



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Guilherme Almeida Rocha Tavares

Efeito da distância de aplicação de cloreto de potássio no desenvolvimento inicial da soja

Curitibanos

2024

Guilherme Almeida Rocha Tavares

Efeito da distância de aplicação do cloreto de potássio no desenvolvimento inicial da soja

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Rurais do Campus de Curitiba da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Djalma Eugênio Schmitt, Dr.

CURITIBANOS

2024

**Ficha de identificação de obra elaborada pelo autor,
Através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.**

Almeida Rocha Tavares, Guilherme

Efeito da distância de aplicação do cloreto de potássio
no desenvolvimento inicial da soja / Guilherme Almeida
Rocha Tavares ; orientador, Djalma Eugênio Schmitt, 2024.
39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2024.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Adubação. 3. Efeito salino. 4. Cloreto
de potássio. 5. Distância de aplicação do KCl. I. Eugênio
Schmitt, Djalma. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.

Guilherme Almeida Rocha Tavares

Título: Efeito da distância de aplicação do cloreto de potássio no desenvolvimento inicial da soja

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitiba, 4 de junho de 2024.

Insira neste espaço
a assinatura

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler
Coordenação do Curso

Banca examinadora

Insira neste espaço
a assinatura

Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt
Orientador

Insira neste espaço
a assinatura

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler
Universidade Federal de Santa Catarina

Insira neste espaço
a assinatura

Profa. Dra. Julia Carina Niemeyer
Universidade Federal de Santa Catarina

Curitiba, 2024

AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar meus passos, dando força e sabedoria para superar todas as dificuldades.

A minha família que fizeram tudo para que puderam continuar estudando, sempre estando ao meu lado me aconselhando, dando conselhos e me acolhendo nos dias mais difíceis para que pudesse continuar.

A minha namorada Gabriela e sua família, que sempre esteve ao meu lado me ajudando, incentivando e motivando.

Ao meu orientador Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt, por todo ensinamento passado durante o tempo que estive participando do grupo de pesquisa, por me orientar nesse trabalho e todos os conselhos passados.

A todos os professores da UFSC Curitibanos que passaram seu conhecimento a diante, estando sempre dispostos a ensinar. A todos os técnicos que me auxiliaram nessa jornada.

A todos, meu muito obrigado.

RESUMO

O potássio (K) é o segundo macronutriente mais exigido pela soja e quando os teores estão abaixo do adequado é necessário realizar a aplicação de fertilizantes potássicos tal como o Cloreto de potássio (KCl). Esse, porém, apresenta um elevado teor salino que pode interferir na germinação de sementes, bem como criar uma barreira para o desenvolvimento radicular da mesma. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi realizar a aplicação de KCl em linha a diferentes distâncias da semente de soja tanto ao lado da semente de soja como em profundidade, sendo as distâncias utilizadas de 2,5 cm e 5,0 cm. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da UFSC, Campus Curitibanos, seguindo o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) sendo utilizado duas classificações de solo, o Latossolo Vermelho (LV) e o Cambissolo Háplico (CX). A coleta do solo foi realizada na profundidade de 0-20 cm com o auxílio de uma pá de corte, sendo o Latossolo Vermelho coletado no município de Taubaté-SP e o Cambissolo Háplico coletado na Fazenda Experimental da UFSC, Campus Curitibanos. Ambos os solos foram coletados em locais que não houveram cultivos agrícolas anteriores. Eles foram colocados em quatro vasos de mesma dimensão (60 cm de comprimento, 30 cm de altura e 20 de largura) no qual foram semeados uma linha de soja, tendo quatro repetições em cada tratamento. A correção do solo foi realizada utilizando o carbonato de cálcio a fim de atingir o pH de 5,5. Para o trabalho foi aplicado 3,4 g de KCl por vaso a 2,5 cm e 5,0 cm. Foi avaliado a massa seca de parte aérea, de raiz, comprimento parte aérea e raiz, e no solo condutividade elétrica, pH em água, teor de magnésio, cálcio trocáveis, fósforo e potássio disponível no solo. A aplicação de fertilizantes a 2,5 cm da semente apresentou um maior crescimento radicular, se comparado ao de 5,0 cm em ambos os solos. A aplicação a 2,5 cm não afetou o crescimento inicial de soja em Latossolo vermelho e Cambissolo Háplico, mas aumentou o crescimento radicular. Desse modo no presente trabalho, com as condições apresentadas, sem que se tenha falta de água, a aplicação de KCl a uma concentração de 250 kg ha⁻¹, não se mostrou efeito negativo quanto ao efeito salino, podendo ser aplicado em linha tal concentração.

Palavras-chave: Adubação. Cambissolo Háplico. Cloreto de Potássio. Comprimento radicular. Latossolo Vermelho.

ABSTRACT

Potassium (K) is the second macronutrient most required by soybeans and when the levels are below adequate it is necessary to apply potassium fertilizers such as Potassium Chloride (KCl). However, this has a high saline content that can interfere with seed germination and create a barrier to root development. Therefore, this work aimed to apply KCl in-line at different distances from the soybean seed, both next to the soybean seed and in-depth, with the distances used being 2.5 cm and 5.0 cm. The experiment was conducted in a greenhouse at UFSC, Campus Curitibanos, following a completely randomized experimental design (DIC) using two soil classifications, the Red Oxisol (LV) and the Haplic Cambisol (CX). Soil collection was carried out at a depth of 0-20 cm with the aid of a cutting shovel, with the Red Oxisol collected in the municipality of Taubaté-SP and the Haplic Cambisol collected at the UFSC Experimental Farm, Campus Curitibanos. Both soils were collected from places where there had been no previous agricultural cultivation. They were placed in four pots of the same size (60 cm long, 30 cm high, and 20 cm wide) in which a row of soybeans were sown, with four replications in each treatment. Soil correction was carried out using calcium carbonate to reach a pH of 5.5. For the work, 3.4 g of KCl was applied per pot at 2.5 cm and 5.0 cm. The dry mass of the shoot, root, shoot, and root length, and soil electrical conductivity, pH in water, magnesium content, exchangeable calcium, phosphorus, and potassium available in the soil were evaluated. Applying fertilizers 2.5 cm from the seed showed greater root growth, compared to 5.0 cm in both soils. Application at 2.5 cm did not affect the initial growth of soybeans in Red Oxisol and Cambisol Háplico, but increased root growth. Therefore, in the present work, with the conditions presented, without a lack of water, the application of KCl at a concentration of 250 kg ha⁻¹, did not show a negative effect on the saline effect, and such concentration can be applied online.

Keywords: Fertilization. Haplic Cambisol. Potassium chloride. Root length. Red Latosol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Solo em cima da lona para aplicação de carbono de cálcio.....	21
Figura 2 - Plantio da Soja e aplicação do Cloreto de Potássio em linha.	22
Figura 3 - Croqui do experimento.	23
Figura 4 - Comprimento parte aérea e sistema radicular submetidas a análise de comprimento.	24
Figura 5 - Solo em repouso com água destilada para posterior análise de pH em água com auxílio do pHmetro de bancada.....	25
Figura 6 – Solução do solo sendo filtrado com papel filtro para que não haja grânulos de solo na solução.	26
Figura 7 - Condutímetro de bancada utilizado para análise de condutividade elétrica do solo.	26
Figura 8 - Avaliação de massa e comprimento (cm) do sistema radicular e parte aérea de plantas de soja semeada a 2,5 cm e 5,0 cm do Cloreto de Potássio em um Latossolo Vermelho (LV) e Cambissolo Háplico (CX).	28
Figura 9 - Condutividade elétrica do KCl aplicado a 2,5 cm e 5,0 cm da semente de soja em um Latossolo Vermelho (LV) e um Cambissolo Háplico (CX).....	30
Figura 10 - Avaliação do pH em água de um Latossolo Vermelho (LV) e um Cambissolo Háplico (CX) com KCl aplicado a 2,5 cm e 5,0 cm da linha de cultivo.	31
Figura 11- Avaliação de cálcio, magnésio, potássio e fósforo disponíveis no solo para a cultura da soja, aplicado para correção ou próximo à linha de cultivo (K), aplicado a 2,5 cm e 5,0 cm.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo da Área Experimental Agropecuária-Curitiba, 2022.	20
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ca	Cálcio
CE	Condutividade elétrica
cm	Centímetro
CX	Cambissolo Háplico
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
g	Gramma
K	Potássio
K ₂ O	Óxido de Potássio
KCl	Cloreto de Potássio
LV	Latossolo Vermelho
mL	Mililitros
mm	Milímetro
P	Fósforo
STP	Super Fosfato Triplo
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivos.....	14 14
1.1.1 Objetivos Gerais	14 14
1.1.2 Objetivos Específicos	14 14
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	15 15
2.1 Soja.....	15 15
2.2 Potássio no solo	16 16
2.3 Efeito na Aplicação de KCl no Solo.....	17 17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	19 19
3.1 Localização do Experimento e coleta do solo	19
3.2 Características químicas do solo, correção da acidez e do fósforo do solo.....	20 20
3.3 Delineamento Experimental	21 21
3.4 Avaliações.....	23 23
3.4.1 Avaliações na Planta	23 23
3.4.2 Análise de Solo	24 24
3.4.3 Análises dos dados.....	27 27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28 28
4.1 Avaliações na planta	28
4.2 Análise de solo.....	29
4.2.1 Condutividade Elétrica	29
4.2.2 pH em Água.....	31 31
4.2.3 Demais Nutrientes no Solo	32 33
5 CONCLUSÃO.....	35 35
REFERÊNCIAS	36 36

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de soja do mundo, tendo uma produção com cerca de 154 milhões de toneladas na safra de 22/23, com uma produtividade média de 4,1 Mg/ha (Conab, 2023). Para se obter elevada produtividade é necessário levar em conta fatores como, sanidade da semente, genética, clima e condição adequada de disponibilidade de nutrientes, dentre eles a do potássio (K). Para a manutenção da fertilidade do solo, é necessário que os teores permaneçam no nível alto de disponibilidade (CQFS, RS/SC, 2016).

O K é o segundo nutriente mais exportado pela soja (Firmano, 2017). Para cada tonelada de grãos de soja produzidos são exportados cerca de 20 kg de K_2O (CQFS, RS/SC, 2016). Essa quantidade de K exportada via grãos são maiores do que a quantidade de K fornecida ao solo através do intemperismo das rochas. Assim, o solo não possui capacidade de repor os nutrientes que são exportados. Para isso, é necessário repor os nutrientes com fertilizantes, sendo o mais barato e mais utilizado o KCl. Como o K é móvel no solo, chegando ao sistema radicular das plantas por difusão ou fluxo de massa (Neves, *et al.*, 2009), o KCl pode ser aplicado em cobertura, lanço ou sulco de plantio.

O K é absorvido pela planta através de sua forma iônica K^+ (Sfredo; Borkert, 2004), tendo a água papel importante em sua absorção, pois controla sua mobilidade, podendo ser absorvido através de fluxo de massa, para maiores distâncias, ou por difusão, em menores distâncias do nutriente com a raiz (Neves, *et al.*, 2009). O KCl por ser um fertilizante com alto teor salino, estudos averiguaram sua capacidade de aplicação sem que haja problemas quanto à sua salinidade. Segundo estudo realizado por Bevilaqua *et al.*, (1996), para a cultura do milho, a melhor distância de aplicação do grânulo de KCl seria entre 3,3 cm e 4,4 cm ao lado e abaixo da semente, respectivamente, e os piores espaçamentos seriam a 1,5 cm e 7,5 cm. O espaçamento pode sofrer variações de acordo com o tipo de solo a ser plantado, onde solos com maior CTC podem reter o nutriente em maior quantidade em comparação a solos com menor CTC e assim não ocasionar problemas quanto à salinidade do nutriente, também a época de plantio pode influenciar, onde épocas que apresentam uma menor pluviosidade pode favorecer a concentração salina em um local do solo e assim ocasionar perdas de produtividade, diferente quando se tem chuvas constantes que permitem uma maior percolação e assim um maior aproveitamento pela raiz por difusão ou fluxo de massa. O presente trabalho pode avaliar tais dados em um ambiente controlado, com umidade ideal para

o desenvolvimento da planta e averiguar, se em condições ideais, a aplicação de 250 Kg/ha^{-1} fez com que houvesse problema quanto ao desenvolvimento inicial da soja, com o KCl sendo aplicado a 2,5 cm de distância ao lado e abaixo da linha de plantio e a 5,0 cm ao lado e abaixo da linha de plantio.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Gerais

Avaliar o efeito da aplicação do cloreto de potássio a diferentes distâncias e profundidades de aplicação em relação a semente de soja, sendo aplicado a 2,5 cm e 5,0 cm e seu efeito no desenvolvimento inicial da soja em um Cambissolo Háplico e um Latossolo Vermelho.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a condutividade elétrica do solo, teores de cálcio, magnésio, potássio e pH em água de um Latossolo Vermelho e um Cambissolo Háplico com aplicação de KCl em diferentes distâncias da semente;

- Avaliar massa seca (g) e comprimento do sistema radicular (cm) no desenvolvimento inicial da Soja (*Glycine max*) em um Latossolo Vermelho e um Cambissolo Háplico em função da distância da aplicação de KCl.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 SOJA

A soja foi inicialmente introduzida no Brasil no estado da Bahia pelo agrônomo Gustavo D’Ultra, passando a ganhar notoriedade no cenário nacional somente na década de 50. Já na década de 70 passou a ter importância como *commodity*, isto é, mercadoria de produto básico global de matéria-prima. Tal alteração se deu a partir da quebra na sua produção em território russo, acompanhado da incapacidade dos Estados Unidos da América (EUA) em suprir as necessidades do mercado mundial. Em paralelo, nessa década ainda, em 1975, uma geada dizimou cafezais no estado do Paraná, o que, embora tenha inicialmente afetado negativamente os produtores, abriu espaço para a implantação satisfatória da cultura da soja nos locais afetados (Firmano, 2017).

A safra dos anos 2022 e 2023 teve uma produção mundial de 378 milhões de toneladas em uma área plantada de 137 milhões de hectares (Usda, 2023). No Brasil, na safra de 2022/2023 foram produzidos 155 milhões de toneladas de soja, com uma produtividade média de 4,1 Mg/ha (Conab, 2023). Trata-se de uma produção maior que a dos Estados Unidos da América, onde se obteve uma produção de 116 milhões de toneladas, resultando em uma produtividade de 3.033kg/ha (Usda, 2023). Estes dados, mostraram a importância do Brasil enquanto país produtor, tornando-o alvos de pesquisas.

O Estado brasileiro que mais produziu soja na safra 2022/2023 foi o estado de Mato Grosso, com uma produção de 45,60 milhões de toneladas seguido pelo estado do Paraná, tendo uma produção de 22,38 milhões de toneladas e o terceiro estado maior produtor do Brasil foi o estado de Goiás, com uma produção de 17,34 milhões de toneladas, sendo a região Centro-Oeste a que teve maior produção 77,708 milhões de toneladas. A estimativa para a safra de 2023/2024 é que se tenha uma redução de produção se comparado a safra de 2022/2023, porém continuando com o Mato Grosso o estado que mais produz soja no Brasil, seguido do Paraná e em terceiro lugar a estimativa é que o Rio Grande do Sul ultrapasse o estado de Goiás na produção (Conab, 2023).

2.2 POTÁSSIO NO SOLO

O potássio é o segundo nutriente mais exigido pelas plantas, ficando atrás somente do nitrogênio (N), sendo encontrado de 3 a 5% da massa seca da soja (Firmano, 2017). Sua absorção pode ser afetada de acordo com os teores de Ca e Mg disponíveis, esses, quando em maiores quantidades reduzem a disponibilidade de K (Nachtigall; Raji, 2004).

Solos brasileiros apresentam insuficiência de K, porém, culturas como a soja, é altamente exigente nesse nutriente, o que leva a necessidade de utilizar adubos potássicos a fim de atender essa exigência. O teor demandado para atender essa exigência varia de acordo com características de cada solo, variando de acordo com o material de origem, sendo solos argilosos demandando o nutriente em maior quantidade, pois esse retêm, em maior quantidade o K em sua fase estrutural, não o disponibilizando para as plantas, enquanto solos com menor teor de argila, minerais primários, como micas e feldspatos potássicos fixando o K temporariamente na camada 2:1 (Nachtigall; Raji, 2004).

O K estrutural está ligado aos minerais primários e secundários do solo, sendo insignificante em solos tropicais, devido à sua alta intemperização. Minerais primários, como feldspatos potássicos e micas apresentam maior abundância, apresentando teores de 14% e 10% de K_2O , já minerais secundários, argilas 2:1, como caso de ilita, vermiculita e montmorilonita apresentam teores variando de 4% a 7%, 0 a 2% e 0 a 0,5% de K_2O (Nachtigall; Raji, 2004). Os teores de K em sua fase estrutural estão em equilíbrio com teores de K na solução e toda vez que se retira teores de K na solução do solo, podendo ser absorvida pela raiz, uma fração do nutriente ligada a fase sólida é liberada, a fim de manter o equilíbrio. Sendo o K trocável a forma mais analisada. Esse é o K prontamente disponível para a absorção das plantas, estando adsorvido às cargas elétricas negativas dos colóides do solo em sua forma mineral e orgânica (Nachtigall; Raji, 2004).

Ao realizar a calagem, aplicação do calcário, se tem a elevação de pH e com isso uma menor percolação no solo devido à maior capacidade deste em reter eletrostaticamente cátions (Ernani, *et al.*, 2007). Após a realização de adubação, tem-se maior quantidade de íons K^+ do que sítios de ligação; assim, a água do solo controla a mobilidade de K, independente do mecanismo de absorção, podendo ser por fluxo de massa, para maiores distanciamentos, como para difusão, em menores distâncias (Neves, *et al.*, 2009), onde o excesso de água pode acabar liberando o K da sua fase mineral (Firmano, 2017).

A cultura da soja em seu ciclo tem uma extração de K variável de acordo com o cultivar, sendo a cultivar BRS 184 extraindo 95 kg/ha de K, enquanto a cultivar SYN1059 extrai 250 kg/ha de K (Embrapa, 2016). Esses teores de K exigidos pelas culturas faz com que haja necessidade de suprimento deste nutriente através da aplicação de fertilizantes orgânico ou mineral, dentre eles o fertilizante mineral mais utilizado é o KCl.

2.3 EFEITO NA APLICAÇÃO DE KCL NO SOLO

Apesar do K ser o segundo nutriente mais exportado, apresenta um custo elevado no Brasil, pois o país detém apenas 3% das suas reservas mundiais. Assim, o Brasil é altamente dependente de fontes externas, oriundas de países como Canadá, Rússia, Alemanha e Belarrússia, os quais detém 80% da reserva mundial (Mantovani, 2017).

A alta exigência deste pelas culturas faz com que seja necessário ser repostos por fontes externas como os fertilizantes solúveis, dentre elas a mais utilizada é o cloreto de potássio (KCl). No entanto, esse é um fertilizante com elevada salinidade, tendo um índice salino de 1,93 por unidade de K, enquanto o superfosfato triplo apresenta um índice de 0,21 por unidade de P (Bevilaqua *et al.*, 1996), possuindo 58% de K₂O em água e 45% a 48% de cloro (Lajus *et al.*, 2023). Aliado a alta salinidade, um pH ácido (pH em água abaixo de 5,5) solo pode fazer com que haja o deslocamento de cátions trocáveis, como o alumínio em sua forma tóxica (Al³⁺) da superfície dos colóides para a solução do solo, formando uma barreira química ao desenvolvimento radicular. Em paralelo, a elevada salinidade pode também prejudicar a germinação de sementes, o desenvolvimento inicial de plântulas, bem como contribuir para com a sua redução populacional (Mantovani, 2017), uma vez que a maior exigência de tal nutriente ocorre nos trinta primeiros dias que antecedem a floração (Oliveira, 2001).

Para monitorar essa salinidade, a fim que não haja interferência na germinação e desenvolvimento da planta, comumente se utiliza a condutividade elétrica (CE). A CE teve seus primeiros estudos desenvolvidos em 1970, nos Estados Unidos (Molin; Rabello, 2010). O Brasil, por sua vez, foi palco de criação dos primeiros mapas de CE por Inamasu e colaboradores, técnica essa que minimiza custo e tempo para se fazer uma pré-avaliação da área da lavoura, uma vez que ao utilizá-la se pode observar manchas de fertilidade do solo que apresentam características semelhantes (Rabello, 2009).

Um estudo realizado por Paula *et al.*, (2020), mostrou que ao aplicar o KCl colado na semente, a 0 cm de distância, foi observado redução em todas características estudadas, reduzindo em 42% a germinação ao comparar com a profundidade de 3 cm e 6 cm. Isso ocorreu, porque o teor salino do KCl fez com que houvesse uma redução do potencial hídrico, impedindo a entrada de água na semente, reduzindo a germinação. Porém, quando aplicado em baixas concentrações, o KCl não influenciou a germinação, podendo ser utilizado via recobrimento de sementes com uma concentração de até 5000 mg kg⁻¹ (Paula *et al.*, 2020). A utilização de KCl na linha de semeadura, para os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina, tem como dose máxima a ser aplicada 80 kg ha⁻¹ (Oliveira; Rosa, 2014). Esse fornecimento é importante para concentrar esse nutriente próximo à planta, facilitando a absorção pela raiz. Essa prática adotada principalmente para solos com baixa concentração do nutriente. Ao aplicar o fertilizante próximo a semente da planta, deve se atentar a salinidade do fertilizante usado, a fim que essa não interfira na germinação e desenvolvimento inicial, devido ao aumento da pressão osmótica causada pelo teor de sal do mesmo.

O K pode ser aplicado tanto na linha do plantio, a lanço em superfície, sulcos ou covas, a fim de evitar o contato direto do adubo com a semente, utiliza-se um distanciamento entre a semente e o adubo, comumente de 5 cm ao lado e abaixo da semente. Existem debates quanto esse espaçamento, porém, indagando se uma aplicação mais próxima da linha de semeadura teria um melhor aproveitamento do adubo aplicado.

Na linha de plantio, faz-se importante considerar que a aplicação pode aumentar o risco devido ao efeito salino do potássio nas raízes das plantas, especialmente em solos com baixa capacidade de retenção de nutrientes, sendo a cultura, o tipo de solo, a exigência de cada cultivar e a aplicação inadequada do fertilizando fatores que podem interferir na resposta da cultura à absorção potássica (Oliveira, 2001).

O tipo de solo, portanto, é um fator que notadamente interfere na absorção de potássio no solo, pois solo com maiores teores de argila terão maiores concentrações de K ligado a seus coloides do solo, dessa forma se faz necessário maior quantidade de K para obter máxima produção, já solo com menores teores de CTC os nutrientes ficam em maior concentração na solução do solo, podendo dessa forma ocasionar maior lixiviação do nutriente, por esse motivo o recomendado é que se parcele a aplicação do fertilizantes, aplicando 2/3 (dois terços) da dose em cobertura, garantindo uma maior absorção deste e menor lixiviação (Sfredo; Borkert, 2004)

Segundo estudos realizados por Bevilaqua *et al.*, (1996) foi possível notar que a absorção potássica, para cultura do milho, ocorreu melhor quando o grânulo foi colocado a 3,3 cm e 4,4 cm ao lado e embaixo da semente, respectivamente; os piores espaçamentos utilizados entre o cloreto de potássio e a semente de soja foram os de 1,5 cm, devido a sua elevada concentração salina e os espaçamentos de 7,5 cm, devido a sua distância da semente ser considerada grande, fazendo com que a raiz não consiga absorver esse nutriente, sendo a cultura conduzida por 2 meses em casa de vegetação. O estudo em questão foi utilizado somente um tipo de solo, classificado como podzólito vermelho-amarelo, não avaliando seu efeito quanto em solos com diferentes características, como ao aplicar KCl em um solo com menor CTC qual o melhor espaçamento para esse, uma vez que se teria maior concentração deste na solução do solo, se solo com essa característica não traria problema ao aplicar a 3,3 cm a lado e abaixo da semente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E COLETA DO SOLO

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), campus Curitibanos, a qual se tinha a temperatura dentro da faixa de temperatura de 16°C a 26°C, sendo regada diariamente com água destilada, através de um borrifador. O experimento foi conduzido em vasos de 60 cm de comprimento por 30 cm de altura e 20 cm largura. Inicialmente foi realizada a coleta de dois tipos de solo descritos a seguir:

- O Cambissolo Háplico (CX) foi coletado na fazenda Experimental da UFSC, localizada no município de Curitibanos, pertencente ao Planalto Central de Santa Catarina.
- O Latossolo Vermelho (LV), por sua vez, foi coletado no município de Taubaté, localizado no interior de São Paulo, no Vale do Paraíba.

As duas coletas foram realizadas por meio da abertura de trincheiras, sob auxílio de uma pá de corte, para que fosse possível realizar a coleta do solo na camada 0-20 cm de profundidade. Os solos foram depositados em sacos plásticos, a fim de serem armazenados no

laboratório de solos, localizado na Fazenda Experimental da UFSC, campus Curitibanos. No laboratório, esses foram peneirados utilizando a malha de 2 mm.

3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS, CORREÇÃO DA ACIDEZ E DO TEOR DE FÓSFORO DO SOLO

Após os solos serem peneirados foram coletadas amostras destes solos para realização de análises químicas e físicas dos mesmos, a fim de se obter a quantidade de fertilizantes a serem utilizados para correção dos mesmos, bem como a quantidade necessária de carbonato de cálcio a ser aplicada para correção de pH em água destes solos. Com a análise realizada se chegou a teores mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo da Área Experimental Agropecuária - Curitibanos e de Taubaté, 2022.

Solo	Argila %	pH H ₂ O	SMP	P -- mg dm ³ --	K -- mg dm ³ --	Ca -- cmol _c dm ³ --	Mg -- cmol _c dm ³ --	CTC _{pH7}	MO	V %	m
CX	52,50	4,80	4,80	8,70	156,00	2,47	1,59	16,59	4,6	26,38	29,87
LV	51,25	4,40	5,40	0,84	35,10	0,58	0,27	8,70	1,6	10,80	64,12

CX = Cambissolo Háplico; Ca e Mg trocáveis = cálcio e magnésio na solução do solo; CTC_{pH7} = capacidade de troca de cátions a um pH7; Extrator Mehlich = extração de cátions trocáveis; LV = Latossolo Vermelho; m = saturação por alumínio; MO = matéria orgânica; P = fósforo; pH H₂O = pH em água; K = potássio; V = saturação de bases.

Após o peneiramento os solos foram incubados com carbonato de cálcio para atingir pH próximo a 5,5 (CQFS, RS/SC, 2016). A dose utilizada foi equivalente a 8,5 t/ha de calcário (PRNT 100%) para o LV e 4,2 t/ha de calcário (PRNT 100%). O solo peneirado foi colocado em cima de uma lona, onde se adicionou o carbonato de cálcio, de modo equivalente em sua totalidade (figura 1). Após a aplicação, foram realizadas semanalmente avaliações de pH em água a fim de acompanhar a sua elevação até que atingisse a estabilidade e, assim, pudesse dar seguimento à aplicação dos adubos. Desse modo, o solo ficou 2 meses incubado no laboratório de solo, localizado na Fazenda Experimental da UFSC, campus Curitibanos.

Figura 1 - Solo em cima da lona para aplicação de carbono de cálcio.



Fonte: Autor (2023)

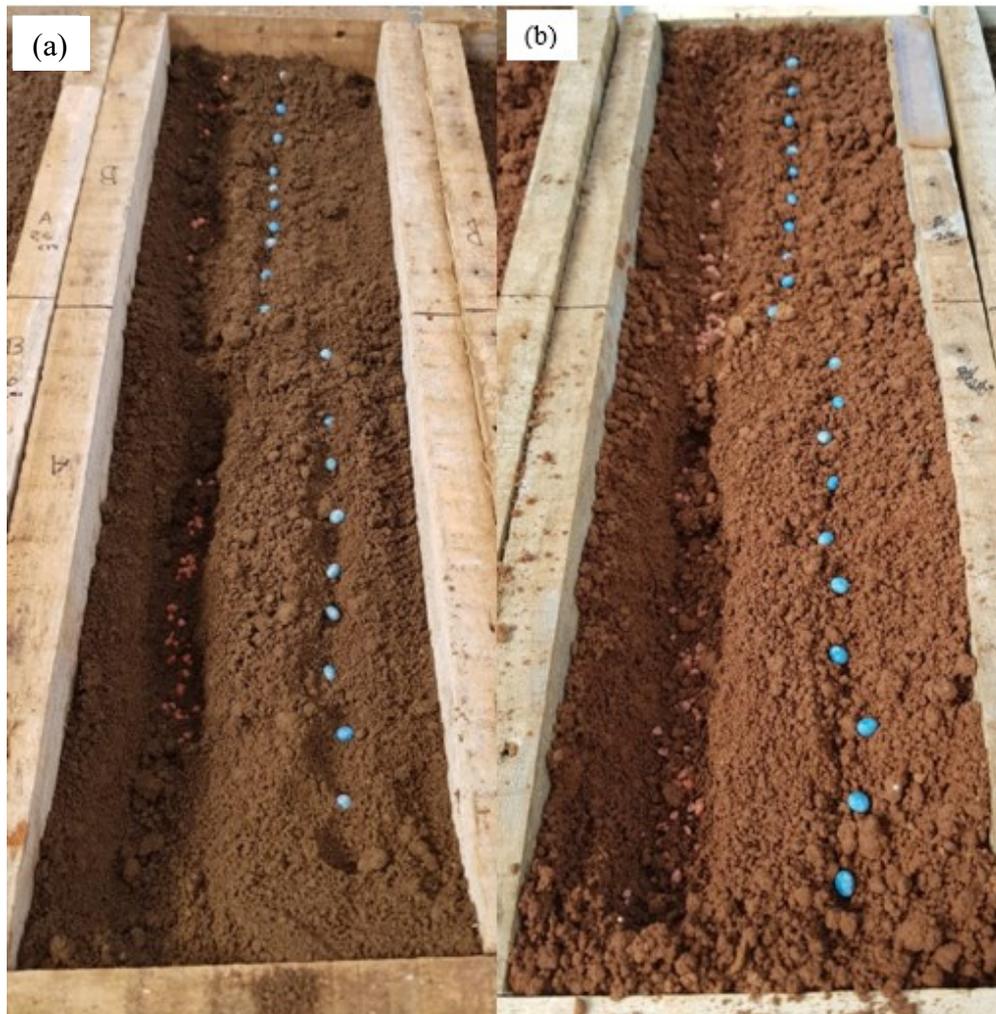
A correção do fósforo foi conduzida utilizando o superfosfato triplo (STP), o qual foi adicionado em todo o solo, como demonstrado na figura 1. Para esse, foram aplicados, uma semana antes do plantio, 9 g de superfosfato triplo (STP) no Cambissolo Háplico (CX) e 16 g no Latossolo Vermelho (LV) o que equivale a dose de 277 kg por hectare e 400 kg por hectare para tais solos, O solo ficou incubado por 7 dias para sua completa reação com o SFT.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dois tratamentos descritos a seguir: T1 - aplicação de cloreto de potássio a 2,5 cm ao lado da semente e abaixo da semente de soja e T2 - aplicação de cloreto de potássio a 5,0 cm ao lado da semente e abaixo da semente de soja, com 4 repetições. Classificando essa como CTC alta, segundo o manual de adubação e calagem dos estados do RS e SC, mostrado na tabela 1. As unidades experimentais foram os vasos, com cerca de 24 kg de solo em cada, havendo dois tratamentos.

A aplicação de Cloreto de Potássio (KCl) foi calculado para equivaler a dose de 150 kg de K_2O ha^{-1} , equivalente a 250 kg de KCl ha^{-1} . Dessa forma, foram aplicados 3,4 g de Cloreto de Potássio (KCl) em cada linha de plantio (30 cm de comprimento), como mostrado na figura 2, onde a letra (a) mostra experimento implantado no CX e a letra (b) mostra o experimento no LV. A aplicação foi realizada de dois modos: no tratamento A, aplicou-se o KCl a uma distância da semente e profundidade de 2,5 cm e; no tratamento B, sua aplicação foi realizada a 5 cm de distância da semente e profundidade. A semente foi semeada 2 cm de profundidade em ambos os tratamentos, apresentando população final equivalente de 334 plantas por hectare.

Figura 2 - Plantio da Soja e aplicação do Cloreto de Potássio em linha.

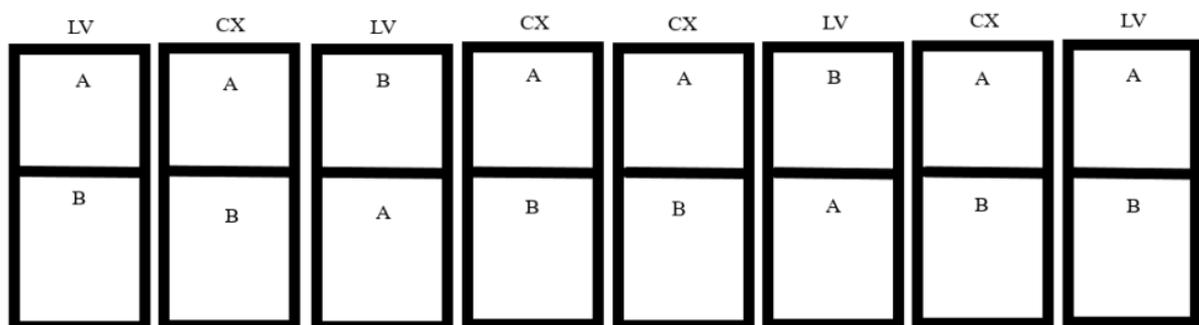


Fonte: Autor (2023)

O experimento teve suas sementes plantadas no dia 8 de junho de 2023, sendo irrigada diariamente com água destilada. A cultivar de soja escolhida para o experimento foi a soytech 580 I2X, essa colocada a uma profundidade de 2,0 cm, espaçadas 3,0 cm uma da outra, tendo um total de 20 sementes por metro de sulco e a diferentes distâncias dos grânulos de cloreto de potássio, sendo aplicado a 2,5 cm e 5,0 cm de distância da semente com os grânulos.

A plântula de soja ficou cerca de 1 mês no vaso, sendo colhida no dia 11 de julho de 2023, onde ao ser coletada foram iniciadas as análises de comprimento de raiz e de parte aérea, não sendo conduzido até o final do ciclo, pois o cloreto de potássio é requerido em maior quantidade nos primeiros dias que antecedem a floração. O croqui do experimento ficou como ilustrado na figura 3, onde a letra A representa aplicação do KCl a uma distância de 2,5 cm da semente de soja e a letra B representa a aplicação do KCl a uma distância de 5,0 cm da semente de soja.

Figura 3 - Croqui do experimento.



Fonte: Autor (2023)

3.4 AVALIAÇÕES

3.4.1 Avaliações na Planta

As avaliações foram realizadas nas plantas (parte aérea e radicular) como no solo. Na planta, foram avaliados o comprimento de raiz (cm) e da parte aérea (cm), coletando as plantas da parcela central e mensurando com uma régua. O Comprimento da parte aérea e da

raiz foi medido no mesmo dia em que o material foi coletado (11 de julho de 2023). A medição se deu com o auxílio de uma régua, podendo ser visto na figura 4, sendo a letra (a) representando a parte aérea e a letra (b) o sistema radicular.

Figura 4 - Comprimento parte aérea e sistema radicular submetidas a análise de comprimento.



Fonte: Autor (2023)

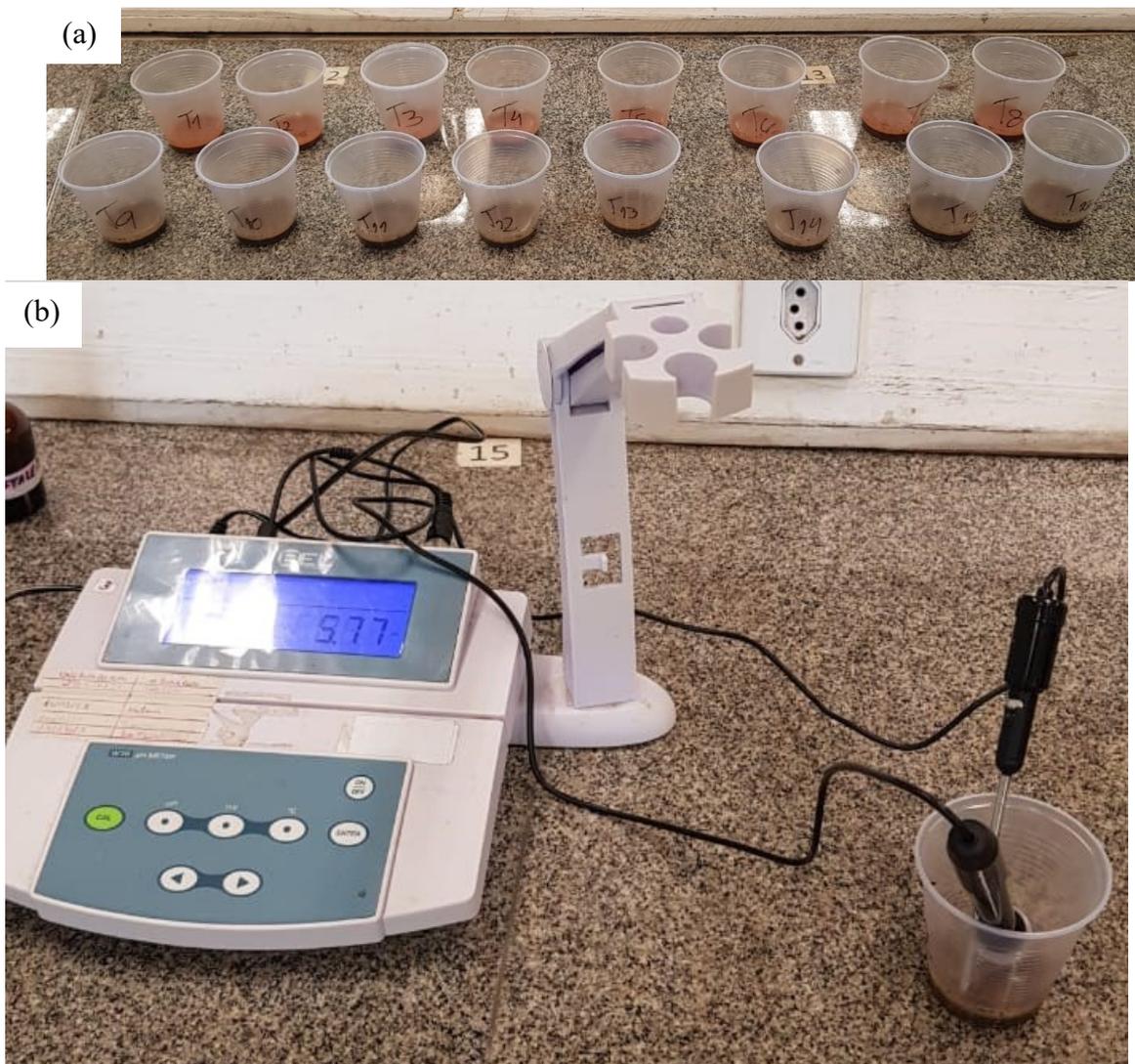
Em seguida, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel kraft e colocadas em estufa onde ficaram uma semana a uma temperatura de 56°C. Após esse período seu material foi pesado em uma balança analítica, a fim de se obter sua massa seca.

3.4.2 Análise de Solo

Foi realizado a coleta de solo na linha de plantio com tubo Falcon de 3,2 cm de diâmetros para a avaliação dos parâmetros químicos do solo tais como, condutividade elétrica, pH em água, teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo disponível. A determinação do pH em água foi realizada a partir da adição de 10 mL de água destilada e de 10 g de solo em copo plástico, o qual foi misturado com um bastão de vidro e deixado em repouso por 30 minutos,

como representado na figura 5 (a). Após esse tempo, utilizou-se o pHmetro de bancada, figura 7 (b), para se determinar o pH em água.

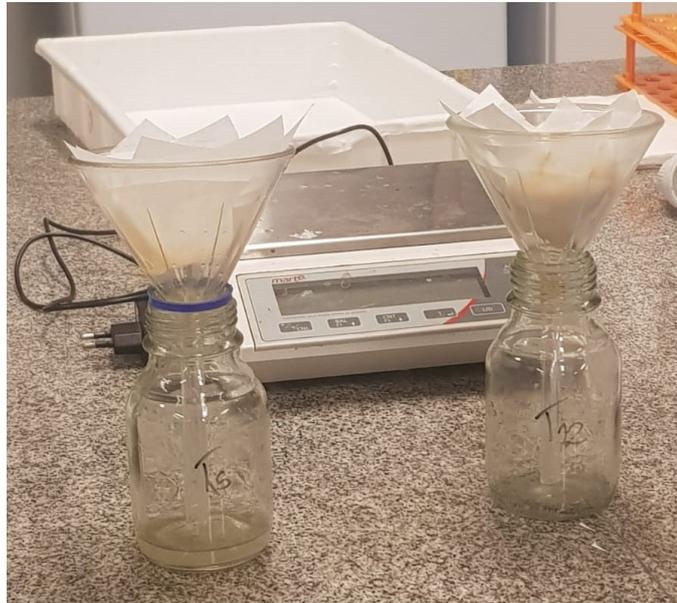
Figura 5 - Solo em repouso com água destilada para posterior análise de pH em água com auxílio do pHmetro de bancada.



Fonte: Autor (2023)

A condutividade elétrica foi realizada seguindo a metodologia de Rajj *et al.* (2001). Utilizou-se 10 g de solo seco em 50 mL de água deionizada colocada em um copo plástico de 100 mL, esses ficando em repouso por 30 minutos. Após esse tempo, o recipiente deve ser fechado e agitado por 15 minutos. Em seguida à solução ser agitada, essa foi filtrada com papel filtro de textura médio-grosseira, como mostrado na figura 6.

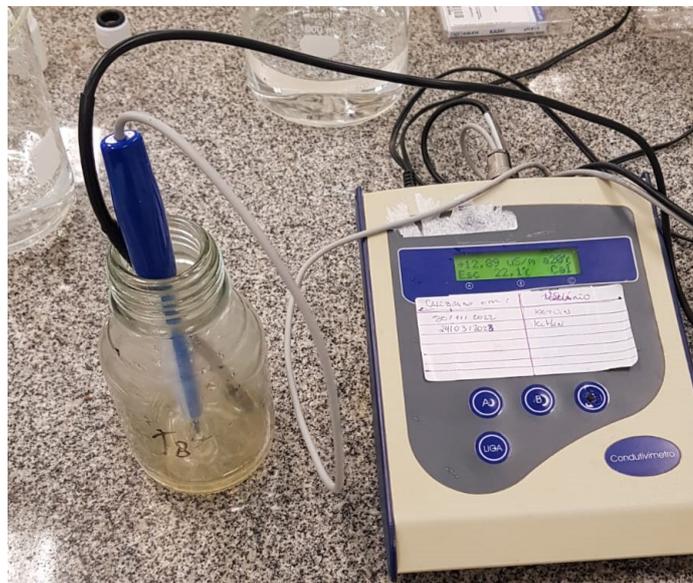
Figura 6 - Solução do solo sendo filtrado com papel filtro para que não haja grânulos de solo na solução.



Fonte: Autor (2023)

Após a solução filtrada e com baixo grau de turbidez, foi acondicionada em frasco com tampa. Com a solução no frasco, utilizou-se um condutivímetro de mesa a fim de medir a condutividade elétrica do solo e a sua temperatura, como mostrado na figura 7, essa temperatura de medição sendo importante para realização do cálculo.

Figura 7 - Condutivímetro de bancada utilizado para análise de condutividade elétrica do solo.



Fonte: Autor (2023)

Para realizar o cálculo de condutividade, o primeiro passo é transformar a temperatura de leitura para 25°C, o que se realiza sob auxílio da equação 1. Após essa correção feita, deve ser calculada a condutividade elétrica por meio da equação 2.

$$CE_{25^{\circ}C} = CE_{obs} \times f_{ct} \quad (1)$$

$$CE_{25^{\circ}C} = CE_{obs} \times 1,02 \quad (2)$$

Para o Ca e Mg trocável da solução foi utilizado a solução extratora (KCl 1 mol/L), sendo quantificados preferencialmente por espectrofotometria de absorção atômica.

O P e K disponível da solução foi extraído pelo método extrator Melich-1 e quantificado pela espectrofotometria de absorção atômica.

3.4.3 Análises dos dados

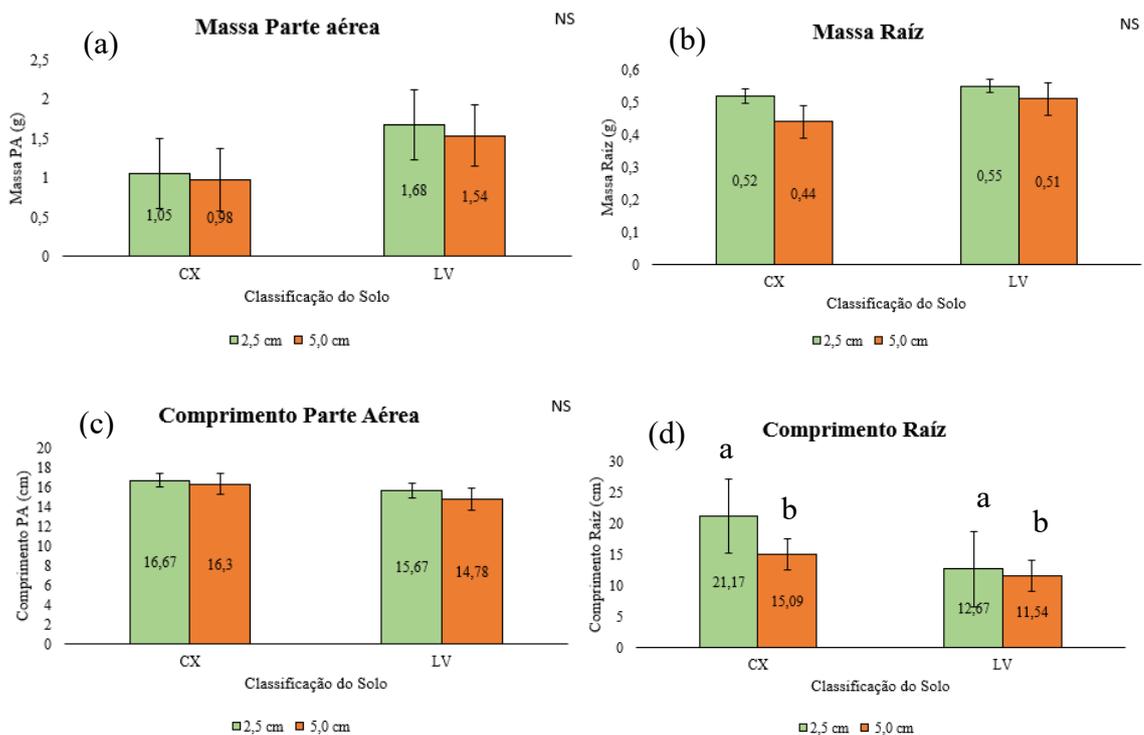
Inicialmente os dados foram avaliados estatisticamente utilizando o teste de normalidade, esse obtendo resposta significativa realizou-se teste da ANOVA para as quatro parcelas de cada tratamento. Quando houve diferenças observada foi realizado o teste Tuckey a 5% de probabilidade, sendo testado nesse experimento a distância da aplicação do KCl dentro de cada tipo de solo. A ferramenta utilizada para os cálculos foi o software “SISVAR”.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 AVALIAÇÕES NAS PLANTAS

Não houve diferença na massa seca de parte aérea, bem na massa seca de raiz em função da distância de aplicação do KCl (Figura 7). Semelhante à massa seca, também não houve diferença no comprimento de parte aérea de planta, porém houve diferença estatisticamente significativa no comprimento do sistema radicular, havendo maior comprimento de raiz no KCl a 2,5 cm da aplicação do KCl da semente, tanto Cambissolo Háplico como no Latossolo Vermelho. Essa maior diferença no crescimento de raiz a 2,5 cm indica que a aplicação de KCl a 2,5 cm não afetou negativamente o crescimento radicular, mesmo em altas doses de KCl (250 kg ha^{-1}).

Figura 8 - Avaliação de massa e comprimento (cm) do sistema radicular e parte aérea de plantas de soja semeada a 2,5 cm e 5,0 cm do Cloreto de Potássio em um Latossolo Vermelho (LV) e Cambissolo Háplico (CX).



Tratamentos: CX = Cambissolo Háplico; LV = Latossolo Vermelho; 2,5 cm = espaçamento entre o cloreto de potássio e a semente de soja, aplicado em linha; 5,0 cm = espaçamento entre o cloreto de potássio e a semente de soja.

Fonte: Autor (2023)

O teor de massa seca de parte aérea e sistema radicular não mostrou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, podendo mostrar que a dose aplicada (250 kg ha^{-1}), não foi um fator limitante do desenvolvimento da cultura, essa também podendo ser resistente ao teor de sal usado para o experimento. A ausência de efeito nos parâmetros acima mencionados e o aumento do crescimento de raiz a 2,5 cm do KCl pode indicar que o efeito salino não atrapalhou o desenvolvimento, pois normalmente plantas que sofrem com esse fator, como forma de defesa reduzem seu tamanho para reduzirem seu nível de transpiração e assim evitar perdas de água (Alves, 2023).

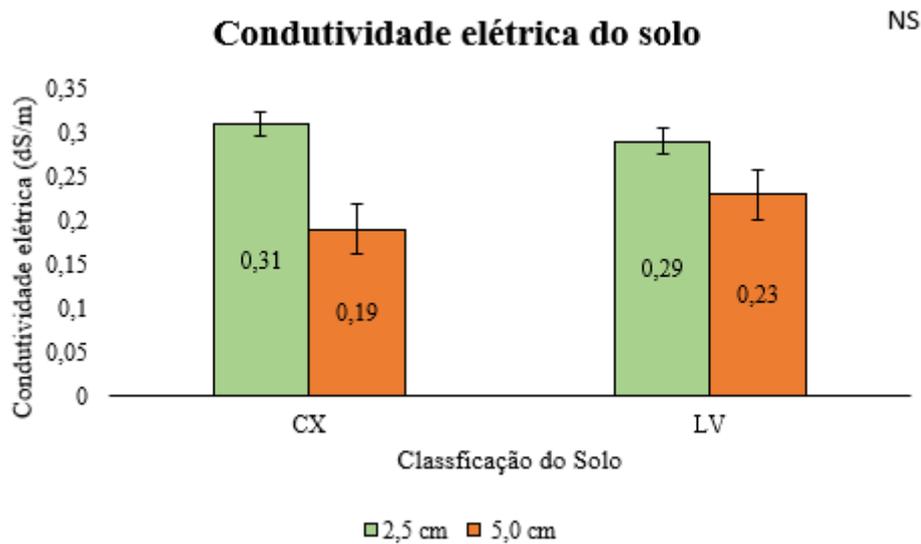
A aplicação a 2,5 cm mesmo com doses elevadas de 250 kg ha^{-1} de KCl permitiu o seu pleno desenvolvimento do sistema radicular. Essa ausência de efeito pode estar ligada à umidade do solo, esse foi regado diariamente. Solos com baixa umidade, o teor salino pode estar mais concentrado e assim causar efeito negativo no desenvolvimento do sistema radicular, bem como a CTC de ambos os solos, pois solos com menor CTC o fertilizante fica presente em maiores quantidades na solução do solo e não ligado aos colóides do solo, o que pode ocasionar efeito negativo ao desenvolvimento do sistema radicular. Estudo realizado por Molin (2020), mostrou que para a cultura do milho o K se movimentou principalmente por difusão, movimento dependente de água, não havendo diferença estatística entre o espaçamento de 2,5 cm e 5,0 cm.

4.2 ANÁLISE DE SOLO

4.2.1 Condutividade Elétrica

A avaliação de condutividade elétrica foi realizada na linha de semeadura, a fim de avaliar o teor salino do KCl na linha de semeadura, próximo às raízes. Como é possível observar na figura 9, não houve diferença estatística significativa entre os espaçamentos, assim o KCl não apresentou teor salino prejudicial para a cultura, em ambos os espaçamentos.

Figura 9 - Condutividade elétrica do KCl aplicado a 2,5 cm e 5,0 cm da semente de soja em um Latossolo Vermelho (LV) e um Cambissolo Háplico (CX).



Tratamentos: CX = Cambissolo Háplico; LV = Latossolo Vermelho; 2,5 cm = espaçamento entre o cloreto de potássio e a semente de soja, aplicado em linha; 5,0 cm = espaçamento entre o cloreto de potássio e a semente de soja.

Fonte: Autor (2023)

A aplicação de KCl pode aumentar a concentração de íons, resultando em maior condutividade elétrica, o que pode interferir na germinação e no desenvolvimento inicial da soja. Porém o espaçamento não interferiu significativamente na condutividade elétrica (figura 11) em ambos os solos, mostrando que seu fator salino não foi um problema ao desenvolvimento das plantas, tendo um sistema radicular mais desenvolvido ao aplicar o KCl a 2,5 cm de distância. Apesar de não haver diferença estatística significativa se tem uma tendência ao menor espaçamento (2,5 cm) apresentar problemas quanto ao teor salino do KCl se comparado ao espaçamento de 5,0 cm, devido a condutividade elétrica do mesmo apresentar mais elevada, indicando que ao passar por um estresse hídrico o espaçamento de 5,0 cm pode apresentar melhor desenvolvimento.

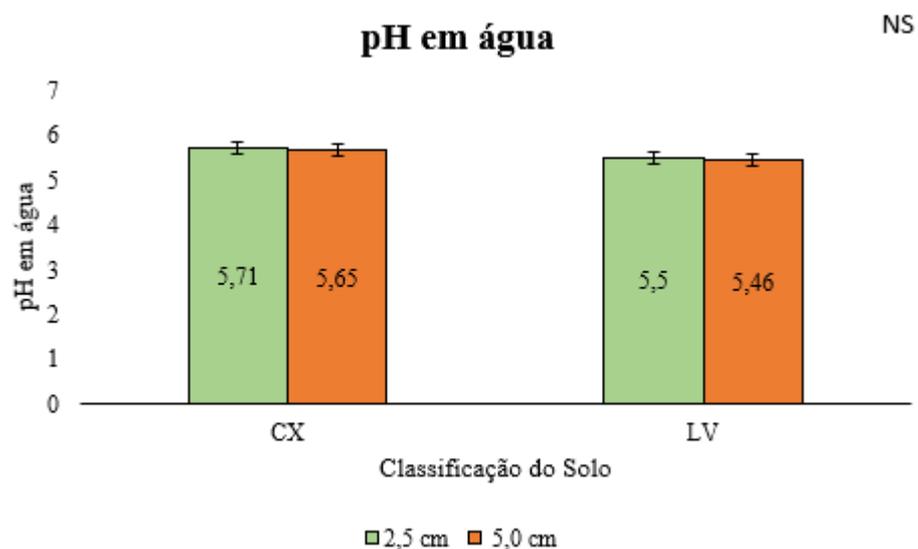
Estudos realizados pela Embrapa (2020) mostrou que sementes com valor de CE maior que $111 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (0,111 dS/m) se mostrou inviável para semeadura devido seu baixo vigor, enquanto sementes com valor de CE entre 91 a $110 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (0,091 a 0,110 dS/m) por apresentar um vigor intermediário se torna inapropriado para semeadura em condições de estresse, em contrapartida estudo realizado por Molin (2020) mostrou que para cereais a faixa

de CE tolerada está em 2000 a 4000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (2 a 4 dS/m), podendo chegar a 6000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (6 dS/m) em locais próximos a aplicação de KCl, o que mostra uma significativa diferença entre os valores de condutividade elétrica para a cultura.

4.2.2 pH em Água

A avaliação de pH em água ocorreu após a retirada das plantas do solo, a fim de verificar se a aplicação do KCl a 2,5 cm e 5,0 cm da linha de semeadura interferiram na acidificação do solo. Para os resultados obtidos, não se verificou diferença estatística significativa para o pH (figura 10).

Figura 10 – Avaliação do pH em água de um Latossolo Vermelho (LV) e um Cambissolo Háplico (CX) com KCl aplicado a 2,5 cm e 5,0 cm da linha de cultivo.



Tratamentos: CX = Cambissolo Háplico; LV = Latossolo Vermelho; 2,5 cm = espaçamento entre o cloreto de potássio e a semente de soja, aplicado em linha; 5,0 cm = espaçamento entre o cloreto de potássio e a semente de soja.

Fonte: Autor (2023)

Os resultados de pH do presente trabalho apresentaram um valor acima de 5,5, sendo um resultado satisfatório, pois se espera que com esse pH não haja alumínio em sua forma

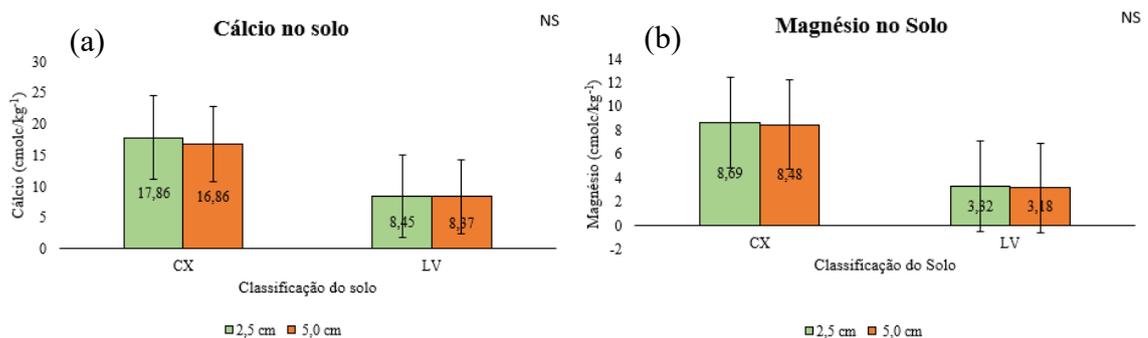
tóxica (Al^{3+}) nos solos estudados, mesmo depois da aplicação do KCl. Assim não a possibilidade de o KCl deslocar Al para a solução de solo através das cargas elétricas que compõem a CTC do solo, pois para esse pH o Al se encontra na forma precipitada (Milane, *et al.*, 2014).

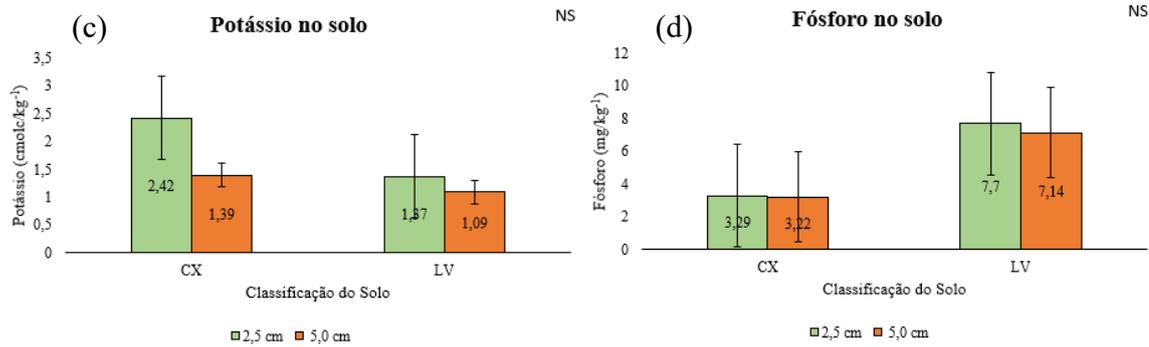
Com o pH acima de 5,5 para ambos os solos e espaçamentos faz com que se tenha a formação de compostos insolúveis. Neste caso, íons de hidróxido (OH^-), estão em maior abundância no solo e, dessa forma, interagem com o alumínio em sua forma solúvel e tóxica às plantas (Al^{3+}) formando hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$), o qual é insolúvel. Assim, precipita-se no solo e o torna menos disponível para as plantas. Dessa forma ao se ter um pH de 5,5 o esperado é que o maior desenvolvimento radicular obtido pelo espaçamento de 2,5 cm em relação ao espaçamento 5,0 cm, não ocorreu devido ao pH do solo.

4.2.3 Demais Nutrientes no Solo

A quantidade de cálcio, magnésio, potássio e fósforo não apresentaram diferenças em função da distância de aplicação do KCl (figura 11).

Figura 11 - Avaliação de cálcio, magnésio, potássio e fósforo disponíveis no solo para a cultura da soja, aplicado próximo à linha de cultivo (K), aplicado a 2,5 cm e 5,0 cm.





Tratamentos: CX = Cambissolo Háplico; LV = Latossolo Vermelho; 2,5 cm = espaçamento entre o cloreto de potássio e a semente de soja, aplicado em linha; 5,0 cm = espaçamento entre o cloreto de potássio e a semente de soja.

Fonte: Autor (2023)

Os nutrientes acima listados não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. As concentrações de cálcio trocável no solo, segundo o manual de adubação e calagem dos estados de RS e SC, devem estar situadas na faixa de classe de disponibilidade alta, para culturas exigentes, como no caso da soja. Ambos os espaçamentos apresentaram valores dentro dessa classe de disponibilidade, garantindo que o nutriente esteve presente acima do nível crítico e assim não sendo esse um fator limitante à cultura. Assim, ao aplicar KCl a 2,5 cm ou a 5,0 cm da semente, seu grânulo não provocou um aumento na concentração de alumínio em sua forma tóxica (Al^{3+}) para o desenvolvimento radicular da planta, não criando uma barreira química ao desenvolvimento radicular. Para o cálcio é possível observar uma maior concentração deste no CX em relação ao LV, essa diferença pode ser explicada pela maior CTC que o CX apresenta em relação ao LV, assim o cálcio aplicado fica retido nos coloides do solo e para haver a correção deve-se aplicar calcário em maiores quantidades, se comparado ao LV.

Assim como o Ca, o Mg trocável deve estar na classe de disponibilidade alta para a cultura da soja, a fim de não interferir o desenvolvimento da cultura. O presente trabalho apresentou teores altos de Mg no solo, garantindo que esse não limitou o desenvolvimento da cultura, estando presente em teores maiores que o nível crítico portanto a salinidade não foi um fator que atrapalhou a absorção de Mg em ambos os espaçamentos e solos.

O K assim como o P apresentara disponibilidade muito alta para ambos os espaçamentos e ambos os solos, garantindo dessa forma que estão disponíveis teores no solo maiores que o nível crítico de cada nutriente. Ambos são de suma importância para o bom

desenvolvimento inicial da soja e garantir que estejam presente em níveis ideais ao desenvolvimento da planta garante um bom desenvolvimento dessa. O K apesar de não apresentar diferença estatística significativa se tem uma tendência ao espaçamento de 2,5 cm apresentar melhores resultados que o de 5,0 cm, podendo ser explicado pela maneira de absorção que na maioria das vezes ocorre por difusão, curtas distâncias, assim sendo absorvida de forma satisfatória, se comparado a maiores distâncias.

5 CONCLUSÃO

A aplicação de KCl a 2,5 cm ao lado e abaixo da semente de soja incrementou o comprimento de raiz em comparação a distância de 5,0 cm, mas não incrementou os demais parâmetros como massa seca em dose de KCl equivalente a 250 kg ha⁻¹ tanto em Latossolo Vermelho como em Cambissolo Háplico, em condições ideais para o desenvolvimento e sem restrição hídrica. Essa aplicação atingiu condutividade elétrica de 0,31 dS/m no CX e 0,29 dS/m no LV o que pode ser considerado um nível que não interferiu no desenvolvimento e germinação das sementes. A aplicação de KCl a 2,5 cm não afetou os demais nutrientes no solo e parâmetros na planta.

REFERÊNCIAS

- BEVULAQUA, Gilberto A. P., et al. **Posição de fósforo e potássio na adubação da semente e no crescimento de plântulas de milho.** Pelotas, 1996. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/158>. Acesso em: 8 de fevereiro 2024.
- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos.** Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, v. 10, n. 12, set. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos>. Acesso em 7 de março 2024.
- DUARTE, A. P.; COSTA, R. L.; FIGUEIREDO, R. S. **Indicações técnicas para o cultivo de soja na região Centro-Oeste.** Londrina: Embrapa Soja, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120121/1/Indicacoes-Tecnicas-Embrapa-003.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2024.
- ERNANI, Paulo Roberto, et al. **Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável.** Lages: UDESC, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/HFrBL9GKXtYqBDRqGyqhyxF/?lang=pt>. Acesso em: 5março 2024.
- FERREIRA, E. P. B.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L.; FERRARI NETO, J. **Época de maior exigência de potássio na cultura da soja.** *Scientia Agricola*, v. 60, n. 2, p. 222-226, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/sgwBRqxwhhZTtTJmvMzxhRm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 abril. 2024.
- FIRMANO, Ruan Francisco. **Efeito residual da adubação potássica nas formas de nutrientes no solo.** Piracicaba, USP, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-07062017-090108/pt-br.php>. Acesso em: 18 de maio 2024.
- MACHADO, H. R. et al. **Mapeamento da condutividade elétrica aparente do solo em uma área irrigada no cerrado brasileiro.** *Agrarian*, [S.l.], v. 14, n. 65, p. 120-127, mar. 2020. Disponível em: <https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/agro/article/view/120>. Acesso em: 16 abril 2024.
- MANTOVANI, Analu. **Metodos de aplicação de potássio na soja em nitossolo vermelho.** Joaçaba, UNOESC, 2017. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/citations?user=UUuxzlsAAAAJ&hl=pt-BR>. Acesso em 20 abril 2024.
- MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. **Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 90-101, jan./fev. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162011000100009&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 20 maio 2024.
- NACHTIGALL, G. R.; RAJI, M. **Efeito de fontes e doses de fósforo na cultura do milho, em solo com diferentes níveis de acidez.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., 2004, Lages. Anais... Lages: SBCS, 2004. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/543900>. Acesso em: 4 março 2024.

NEVES, Lisiane Silva; ERNANI, Paulo, Roberto; SIMONETE, Márcia Aparecida. **Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio.** Lages: UDESC, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/HYQwxBKxfKYY8tCqJYMZkWD/>. Acesso em: 9 d abril 2024.

RABELLO, Ladislau Marcelino. **Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos.** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA-2010/12613/1/DOC43-2009.pdf>. Acesso em: 20 maio 2024.

RAIJ, B. van et al. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. 2. ed. Campinas: IAC, 2001.** Disponível em: https://lab.iac.sp.gov.br/Publicacao/Raij_et_al_2001_Metod_Anal_IAC.pdf. Acesso em: 13 abril 2024.

SILVA, Beatriz Alves. **Impactos da urbanização na qualidade da água de um córrego urbano: estudo de caso do Riacho do Pepê.** 2019. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Disponível em: https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/5297/1/tcc_beatrizsilvaalves.pdf. Acesso em: 16 abril 2024.

SILVA, F. C.; MOREIRA, J. A.; COSTA, A. C. **Acidez e alumínio na germinação e desenvolvimento de plantas.** *Journal of Agronomic Sciences*, Umuarama, v. 3, n. 1, p. 188-198, jan./jun. 2014. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54533538/Journal_of_Agronomic_Sciences_Umuarama_v.3_n.1_p.188-198_2014_B5-libre.pdf?1506364473=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DACIDEZ_E_ALUMINIO_NA_GERMINACAO_E_DESENV.pdf&Expires=1718593100&Signature=FB7UdzR8iTRMiD72fkDR6Ita4wAZ55AAGLXA0VDjnyB3sZeGqwS894fAqVSNZZ51flLky9QyXoEYzsCxTQvwFvdOuOMvGGs-jsWDA9e7sTMgUsat~xqmnt48JwUXBhsp8mCHde72kaB~oKxV6mz8nnrkd90Oqs9PvozXpen36VLxrz0lrXXX~45HcuZQv6XdEooDreMk2W5t5Ri6SIycwe1MVZCy2riVxgayks9QC2Hlr~pW5MOL~kWszYpv09FbNZ2zsHhD7j64ApFrgGevqhDJ4T0-qjZu4Y9y-Y2TsEgOueuhvqYHc4dXRgtRGZzRyg3fuZ3VKKTbQ25kELdC8g__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 6 abril 2024.

SFREDO, Gedi Jorge; BORKET, Clóvis Manuel. **Deficiências e Toxicidades de Nutrientes em Plantas de Soja:** Descrição dos sintomas e ilustração com fotos. Londrina: Embrapa Soja, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63305/1/Documentos-231.pdf>. Acesso em: 15 abril 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 11. ed. Núcleo Regional Sul. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. Disponível em: https://www.sbcs-nrs.org.br/docs/Manual_de_Calagem_e_Adubacao_para_os_Estados_do_RS_e_de_SC-2016.pdf. Acesso em: 3 de janeiro 2024.

USDA. **South African Corn: El Niño Induced Drought in February Reduced Production Prospects.** World Agricultural Production, abril 2024. Disponível em:

https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/pecad_stories.aspx?regionid=safrika&ftype=prodbriefs. Acesso em: 10 abril 2024.

YAMADA, Tsuioshi. **Doses e métodos de distribuição de cloreto de potássio na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em latossolo roxo, influenciando na salinidade, produção e composição química das folhas.** Piracicaba: USP, 1980. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-20220208-050359/pt-br.php>. Acesso em 2 de fevereiro 2024.