a row spacing of 90 cm. Soil samples were collected in layers 0-5, 5-10, 10-20, and 20-40 cm before applying treatments to determine soil chemical attributes (acidity, macro and micronutrient parameters). Grain productivity and biomass production of the aerial part of the corn crop were analyzed.

Keywords: sustainability; recycling; soil correction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma do processo de reciclagem dos resíduos de construção civil.	15
Figura 2 - Efeito da calagem, planta sem calcário – planta com calcário.	16
Figura 3 - Efeito do gesso em profundidade, planta sem gesso – planta com gesso.	18
Figura 4 - Fluxograma de reciclagem do gesso.	20
Figura 5 - Localização da área experimental.	22
Figura 6 - Precipitação pluviométrica e temperatura média de Enéas Marques.	23
Figura 7 - Esquema da implantação do experimento.	23
Figura 8 - Aplicação dos tratamentos.	24
Figura 9 - Coleta de amostras de solo para caracterização química.	25
Figura 10 - Produtividade total.	28
Figura 11 - Precipitação pluviométrica no ano de 2021 de Dois Vizinhos.	29
Figura 12 - Altura das plantas.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos avaliados antes da implantação do experimento.	25
Tabela 2 - Análise de Variância para a Produtividade de Grãos.....	28
Tabela 3 - Análise de Variância para a Produção de Biomassa da Parte Aérea.	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cfa	Clima Subtropical Úmido
cm	Centímetro
Cmol _c .dm ⁻³	Centimol de carga por decímetro cúbico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTC	Capacidade de troca catiônica
g.dm ⁻³	Gramas por decímetro cúbico
kg.ha ⁻¹	Quilograma por Hectare
Km	Quilometro
m	Metro
m ²	Metro Quadrado
mm	Milímetro
mg.dm ⁻³	Miligramas por decímetro cúbico
mg.kg ⁻¹	Miligramas por Hectare
PRNT	Poder Relativo de Neutralização Total
RCC	Resíduos de Construção Civil
SDA	Secretaria de Defesa Agropecuária
SPD	Sistema de Plantio Direto

LISTA DE SÍMBOLOS

Al^{3-}	Alumínio
AlOH	Hidróxido de alumínio
AlSO_4^{4+}	Sulfato de Alumínio
Ca^{2+}	Cálcio
CaCl_2	Cloreto de Cálcio
CaCO_3	Carbonato de Cálcio
CaO	Óxido de Cálcio
Cd	Cádmio
CO_2	Dióxido de Carbono
CO_3^{2-}	Carbonato
Cr	Cromo
Cu	Cobre
HCO_3^-	Bicarbonato
H_2O	Água
K	Potássio
KOH	Hidróxido de Potássio
Mg	Magnésio
MgCO_3	Carbonato de Magnésio
MgO	Óxido de Magnésio
Mn^{2+}	Manganês
Na	Sódio
Ni	Níquel
Pb	Chumbo
pH	Potencial Hidrogeniônico
SO_4^{2-}	Sulfato
Zn	Zinco
%	Porcentagem
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3.	REVISÃO DA LITERATURA	15
3.1	Uso e Destinação de Resíduos da Construção Civil	15
3.2	Calagem	16
3.2.1	Alterações no Solo	17
3.3	Gessagem	17
3.3.1	Alterações no Solo	19
3.4	Gesso Industrial	19
4.	MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1	Área Experimental	22
4.2	Delineamento Experimental	23
4.3	Caracterização Química do Solo	24
4.4	Cultivo e Adubação	26
4.5	Avaliação do Milho	27
4.6	Análise Estatística	27
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.	CONCLUSÃO	32
	ANEXO A - Laudo de Análise do Resíduo de Gesso	37

1. INTRODUÇÃO

O aumento contínuo da população faz com que as regiões urbanas cresçam cada vez mais, fomentando o crescimento do setor de construção civil. Entretanto, o descarte incorreto dos resíduos no meio ambiente também se eleva, ocasionando vários problemas ambientais. Assim, o desenvolvimento sustentável em todos os processos dos setores produtivos, é de suma importância para não comprometer os recursos do planeta e gerações futuras.

A demanda por gesso aumenta junto ao desenvolvimento do setor de construção civil. No Brasil, mais de 50% do gesso produzido é destinado para o setor (ALMEIDA; SOARES; MATOS, 2020) com aplicações diversas devido à resistência do material, isolamento térmico e acústico, alta durabilidade, facilidade na montagem e baixo custo (OLIVEIRA, 2016). A classificação do resíduo de gesso foi alterada da Classe C para a Classe B pela Resolução CONAMA nº 431/11 (BRASIL, 2011). Isso indica que o gesso industrial pode ser reaproveitado (como fertilizante ou condicionador de solo na agricultura) ou reciclado (retorno ao início do ciclo de produção).

O reaproveitamento de resíduos agropecuários (ex: dejetos de suínos (LOURENZI et al., 2016; MORAES et al., 2014; OLIVEIRA; FILHO; BARBOSA, 2016), dejetos de bovinos (OLIVEIRA; FILHO; BARBOSA, 2016), cama de aviários (FERREIRA; CERVEIRA; ANDREAZZI, 2015; OLIVEIRA; FILHO; BARBOSA, 2016), etc.), urbanos (ex: compostos orgânicos de lixo urbano (STROJAKI et al., 2013), compostagem, etc.) e industriais (ex: resíduos de estações de tratamento de efluentes (HECK et al., 2012), resíduos líquidos agroindustriais (MORAES; SILVA; ARNUTI, 2012), resíduos de couro hidrolisado (BAVARESCO et al., 2019), resíduos líquidos salinos farmacêuticos (FINK et al., 2021), etc.) têm sido frequentemente avaliados para o uso na agricultura como fertilizantes ou condicionadores de solo. Na agricultura, o uso de fontes alternativas de nutrientes têm sido uma prática incentivada principalmente devido à redução das reservas minerais (FIXEN; JOHNSTON, 2012; WITHERS et al., 2018). Portanto, o reaproveitamento de resíduos de gesso industrial pode ser uma estratégia interessante para a agricultura. O uso de gesso agrícola tem sido testado em diversas culturas, e tem apresentado resultados positivos quando usado em solos com baixos teores de cálcio e enxofre, teores elevados de alumínio, e em regiões com ocorrência de períodos de deficiência hídrica durante o crescimento das plantas.

Quando a deposição de resíduos da construção civil, em especial, os resíduos de gesso industrial, ocorrem em locais inapropriados, o sulfato do gesso pode ser reduzido

biologicamente por bactérias anaeróbias e formar gás sulfídrico (H_2S) que é tóxico e inflamável, favorece a liberação de íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} (FEITOSA, 2018; OLIVEIRA, 2016).

A otimização no uso dos recursos junto a redução na produção de resíduos, apresenta-se como uma alternativa na preservação do meio ambiente, por isso torna-se relevante o estudo de reaproveitamento do resíduo de gesso da construção civil, inserindo-o novamente na cadeia produtiva e, conseqüentemente, reduzindo o consumo de recursos naturais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Quantificar o efeito na cultura de milho após a aplicação de resíduo de gesso industrial em solo argiloso.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o impacto do uso de resíduo de gesso industrial e gesso agrícola na produção de grãos;
- Avaliar o impacto do uso de resíduo de gesso industrial e gesso agrícola na produção de biomassa da parte aérea (folhas e colmo).

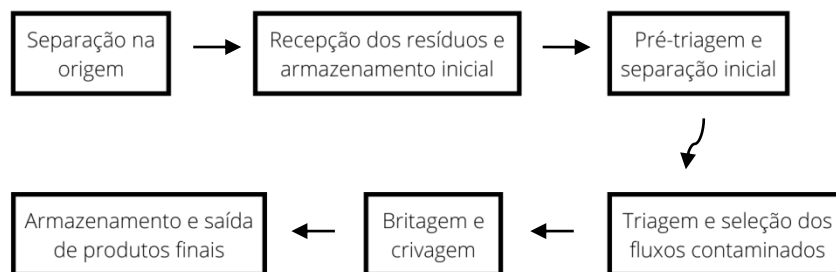
3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Uso e Destinação de Resíduos da Construção Civil

O crescimento do setor de construção civil é acompanhado pelo seu alto nível de consumo dos recursos naturais e da geração de resíduos (SANTOS; CABRAL, 2020). Atualmente, os resíduos de construção civil (RCC) representam cerca de 56% dos resíduos sólidos urbanos coletados no país (ABRELPE, 2020).

Devido a alta taxa de geração dos RCC, o principal problema é dado pela sua disposição irregular, necessitando de medidas mais eficazes em seu gerenciamento bem como uma maior fiscalização dos órgãos competentes (ALMEIDA; SOARES; MATOS, 2020; CARDOSO; GALATTO, 2014). É fundamental a segregação na fonte geradora dos resíduos para garantir o adequado reaproveitamento e para prevenir a contaminação ambiental e riscos à saúde pública (ROSADO; PENTEADO, 2020). A Figura 1 mostra o processo de reciclagem para os RCC:

Figura 1 - Fluxograma do processo de reciclagem dos resíduos de construção civil.



Fonte: CARDOSO; GALATTO, 2014.

Os resíduos de construção civil apresentam mais de 75% de potencial para serem valorizados, reciclados ou reutilizados, de modo que o não reaproveitamento desses resíduos expressa na perda de uma importante fonte de materiais alternativos (SANTOS; CABRAL, 2020). A reciclagem desses resíduos gera a redução no consumo de recursos naturais e de matéria-prima de fontes não renováveis, contribuindo na diminuição de sua disposição irregular (CARDOSO; GALATTO, 2014).

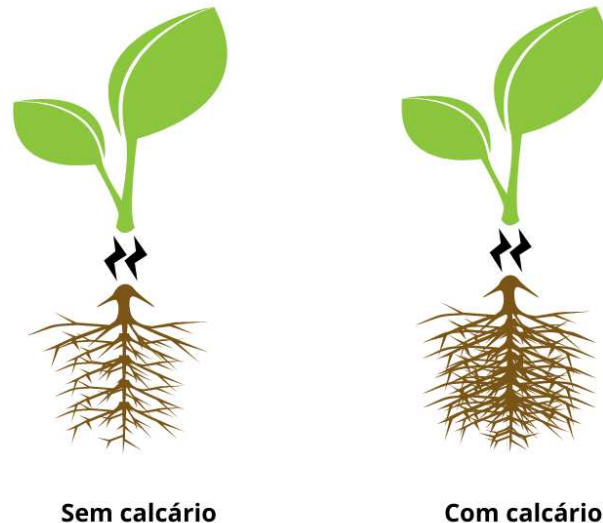
3.2 Calagem

As culturas dos solos tropicais e subtropicais, tem como atributo a acidez e a baixa disponibilidade de nutrientes, limitando a produtividade das plantas (DE CASTRO PIAS et al., 2020). A calagem visa aumentar o pH do solo, melhorando a capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação de base, reduzindo a atividade de elementos tóxicos (Al^{3+} e Mn^{2+}) às plantas (BOSSOLANI et al., 2021) e estimulando o desenvolvimento das raízes (Figura 2).

No sistema plantio direto (SPD) o efeito da calagem é mais restrita a superfície do solo, pois sua ação é muito mais lenta e restrita ao local de aplicação (CLEMENTE et al., 2017; DALLA NORA et al., 2017) não atingindo a correção da acidez nas camadas subsuperficiais (CLEMENTE et al., 2017).

A correção da acidez realizada pelo calcário cria uma frente alcalinizante que avança gradualmente através do perfil do solo, resultando no aumento do pH e dos teores de cálcio e magnésio, reduzindo a toxidez de Al^{3+} (BOSSOLANI et al., 2021; TIECHER et al., 2018).

Figura 2 - Efeito da calagem, planta sem calcário – planta com calcário.



Fonte: Autor, 2021.

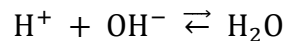
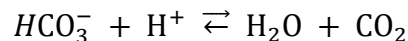
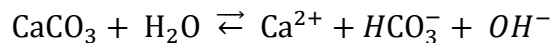
Quando a aplicação do calcário é em associação ao gesso, deve-se fazer o seu uso antes, pois quando o gesso é aplicado primeiro ou no mesmo dia que a calagem, a solução do solo tenderá a estar saturada com Ca^{2+} , oriundo da dissolução do $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, resultando na redução da velocidade da reação de hidrólise do $CaCO_3$ do calcário e conseqüentemente, no

aumento do tempo necessário para que este insumo possa ter efeito sobre a acidez do solo (EMBRAPA, 2017).

3.2.1 Alterações no Solo

A calagem é eficiente no aumento do teor de cálcio (CLEMENTE et al., 2017) e é o tratamento mais utilizado para correção da acidez do solo, reduzindo os efeitos tóxicos do Al^{3+} e Mn^{2+} trocáveis (DE CASTRO PIAS et al., 2020; VIEIRA FONTOURA et al., 2019), aumentando assim, a disponibilidade de nutrientes para a cultura (VIEIRA FONTOURA et al., 2019). Mesmo em solos com boa qualidade química, o calcário apresentou bons resultados com o seu uso (DALLA NORA et al., 2017).

O calcário é constituído basicamente de carbonatos de cálcio e de magnésio ($CaCO_3$ e $MgCO_3$) em diferentes proporções. Quando é dissolvido, sofre a seguinte reação:



A neutralização da acidez do solo ocorre pela reação OH^- com os íons H^+ ou Al^{3+} da solução do solo, resultando em um precipitado na forma de $Al(OH)_3$, também há a reação do bicarbonado (HCO_3^-) com o íon H^+ , originando CO_2 . Salienta-se que o carbonato (CO_3^{2-}) é uma base fraca, assim, a formação dos íons neutralizantes OH^- é lenta, razão pela qual há necessidade de o calcário ser aplicado com antecedência ao plantio (EMBRAPA, 2017).

3.3 Gessagem

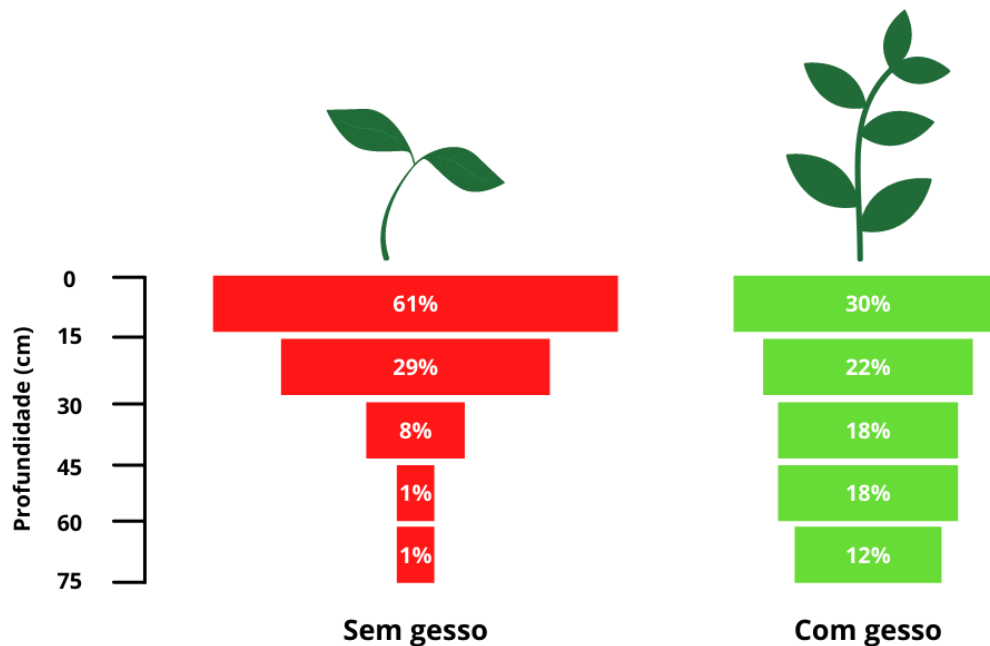
No Brasil, os primeiros registros de utilização do gesso agrícola são do Instituto Agrônomo de Campinas no século XIX. Desde então, autores têm pesquisado sobre o efeito do uso de gesso agrícola em cultivos (COSTA et al., 2011).

A utilização do gesso agrícola no SPD, visa elevar os teores de cálcio e enxofre, condicionando o ambiente em subsuperfície (TIECHER et al., 2018). Assim, o uso de gesso permite um enraizamento mais profundo, com maior exploração do volume do solo (CLEMENTE et al., 2017; SILVA NETO et al., 2015; TIECHER et al., 2018; ZANDONÁ et

al., 2015) devido à redução das limitações químicas causada pelo alumínio trocável (SILVA NETO et al., 2015; ZANDONÁ et al., 2015) e a deficiência de cálcio ou enxofre, em camadas subsuperficiais. O incremento da profundidade efetiva do sistema radicular resulta em melhor eficiência na absorção de água e nutrientes, proporcionando maior resistência ao estresse hídrico (CLEMENTE et al., 2017; PAULETTI et al., 2014; SILVA NETO et al., 2015).

Além disso, sua ação ocorre em maior profundidade comparada com a do calcário, pois a solubilidade do gesso é aproximadamente 150 vezes maior do que o calcário (ZANDONÁ et al., 2015). A elevada solubilidade do gesso facilita a percolação no perfil do solo (Figura 3) promovendo alguns benefícios, tais como o fornecimento de Ca^{+2} em profundidade, a redução da saturação de Al^{3+} em subsuperfície, o aprofundamento e melhoria do sistema radicular, o aumento da massa de raízes, a facilitação de absorção de água e nutrientes em camadas subsuperficiais, e maior tolerância das plantas a períodos maiores sem precipitação pluviométrica (KORNDORFER, 2010).

Figura 3 - Efeito do gesso em profundidade, planta sem gesso – planta com gesso.



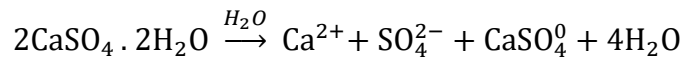
Fonte: Adaptado de EMBRAPA, 2016.

A aplicação do gesso agrícola deve ser baseada conforme as recomendações técnicas para evitar custos desnecessários e efeitos indesejados, como a lixiviação de bases trocáveis (Mg, K), deficiências de nutrientes e baixos rendimentos da colheita (PAULETTI et al., 2014; TIECHER et al., 2018).

3.3.1 Alterações no Solo

A baixa qualidade química e a alta acidez no solo pode restringir o crescimento das raízes e reduzir a absorção de água e nutrientes, resultando em baixos rendimentos da cultura produzida (DALLA NORA et al., 2017; TIECHER et al., 2018). O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é utilizado como condicionador de solo, pois sua maior solubilidade melhora as propriedades químicas (CAIRES et al., 2015; CLEMENTE et al., 2017; DALLA NORA et al., 2017) e físicas das camadas subsuperficiais (CLEMENTE et al., 2017).

O efeito do gesso no solo ocorre devido à sua dissolução que resulta na liberação dos íons cálcio (Ca^{2+}) e sulfato (SO_4^{2-}), conforme a reação:



A lixiviação de Ca^{+2} e SO_4^{-2} resulta na troca iônica com Al^{3+} , transformando-o em um componente menos tóxico na forma de AlSO_4^{+} (forma menos absorvida pelas raízes) (BOSSOLANI et al., 2021; CLEMENTE et al., 2017; ZANDONÁ et al., 2015). Entretanto, apesar do uso de gesso apresentar aumento da saturação por bases e diminuição da saturação de alumínio na subsuperfície, ele não provoca o aumento do pH do solo pois Ca^{2+} e SO_4^{2-} não são neutralizantes de acidez (EMBRAPA, 2017; SILVA NETO et al., 2015).

Além das propriedades químicas, o gesso pode melhorar as propriedades físicas do solo, aumentando sua força iônica, melhorando a agregação do solo e a estabilidade do agregado e favorecendo a formação de bioporos e a infiltração de água no solo por meio do aumento do crescimento da raiz da planta (TIECHER et al., 2018).

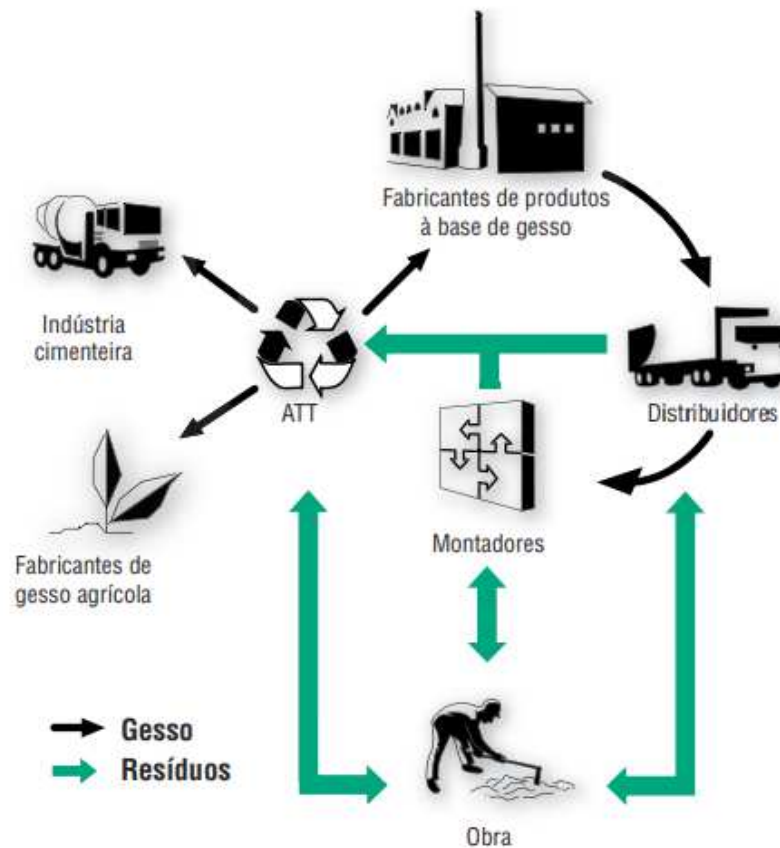
3.4 Gesso Industrial

Seu processo de fabricação ocorre pela extração da gipsita e posteriormente, passando por alguns processos de beneficiamento (britagem, moagem grossa, estocagem, secagem, moagem fina e acondicionamento) para adequação ao tipo de forno onde será calcinada, esse é um processo térmico onde o mineral é desidratado para que 75% da água de cristalização seja retirada da estrutura para obter o hemidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$), sua principal característica

é a fácil recristalização pela adição de água (ALMEIDA; SOARES; MATOS, 2020) proporcionando a redução do consumo de mineral de origem (PINHEIRO, 2011).

O gesso proveniente dos RCC, quando segregados readquirem as características químicas do minério de origem, podendo ser reaproveitados de várias maneiras na cadeia produtiva (Figura 4) (FEITOSA, 2018). O resíduo de gesso é composto por características físico-químicas semelhantes ao gesso agrícola tornando-se uma alternativa para uso na agricultura (SILVA NETO et al., 2015).

Figura 4 - Fluxograma de reciclagem do gesso.



Fonte: Associação Brasileira do Drywall, 2012.

O consumo de mão de obra para a remoção de materiais contaminantes incorporados nos resíduos e o investimento em equipamentos, certamente tornam o processo de reciclagem do gesso mais caro do que a sua fabricação. Entretanto, se realizada sua separação dos demais RCC, os resíduos de gesso readquirem as características químicas da gipsita, podendo ser utilizado novamente na cadeia produtiva (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL, 2012). Um subproduto do gesso industrial que não deve ser destinado para a agricultura, é o

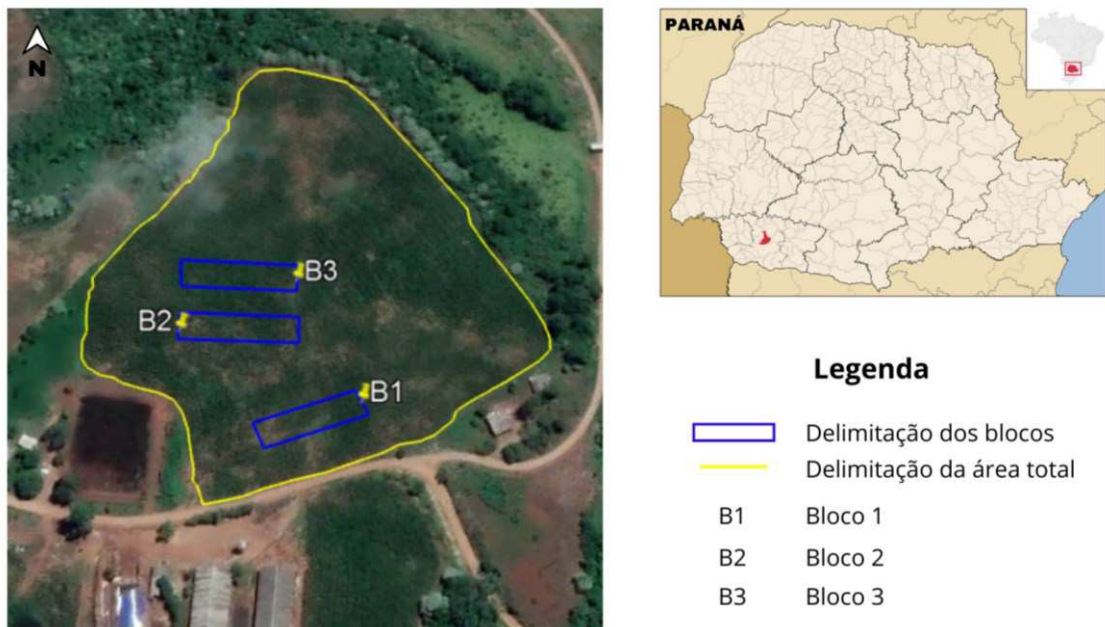
gesso revestido pelo papel acartonado, devido a sua composição que é formado por gesso natural hidratado, papel, fibras de vidro, vermiculita (pode conter amianto), argilas, amido, potassa (KOH), agentes espumantes, dispersantes, hidro-repelentes nas placas resistentes à água, íons de metais e a presença de boro (FEITOSA, 2018).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área Experimental

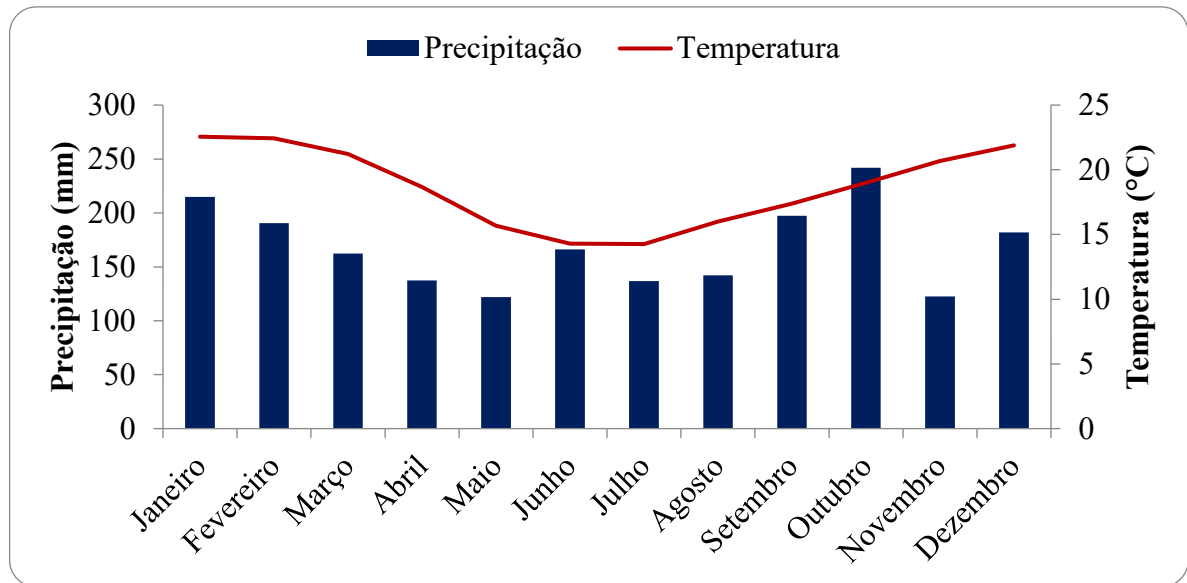
O experimento foi realizado na área rural do município de Enéas Marques – PR, rodovia PR 180, km 470 (25°53'10.3"S, 53°06'45.3"W e 656 m de altitude) (Figura 5). O clima da região é classificado como subtropical úmido (Cfa) com temperatura média de 18,7 °C e precipitação anual de 1982 mm (Figura 6) (ALVARES et al., 2013).

Figura 5 - Localização da área experimental.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 6 - Precipitação pluviométrica e temperatura média de Enéas Marques.



Fonte: Adaptado de Alvares et al., (2013).

4.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso (Figura 7), com seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 parcelas. Os tratamentos foram compostos por: controle (T1), calcário (T2), gesso agrícola (T3), gesso agrícola + calcário (T4), resíduo de gesso (T5) e, resíduo de gesso + calcário (T6). Cada parcela foi constituída de dez metros de comprimento por dez de largura, totalizando 100 m².

Figura 7 - Esquema da implantação do experimento.



Fonte: Autor, 2021.

As doses de calcário e gesso foram homogeneamente espalhadas a lanço na área experimental (Figura 8), aproximadamente 30 e 7 dias antes da implantação da cultura do

milho, respectivamente. O calcário dolomítico era composto por CaO (29%) e MgO (20%), com PRNT de 75,2%, já o gesso agrícola era composto por cálcio (16%) e enxofre (13%).

O resíduo de gesso foi fornecido pela empresa Schneider Decorações em Gesso Ltda, localizada em Marau - RS, e possuía aproximadamente em sua composição, cálcio (24,6%) e enxofre (19,4%), conforme análise disponibilizada pela empresa (Anexo 1). A empresa Schneider utiliza o método Upcycling para reutilização dos resíduos de gesso industriais, onde o material é minimamente processado para reinseri-lo em sua cadeia produtiva. Os resíduos de gesso industriais são fornecidos após serem triturados e passados em peneira com granulometria de 0,30 mm.

Figura 8 - Aplicação dos tratamentos.



Fonte: Autor, 2021.

4.3 Caracterização Química do Solo

Antes da aplicação dos tratamentos foi realizada uma análise para caracterização química do solo, que ocorreu no mês de julho de 2021. As amostras de solo foram coletadas (Figura 9), com auxílio de pá de corte, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e, 20-40 cm, em duas trincheiras (repetições) de cada bloco, totalizando 12 amostras compostas.

Depois da coleta, as amostras foram enviadas à Solanalise Central de Análises Ltda de Cascavel - PR, onde o solo apresentou as características químicas apresentadas na Tabela 1.

Figura 9 - Coleta de amostras de solo para caracterização química.



Fonte: Autor, 2021.

Tabela 1 - Atributos químicos avaliados antes da implantação do experimento.

Profundidade	pH	pH	pH	MO ¹	V ²	Argila
cm	CaCl ₂	H ₂ O	SMP	g dm ⁻³	----- % -----	
0 - 5	5,2 ± 0,1	5,87 ± 0,1	5,83 ± 0,1	44,72 ± 11,6	71,89 ± 3,7	49,33 ± 0,1
05 - 10	5,2 ± 0,1	5,77 ± 0,1	6,00 ± 0,1	31,25 ± 7,6	69,66 ± 6,7	51,33 ± 0,1
10 - 20	5,1 ± 0,1	5,63 ± 0,1	5,93 ± 0,2	22,86 ± 3,3	65,31 ± 9,0	54,33 ± 0,1
20 - 40	5,03 ± 0,1	5,53 ± 0,1	6,10 ± 0,2	18,71 ± 4,6	65,27 ± 9,3	57,67 ± 0,1
Profundidade	Fe ³	Zn ⁴	Cu ⁵	Mn ⁶	P ⁷	S ⁸
cm	----- mg dm ⁻³ -----					
0 - 5	40,3 ± 10,1	19,83 ± 4,6	8,2 ± 0,1	131,17 ± 39,8	40,85 ± 3,8	16,54 ± 5,1
05 - 10	36,57 ± 14,1	13,3 ± 6,8	9,2 ± 1,9	92,8 ± 18,1	16,57 ± 19,6	18,69 ± 6,2
10 - 20	25,47 ± 1,7	8,43 ± 2,4	9,6 ± 1,6	85,93 ± 25,5	4 ± 4,1	10,99 ± 0,6
20 - 40	25 ± 2,5	4,1 ± 1,0	9,73 ± 1,5	75,03 ± 23,6	3,35 ± 9,3	15,63 ± 7,5
Profundidade	Ca ¹⁹	Mg ¹⁰	K ¹¹	Al ¹²	H + Al ¹³	CTC ¹⁴
cm	----- Cmol _c dm ⁻³ -----					
0 - 5	8,92 ± 1,3	3,82 ± 0,3	1,77 ± 0,08	0 ± 0	5,64 ± 0,6	20,16 ± 1,6
05 - 10	7,66 ± 1,8	3,04 ± 0,8	1,09 ± 0,3	0 ± 0	4,97 ± 0,4	16,76 ± 2,5
10 - 20	6,77 ± 1,1	2,64 ± 1,0	0,81 ± 0,5	0,02 ± 0,03	5,27 ± 0,8	15,48 ± 2,0
20 - 40	6,26 ± 1,0	2,11 ± 1,0	0,67 ± 0,5	0,02 ± 0,04	4,64 ± 0,7	13,68 ± 1,8

(¹) Matéria Orgânica; (²) Saturação de Bases; (³) Ferro; (⁴) Zinco; (⁵) Cobre; (⁶) Manganês; (⁷) Fósforo; (⁸) Enxofre; (⁹) Cálcio; (¹⁰) Magnésio; (¹¹) Potássio; (¹²) Alumínio; (¹³) Acidez Potencial; e (¹⁴) Capacidade de Troca Catiônica.

Fonte: Autor, 2021.

A avaliação da acidez ativa e potencial foi realizada por meio da determinação dos valores de pH em água, pH em CaCl_2 e pelo índice SMP. A acidez ativa foi quantificada pela medição do potencial hidrogeniônico (pH) com uso de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:líquido (água e CaCl_2 1 mol L^{-1}), na proporção 1:2,5 e sua determinação foi feita por potenciômetro (TEIXEIRA et al., 2017). A acidez potencial é avaliada pela mudança de pH de uma solução tamponada, obtendo o índice SMP (TEDESCO et al., 1995). O índice SMP apresenta correlação com o valor de H^+Al (acidez potencial), assim esta variável foi calculada conforme NEPAR-SCBS (2019). O fósforo foi obtido pela solução extratora Mehlich-1 e determinado em espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) (TEIXEIRA et al., 2017). Os teores de alumínio (Al^{3+}) foram obtidos por meio de extração com KCL 1 mol L^{-1} e determinação com solução diluída de NaOH (TEIXEIRA et al., 2017). As bases cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+}) foram obtidas na extração da solução de KCL 1 mol L^{-1} e determinados em ICP-OES (TEIXEIRA et al., 2017). As análises dos teores de potássio no solo foram extraídas pela solução Mehlich-1 e determinados em ICP-OES. Os teores de enxofre (S) foram realizadas a partir da extração deste elemento com fosfato de cálcio ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) e determinado por meio de turbidimetria em espectrofotômetro (TEIXEIRA et al., 2017). Os micronutrientes ferro, manganês, cobre e zinco foram obtidos pela solução extratora Mehlich-1 e determinados em ICP-OES (TEIXEIRA et al., 2017).

4.4 Cultivo e Adubação

A cultura do milho foi cultivada em toda a área experimental, sendo esta semeada e colhida em setembro e dezembro de 2021, respectivamente. A adubação da cultura do milho seguiu critérios agronômicos, a qual foi composta pela adubação de base e de cobertura. Ao total, 200, 80 e 80 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, foram aplicados objetivando uma expectativa de produtividade de grãos de 13 a 16 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de milho. A adubação de base do milho foi realizada com a aplicação de 530 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fertilizante formulado 15-15-15 (NPK). Já a adubação de cobertura foi realizada com a aplicação de 120 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N (46-0-0, sendo 260 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de uréia).

Portanto, cada tratamento recebeu as seguintes quantidades:

- Controle (T1): sem calagem e sem gessagem;
- Calcário (T2): 3000 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de calcário dolomítico;
- Gesso agrícola (T3): 2200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de gesso agrícola;

- Gesso agrícola + calcário (T4): 2200 kg.ha⁻¹ de gesso agrícola + 3000 kg.ha⁻¹ de calcário;
- Resíduo de gesso (T5): 2200 kg.ha⁻¹ de resíduo de gesso; e
- Resíduo de gesso + calcário (T6): 2200 kg.ha⁻¹ de resíduo de gesso + 3000 kg.ha⁻¹ de calcário.

4.5 Avaliação do Milho

A cultura do milho foi avaliada quanto aos aspectos de produtividade de grãos e produção de biomassa da parte aérea (folhas e colmo) em 4 m² ao centro de cada parcela. A avaliação de biomassa da parte aérea foi quantificada pela coleta das plantas, as quais foram pesadas e a massa seca, quantificada pela secagem em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 55°C. Para a produtividade de grãos, a umidade foi corrigida também em estufa, para 13%.

O controle de plantas daninhas e pragas, foram realizadas de acordo com a necessidade da cultura.

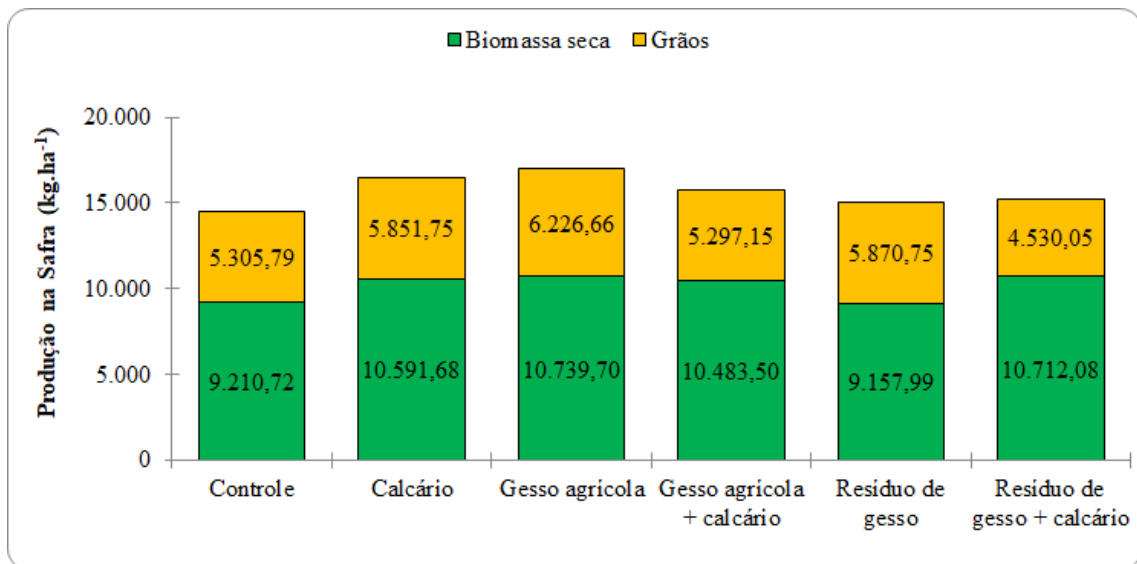
4.6 Análise Estatística

Os dados depois de coletados foram tabulados e compilados em Planilha Eletrônica da Microsoft Excel. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$). Quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SigmaPlot 15.0..

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade dos grãos variou (Figura 10) de 4.530 kg.ha⁻¹ no tratamento com resíduo de gesso + calcário a 6.226 kg.ha⁻¹ no tratamento com gesso agrícola, sendo que a menor produção foi inferior ao tratamento de controle, que produziu 5,306 kg.ha⁻¹. Já a biomassa variou (Figura 10) de 9.157 kg.ha⁻¹ no tratamento com resíduo de gesso a 10.739 kg.ha⁻¹ no tratamento com gesso agrícola, sendo que a menor produção também foi inferior ao tratamento de controle, que produziu 9.211 kg.ha⁻¹.

Figura 10 - Produtividade total.



Fonte: Autor, 2021.

Entretanto, mesmo com as diferenças observadas, de acordo com a análise de variância, não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos na produtividade de grãos (Tabela 2) e na produção de biomassa da parte aérea (folhas e colmo) (Tabela 3).

Tabela 2 - Análise de Variância para a Produtividade de Grãos.

Tratamento	Média	Desvio-padrão
Controle	5306 ^a	401
Calcário	5852 ^a	801
Gesso agrícola	6227 ^a	798
Gesso agrícola + calcário	5297 ^a	1599
Resíduo de gesso	5871 ^a	570
Resíduo de gesso + calcário	4530 ^a	586

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si.

Fonte: Autor, 2023.

Tabela 3 - Análise de Variância para a Produção de Biomassa da Parte Aérea.

Tratamento	Média	Desvio-padrão
Controle	9211 ^a	1603
Calcário	10592 ^a	877
Gesso agrícola	10740 ^a	1385
Gesso agrícola + calcário	10484 ^a	3223
Resíduo de gesso	9158 ^a	593
Resíduo de gesso + calcário	10712 ^a	661

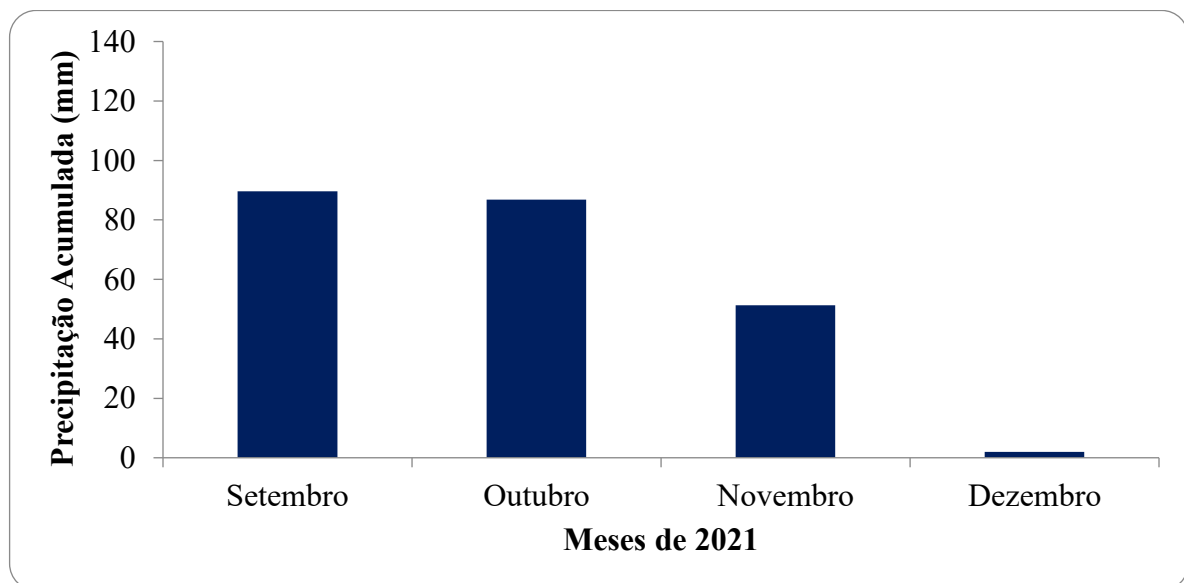
Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si.

Fonte: Autor, 2023.

Observa-se na Figura 11, que houve uma estiagem durante o cultivo do experimento, que resultou em apenas 229,7 mm de precipitação acumulada no período. Logo, é provável que essa condição tenha limitado o potencial produtivo, considerando uma demanda média entre 400 a 600 mm de precipitação por ciclo da cultura (MACHADO, 2016).

Sendo assim, apesar do gesso apresentar bons resultados mesmo em períodos de déficit hídrico devido a sua alta solubilidade, possivelmente não houve diferenças significativas na cultura, devido a boa condição química que o solo já apresentava antes da aplicação dos tratamentos (Tabela 1).

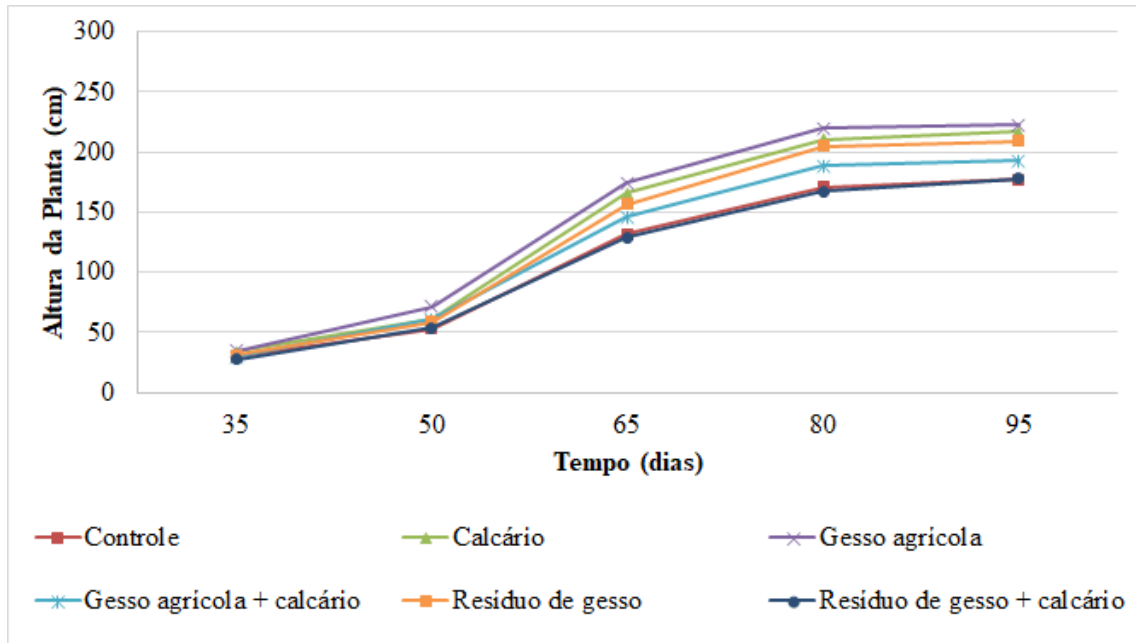
Figura 11 - Precipitação pluviométrica no ano de 2021 de Dois Vizinhos.



Fonte: Adaptado de GEBIOMET, UTFPR - *campus* Dois Vizinhos.

Em condições de estresse hídrico é esperado que haja uma redução da biomassa aérea (folhas e colmo) em função da alocação de recursos para os grãos, evidenciado principalmente pelo encurtamento do ciclo de cultivo. Entretanto, as plantas do experimento apresentaram baixo crescimento (Figura 12) justamente no período de precipitação regular (Figura 11), não coincidindo com o período de déficit hídrico.

Figura 12 - Altura das plantas.



Fonte: Autor, 2021.

Apesar de não haver diferenças significativas entre os tratamentos, chama a atenção o laudo da empresa fornecedora do resíduo de gesso (Anexo A), onde foi verificado que alguns elementos químicos presentes no insumo estavam em concentrações elevadas, dentre os quais: Na, Al, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr e Ni.

A concentração de sódio presente no resíduo de gesso foi de $201,6 \text{ mg.kg}^{-1}$, sendo que o limite máximo deste elemento é de 200 mg.kg^{-1} para solos argilosos. O alumínio, o cobre, e o zinco, estavam presentes em concentrações de 820 mg.kg^{-1} , $19,90 \text{ mg.kg}^{-1}$, $15,53 \text{ mg.kg}^{-1}$, respectivamente, sendo que o limite superior para o alumínio é de 500 mg.kg^{-1} em solos com pH menor que 5,5, que são os predominantes no Brasil. Além dos elementos químicos mencionados anteriormente, estavam presente no resíduo de gesso os metais pesados cádmio ($3,14 \text{ mg.kg}^{-1}$), chumbo ($48,79 \text{ mg.kg}^{-1}$), cromo ($10,51 \text{ mg.kg}^{-1}$) e níquel ($23,54 \text{ mg.kg}^{-1}$), em valores próximos e/ou superior ao limite permitido em fertilizantes orgânicos e

condicionadores de solo de acordo com a Instrução Normativa da Secretaria de Defesa Agropecuária - SDA nº 35/2006 (BRASIL, 2006).

No Brasil, de acordo com a Resolução CONAMA nº 420/2009, os limites máximos permitidos para concentração de metais no solo, para áreas agrícolas, são os seguintes: chumbo (Pb) com limite superior de 300 mg.kg⁻¹, cromo (Cr) com limite superior de 150 mg.kg⁻¹ e, níquel (Ni) com limite superior de 50 mg.kg⁻¹ (BRASIL, 2009).

Dentre os metais citados, o cádmio (Cd) é o que apresenta o maior efeito negativo para o crescimento e potencial produtivo para a cultura do milho. O limite máximo aceitável de cádmio no solo varia de acordo com as regulamentações e normas específicas de cada país. Na legislação brasileira, o limite superior de cádmio no solo para a cultura do milho é de 3,0 mg.kg⁻¹. O limite máximo para os demais metais, reportados no estudo, pode variar de acordo com as condições edafoclimáticas do local e tipo de cultura.

Esses resultados abrem uma lacuna acerca de um possível efeito negativo do resíduo de gesso sobre o desenvolvimento das culturas a longo prazo, visto que, os metais pesados são acumulativos no solo. Por isso, torna-se evidente a preocupação com o manejo adequado deste insumo desde a sua segregação na fonte geradora, a fim de evitar o acúmulo no solo e manter os limites estabelecidos pela Legislação Brasileira.

6. CONCLUSÃO

A ausência de diferença significativa entre os tratamentos para a produtividade de grãos e produção de biomassa, sugere que o reaproveitamento do resíduo de gesso industrial no cultivo do milho pode ser viável, resultado que contribui para a sua logística reversa.

Ainda, é necessário que mais pesquisas sejam feitas a longo prazo, de forma que outros fatores possam ser considerados, como por exemplo, se o excesso de alumínio e cádmio encontrados na análise química do resíduo de gesso, foi um fato isolado ou é algo recorrente devido o seu contato com os demais resíduos provenientes da construção civil.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE**, p. 51, 2020.
- ALMEIDA, K. S. DE; SOARES, R. A. L.; MATOS, J. M. E. DE. Effect of gypsum and granite residues on products from the red ceramic industry: Literature review. **Revista Materia**, v. 25, n. 1, 2020.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. Resíduos de Gesso na Construção Civil - Coleta, Armazenagem e Reciclagem. v. 55, n. 11, p. 20, 2012.
- BAVARESCO, J. et al. Chromium from Hydrolyzed Leather Affects Soybean Growth and Nodulation. **Pedosphere**, v. 29, n. 1, p. 95–101, 2019.
- BOSSOLANI, J. W. et al. Long-term lime and phosphogypsum amended-soils alleviates the field drought effects on carbon and antioxidative metabolism of maize by improving soil fertility and root growth. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, n. July, p. 1437, 2021.
- BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA Nº 35, de 4 de julho de 2006. **Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n.132**, p. 1–10, 2006.
- BRASIL. Resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009. p. 20, 2009.
- BRASIL. **Resolução nº 431, 24 de maio de 2011** Ministério do Meio Ambiente, , 2011.
- CAIRES, E. F. et al. Surface liming and nitrogen fertilization for crop grain production under no-till management in Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 66, p. 41–53, 2015.
- CARDOSO, A. DA C.; GALATTO, S. L. Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais – Número**, v. 31, p. 1–10, 2014.
- CLEMENTE, P. R. A. et al. Root growth and yield of sugarcane as a function of increasing gypsum doses. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 47, n. 1, p. 110–117, 2017.

COSTA, A. S. V. DA et al. Efeitos no solo do gesso produzido em diferentes reações químicas da solução de ácido sulfúrico reciclada com carbonato de cálcio residual e óxido de cálcio. **Simpósio Brasileiro de Educação Química**, p. 17–22, 2011.

DALLA NORA, D. et al. Modern high-yielding maize, wheat and soybean cultivars in response to gypsum and lime application on no-till oxisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1–21, 2017.

DE CASTRO PIAS, O. H. et al. Does gypsum increase crop grain yield on no-tilled acid soils? A meta-analysis. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 2, p. 675–692, 2020.

EMBRAPA. **Influência de Gesso Agrícola na Reatividade de Diferentes Frações Granulométricas de Calcário no Solo**, 2017.

FEITOSA, H. P. **Avaliação da Viabilidade Técnica do Uso de Gesso Reciclado da Construção Civil como Insumo para a Agricultura Familiar Periurbana no Distrito Federal**. [s.l: s.n.].

FERREIRA, S. G. C.; CERVEIRA, K. S.; ANDREAZZI, M. A. VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA CAMA DE AVIÁRIO COMO FERTILIZANTE EM PASTAGENS. **Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar**, v. 4, p. 4–8, 2015.

FIXEN, P. E.; JOHNSTON, A. M. World fertilizer nutrient reserves: A view to the future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 5, p. 1001–1005, 2012.

HECK, K. et al. Evaluation of degradation temperature of compounds in a composting process and microbiological quality of the compost. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 54–59, 2012.

KORNDORFER, G. H. Gesso agrícola. **Instituto de ciências agrárias**, v. 10, p. 1–20, 2010.

LOURENZI, C. R. et al. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquidos de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 233–242, 2016.

MACHADO, J. R. DE A. O excesso de chuvas e a cultura do milho. **Artigo - O excesso de chuvas e a cultura do milho**, p. 1, 2016.

MORAES, M. T. DE et al. Dejetos líquidos de suínos como alternativa a adubação mineral na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 2945–2954, 2014.

MORAES, M.; SILVA, V.; ARNUTI, F. RESÍDUOS LÍQUIDOS DE EFLUENTES DE AGROINDÚSTRIA DE CARNES NA PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL. v. 37, n. 4, p. 1–10, 2012.

OLIVEIRA, J. G. R. DE; FILHO, J. T.; BARBOSA, G. M. DE C. Alterações Na Física Do Solo Com a Aplicação De Dejetos Animais. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 2, n. 2, p. 66–80, 2016.

OLIVEIRA, P. Utilização de resíduos do gesso da construção civil na produção de novos materiais. **Especialize On-line IPOG**, v. 01, p. 1–14, 2016.

PAULETTI, V. et al. Divisão 3 - Uso E Manejo Do Solo Leguminous Plants in Coffee. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 38, n. 6, p. 495–505, 2014.

PINHEIRO, S. M. DE M. **Gesso Reciclado: Avaliação de Propriedades para Uso em Componentes**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011.

ROSADO, L. P.; PENTEADO, C. S. G. Municipal management of construction and demolition waste: influence of disposal fees. **Ambiente e Sociedade**, v. 23, p. 1–21, 2020.

SANTOS, D. V.; CABRAL, A. E. B. Análisis técnico del reciclaje de residuos de construcción en obra. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 3, p. 363, 2020.

SILVA NETO, C. DE M. E et al. Utilização de resíduos de gesso da construção civil para incremento no desenvolvimento de *Crotalaria retusa*. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 6, n. 1, p. 140–155, 2015.

STROJAKI, T. V. et al. Atributos químicos do solo e produtividade de girassol e milho em função da aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 43, n. 3, p. 278–285, 2013.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manul de Métodos de Análise de Solo**. [s.l.: s.n.].

TIECHER, T. et al. Crop response to gypsum application to subtropical soils under no-till in Brazil: A systematic review. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 42, p. 1–17, 2018.

VIEIRA FONTOURA, S. M. et al. Effect of gypsum rates and lime with different reactivity on soil acidity and crop grain yields in a subtropical Oxisol under no-tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 193, n. April, p. 27–41, 2019.

WITHERS, P. J. A. et al. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1–13, 2018.

ZANDONÁ, R. R. et al. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 45, n. 2, p. 128–137, 2015.

ANEXO A - Laudo de Análise do Resíduo de Gesso

Laudo de Análise

Ciente: B F Schneider Gesso Ltda

Data de entrada: 11/12/2020

Localidade:

Data de emissão: 12/01/2021

Município: Marau/RS

Protocolo: 2588/2020

Nº do Laudo: 2016773


Material Fornecido: Gesso

Amostra	Zn ⁽¹⁾	Cu ⁽¹⁾	Mn ⁽¹⁾	Fe ⁽¹⁾	K ₂ O ⁽¹⁾	Na ⁽¹⁾	Al ⁽¹⁾	Mo ⁽¹⁾	Si ⁽¹⁾	B ⁽¹⁾
 mg.kg ⁻¹									
01	15,53	19,90	121,50	1.096,0	220,0	201,6	820,0	-----	-----	-----

(1) Teor Total

Obs.: Os resultados expressos acima são representativos da amostra enviada ao Laboratório pelo interessado.

Metodologia Utilizada: Metodologia descrita no Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos (MAPA, 2017), métodos analíticos aprovados pela IN nº 37/2017.


 Felipe Angelo Pessa
 Eng. Agr. CREA- RS 136814
 Responsável Técnico

Laudo de análise

Cliente: B F Schneider Gesso Ltda

Data de entrada: 11/12/2020

Localidade:

Data de emissão: 12/01/2021

Município: Marau/RS

Protocolo: 2588/2020


Nº do Laudo: 2016773

Material Fornecido: Gesso

Análise de metais					
Amostra	Cd	Pb	Cr ⁽¹⁾	Ni	Al
..... mg/kg					
01	3,14	48,79	10,51	23,54	-----

Obs.: Os resultados expressos acima são representativos da amostra enviada ao Laboratório pelo interessado.

Metodologia: 3050 B (USEPA, 1996). (1): Cr³⁺ + Cr⁶⁺


 Felipe Angelo Possa
 Eng. Agr. CREA- RS 136814
 Responsável Técnico