



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

JORDANA DOS SANTOS BARATIERI

EFEITOS DE ALUMÍNIO E pH NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SOJA

CERRO LARGO,
2015.

JORDANA DOS SANTOS BARATIERI

EFEITOS DE ALUMÍNIO E pH NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SOJA

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado
como requisito para obtenção de grau de Bacharel em
Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.
Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons

**CERRO LARGO,
2015.**

Baratieri, Jordana dos Santos

Efeitos de Alumínio e pH na Germinação e Vigor de Soja/ Jordana dos Santos Baratieri. -- 2015.

32 f.:il.

Orientador: Sidinei Zwick Radons.

Co-orientador: Juliane Ludwig.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia , Cerro Largo, RS, 2015.

1. Soja. 2. Alumínio . 3. pH. 4. Efeitos de Toxidade . I. Radons, Sidinei Zwick, orient. II. Ludwig, Juliane, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

JORDANA DOS SANTOS BARATIERI

EFEITOS DE ALUMÍNIO E pH NA GERMINAÇÃO E VIGOR DE SOJA

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:
____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons – UFFS

Prof.^aDr^a. Juliane Ludwig – UFFS

Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira – UFFS

Dedico este trabalho primeiramente, a minha mãe Maria Eli e ao meu irmão Júnior, pois confiaram em mim e não mediram esforços para que este sonho se realizasse, sem a compreensão, ajuda e confiança deles nada disso seria possível. A eles além da dedicatória desta conquista dedico a minha vida.

Ao meu pai Antônio Carlos (in memoriam), que nos deixou tão cedo, dedico esta conquista e todas as outras que virão, sei que esta presente ao meu lado em cada passo que dou obrigado por tudo, saudades!

Ao meu namorado Thiago, por toda paciência, compreensão, carinho, amor e por sempre estar disposto a me ajudar a achar soluções quando elas pareciam não aparecer. Você foi à pessoa que estive comigo nos momentos bons e ruins. Além desta conquista, dedico todo meu amor.

Aos meus amigos, que me apoiaram e que sempre estiveram ao meu lado durante esta longa caminhada, em especial aqueles que muitas vezes compartilhei momentos de tristeza, alegrias, angústias e ansiedade, Natali, Jeferson, Tobias, Kaliton, Atílio e Felipe, mas que sempre estiveram ao meu lado apoiando e ajudando. Além de dedicar este trabalho também a minha irmã de coração Zeze que mesmo longe é fundamental em minha vida. A vocês meus amigos dedico este trabalho e todo meu carinho.

A estes dedico meu trabalho e dedicação, com certeza sem a ajuda, confiança e compreensão de todos, este sonho não teria se realizado. Vocês são tudo pra mim! Muito Obrigada por tudo!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele eu não teria traçado o meu caminho e feito a minha escolha pela agronomia. A minha mãe, meu irmão e namorado que doaram seu tempo e paciência para que a minha pesquisa desse certo, sem eles nada disso seria possível, foram a peça fundamental para a concretização do meu trabalho. A vocês expresso o meu maior agradecimento. Agradeço aos funcionários da UFFS, que sempre tiraram minhas dúvidas e sempre me ajudaram. Obrigada! Agradeço principalmente a minha família e amigos por terem me apoiado e ficarem ao meu lado nas horas que eu mais precisava. A todos os professores e em especial ao meu orientador Prof. Sidinei, por exigir de mim muito mais do que eu supunha ser capaz de fazer, além de ter muita paciência. Agradeço por transmitir seus conhecimentos e por fazer do meu tcc uma experiência positiva, além de ter confiado em mim, sempre estando ali me orientando e dedicando parte do seu tempo a mim. Muito Obrigada por tudo, pela paciência, pela amizade e pelos ensinamentos que levarei para sempre.

“Algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre, umas porque nos vão ajudando na construção, outras porque nos apresentam projetos de sonho e outras ainda porque nos desafiam a construí-los”.

RESUMO

Jordana dos Santos Baratieri. Efeitos de alumínio e pH na germinação e vigor de soja.

Sendo a Soja a cultura anual de maior importância dentro da produção agrícola brasileira e níveis de pH ácido e alumínio tóxico, fatores que limitam tal produção, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da toxidez por alumínio e pH ácido na germinação de sementes e no vigor de plântulas de diferentes cultivares de soja. O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo. Foram utilizadas três cultivares de soja, submetidas a tratamentos com solução de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ – Sulfato de Alumínio nas concentrações de 0,5 e 1,5, e também de HCl - Ácido Clorídrico nas concentrações de 7,0; 6,0 e 5,0, além da testemunha com água destilada. As análises realizadas consistiam em teste de germinação, avaliação de desempenho das plântulas quanto vigor e crescimento radicular, além de peso de massa seca total. No experimento o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, bifatorial com 4 repetições. Ocorreram diferenças significativas entre as cultivares, deste modo a cultivar BMX 7166 se destacou e mostrou maiores porcentagens de germinação e melhor vigor quando comparada às demais. A cultivar Coodetec 201 mostrou-se sensível aos tratamentos enquanto que a cultivar Intacta 6563 não sofreu interferência dos mesmos. Os tratamentos com sulfato de alumínio se mostraram eficientes e causaram efeitos significativos, demonstrando queda no vigor e na germinação de soja. Por outro lado os níveis de pH não apresentaram problemas para as cultivares utilizadas.

Palavras- chaves: *Glycine max* - Teste de Germinação – Produção Agrícola.

ABSTRACT

Jordana dos Santos Baratieri. Aluminium and Effects of pH on the germination and vigor soybean.

Being Soybean an annual crop of great importance within the Brazilian agricultural production and acid pH levels and toxic aluminum are factors that limit such production, the aim of this study was to evaluate the effects of aluminum toxicity and acid pH on seed germination and in seedling vigor of different soybean cultivars. The experiment was conducted at the Seed Laboratory of Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, RS, Brazil. Three soybean cultivars were used and subjected to solution treatment with $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ - Aluminum Sulfate concentrations of 0.5 and 1.5, as well as HCl - Hydrochloric acid in concentrations of 7.0; 6.0 and 5.0, and a control with distilled water. The analyzes consisted of germination test, performance evaluation as seedling vigor and root growth, and total dry matter weight. In the experiment design was completely randomized, factorial with four repetitions. Significant differences among cultivars, thereby cultivating BMX 7166 stood out and showed higher percentages of germination and better effect when compared to the others. Cultivar Coodetec 201 was sensitive to treatment while cultivating Intact 6563 was not affected them. Treatments with aluminum sulfate were effective and caused significant effects, demonstrating decrease in vigor and germination. Moreover, pH levels did not present problems for the cultivars used..

Key-words: *Glycine max* - Germination test - Agricultural Production.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÕES	26
6 REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é a cultura que mais cresceu desde a década de 60, período onde se estabeleceu como uma cultura de grande importância para o país. Apesar de sua produção estar em constante crescimento, foi apenas a partir da década de 70 que a mesma se destacou e consolidou-se como a cultura de mais importância na balança comercial do país. Segundo dados do Ministério da Agricultura, hoje em dia a soja detém de 49% da área de grãos plantados no país, sendo que as regiões que mais se destacam na sua produção são a região Centro- Oeste e região Sul. Segundo dados do IBGE (2010) a mesma é uma cultura que lidera o ranking da produção agrícola no século XXI, tendo 23% de aumento de produção e 13% de aumento em área plantada no Brasil nos últimos anos.

Entretanto a produtividade da soja não tem acompanhado o ritmo de constante expansão que a mesma vem tendo nos últimos tempos, e um dos fatores que podem ter relação com tal fato, além da compactação do solo e surtos de doenças e plantas daninhas, é a acidez do solo, pois como explicam Mascarenhas, Camargo e Falivene (1984), para se atingir uma ótima produtividade na cultura da soja deve-se ter um solo que permita um completo e melhor desenvolvimento do sistema radicular, sem que o mesmo tenha restrições físico-químicas em sua estrutura.

Dentre as causas da acidez do solo estão a extração de nutrientes por parte das plantas, a lixiviação, a utilização de adubação inadequada e a erosão do solo. Como consequências disso estão a presença de alumínio tóxico, principalmente em níveis de pH abaixo de 5,5, que caracterizam um pH ácido demais para quase todas as culturas. Tais restrições físico-químicas, como presença de alumínio tóxico e pH ácido, são hoje em dia consideradas os maiores problemas da produção agrícola, não só causam problemas na estrutura dos solos e em vários outros cultivos, como também afetam a cultura da soja, podendo inclusive provocar grandes quedas em sua produtividade.

A acidez do solo ou pH do solo, é caracterizado pela presença de H^+ em sua estrutura, sendo considerado um indicador de fertilidade, o mesmo tem origem no intemperismo, ou seja, nas rochas oriundas da formação do solo em questão. Deste modo, é necessário que o mesmo esteja em uma faixa ótima, que difere entre culturas, para que os processos de absorção de nutrientes e desenvolvimento das plantas aconteça da melhor forma possível. Cabe-se dizer que níveis de pH ácido são hoje em dia muito comumente encontrados em regiões produtoras de grãos, porém tal problema é a porta de entrada para que vários outros

aconteçam, como o exemplo da presença de metais pesados em grande quantidade e redução na concentração de micronutrientes necessários para as plantas.

Deste modo, a acidificação do solo por conta da presença de grandes quantidades de alumínio tóxico é um fator que ultimamente tem gerado muita preocupação, pois com o crescimento da população também cresce a demanda por mais alimentos, fazendo com que se busque o aumento da produção, frente a isso está a importância de recuperar solos degradados e otimizar a produção em pequenas áreas.

Como explica Ferreira, Moreira e Rassini (2006), no solo a grande concentração de Al^{+3} é um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas, a presença do mesmo tem efeito nocivo sobre as culturas, principalmente na redução da germinação e na redução da taxa de crescimento do sistema radicular das plantas, afetando diretamente o alongamento das raízes e a divisão celular, diminuindo assim o seu poder de absorção de água e nutrientes do solo, tornando-as menos produtivas e mais susceptível à seca, como é também o caso da soja, que se caracteriza pela drástica redução das raízes e queima das folhas por salinidade.

Algumas alternativas surgem para a redução de tais problemas, como é o caso do uso de fertilizantes corretivos, como o calcário, que devem ser usados em uma incorporação mais profunda, entretanto algumas vezes os mesmos não são aplicados, principalmente em áreas arrendadas, ou são aplicados de forma incorreta. Por outro lado tem-se a alternativa que mais tem se destacado nos últimos anos, que é a do uso de melhoramento genético, ou seja, uso de cultivares que sejam tolerantes a esta toxidez, e que se adaptam a situações adversas, sendo relatados inúmeros estudos com este fim.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo estudar os efeitos da toxidez por alumínio e pH ácido na germinação e no vigor de diferentes cultivares de soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA SOJA

Muitos foram os fatores que contribuíram para o estabelecimento da cultura da Soja na região Sul do país, como a ocorrência da Operação Tatu em meados da década de 60, início do uso de incentivos fiscais, facilidade de manejo da cultura, mercados internacionais em alta e começo das atividades de forma cooperada. Porém foi somente a partir da década de 60 que a mesma se estabeleceu como uma cultura importante para a economia do país, e na década seguinte que a mesma se consolidou e tornou-se a cultura de maior importância para o agronegócio em âmbito nacional, expandindo as áreas de produção e incrementando a sua produtividade (Embrapa, 2014).

Descoberta como fonte de óleo e nutriente animal somente no século XVIII, é hoje em dia mundialmente conhecida pelos seus benefícios em relação à saúde de quem a consome e também utilizada para alimentação humana e para composição de rações animais.

No ranking dos maiores produtores de soja no mundo da FAO (2012) o Brasil encontra-se em segundo lugar, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, e logo após encontram-se Argentina, Índia e Paraguai. Segundo dados do IBGE (2015) a produção de soja no Brasil, neste ano deve aumentar cerca de 9,7% em relação as últimas safras, sendo este um resultado do aumento de 0,4% na área plantada com a cultura em todo o país. Para o Rio Grande do Sul o aumento da produção se deu em 4,6% devido ao ganho de áreas antes plantadas com milho e também de pecuária (CONAB, 2015).

Entretanto, existem alguns empecilhos que causam reflexos negativos na produtividade da mesma, fazendo com que não alcance os seus melhores índices. A compactação do solo é um dos fatores que mais afetam a produtividade das plantas e segundo Rosolem, Almeida e Sacramento (1994) a soja é cultivada sob práticas agrícolas mecanizadas, intensivamente, formando assim camadas compactadas que oferecem resistência ao crescimento das raízes e na disponibilidade de água e nutrientes para as plantas. Além da compactação do solo existem outros fatores e enfermidades que dificultam a obtenção de níveis elevados da produtividade da soja, como as mais de 40 doenças que podem ataca-la (GRIGOLLI, 2014) e a densidade de plantas daninhas (JAREMTCHUK, 2008).

2.2. A ACIDEZ DO SOLO

Além de outros não menos importantes, a acidez do solo é um dos fatores que limitam a produção de soja hoje em dia (MASCARENHAS et al. 1984). Sendo esta uma importante causa da baixa fertilidade dos solos, pois devido a este fato a absorção de água e nutrientes é reduzida (PETREIRE et al. 2007). Entre as principais causas de acidez do solo estão a pobreza em bases do material de origem, processo de formação que ajudam na remoção de elementos básicos e decomposição da matéria orgânica ou ainda o cultivo de algumas espécies, uso de adubações inadequadas e lixiviação por conta da água da chuva ou irrigação (CHAVES, 2005).

Para Oliveira (2009) as principais consequências da acidez do solo estão relacionadas com pH relativamente ácido, sendo eles baixos teores de matéria orgânica e de nutrientes como fósforo, cálcio, magnésio, potássio e molibdênio, além de baixos índices de saturação de bases e principalmente elevados teores de alumínio, zinco, cobre, ferro, manganês que se tornam tóxicos quando presentes em grande quantidade na estrutura dos solos.

A alta acidez dos solos do Brasil tem sido considerada um grande problema pois é facilmente encontrada em regiões produtoras de grãos, principalmente no sul do país. Além disso, quando está associada à presença de metais tóxicos, como é o caso do alumínio, é considerada uma das maiores restrições da produção agrícola (ECHART; CAVALLI, 2001). Os efeitos nocivos da acidez do solo as plantas são iguais aos causados pela toxicidade de alumínio, pois a disponibilidade do alumínio é uma consequência da acidez do solo, ou seja:

A mineralização da matéria orgânica por microrganismos do solo resulta na liberação de nitrato e hidrogênio, ocasionando a diminuição do pH. Em pH baixo, o hidrogênio (H^+) atua sobre os minerais liberando íons alumínio (Al^{3+}) que ficam predominantemente retidos pelas cargas negativas das partículas de argila do solo, em equilíbrio com o Al^{3+} em solução. Assim, a quantidade de Al^{3+} em solução aumenta com a acidez do solo (BOHNEN, 1995 apud ECHART; CAVALLI, 2001).

2.3. ALUMÍNIO

No que se refere a alumínio tóxico, a presença do mesmo é considerada um dos mais importantes problemas de toxicidade por metais em solos ácidos com pH abaixo de 5,5, causando danos em uma média de 40% das terras cultiváveis do país, pois o mesmo possui

efeito tóxico que age direto sobre o metabolismo vegetal, ele representa um fator que limita o crescimento e desenvolvimento das plantas, além de também reduzir a capacidade de absorção de água e nutrientes por parte das raízes das mesmas (ECHART; CAVALLI, 2001).

Para a agricultura o pH do solo deve estar em uma faixa ótima entre 5,8 e 6,2 pois é entre estes que os nutrientes necessários para as culturas apresentam-se com maior disponibilidade. Solos com pH abaixo de 7,0 são considerados ácidos, porém só causam danos as culturas caso atinjam pH abaixo de 5,5, já os solo com pH acima de 7,0 são considerados alcalinos (OLIVEIRA, 2009).

No que se refere aos solos, os efeitos causados pela presença de alumínio estão relacionados com a grande produção de espécies reativas do metabolismo de oxigênio, sendo eles radicais superóxidos e hidroxilas, além de peróxido de hidrogênio e oxigênio, que causam estresse oxidativo as plantas. Tal estresse ocorre devido a alteração química das biomoléculas, que por sua vez causam alterações nas estruturas e no funcionamento das proteínas, clorofila, lipídios e ácidos nucleicos, acarretando assim a morte das células das plantas (RICHARDS, 1998 e FOYER, 1994 apud SILVA, 2007).

Já para as plantas a presença de tal alumínio pode afetar o aprofundamento do sistema radicular, limitando a camada de solo atingida pelas raízes, outros efeitos são a susceptibilidade a déficits hídricos em curtos períodos sem água, interferência na absorção, translocação e uso de elementos essenciais, mais precisamente P e Ca e Mg, além de interferir também nas reações enzimáticas da mesma (SILVA et al.; 1984).

O alumínio afeta também o crescimento das raízes, sendo que o eixo principal tem seu alongamento inibido, como característica desta toxidez as raízes ficam grossas e apresentam coloração diferenciada geralmente castanha, além de se apresentarem quebradiças e com manchas necróticas. Deste modo o alumínio atua no processo metabólico associado a divisão celular, inibindo o crescimento e a divisão celular além de interferir na replicação do DNA na interfase (SOUZA 2001).

Particularmente para a cultura da soja, os efeitos da toxicidade de alumínio afetam a sua produtividade, reduzem efetivamente as suas raízes, tornando as mesmas mais sensíveis a falta de água e também ocorre queima das folhas pela alta salinidade (MASCARENHAS et al. 1984). Além disso processos como a instalação de bactérias nitrificantes e fixação de nitrogênio também se mostram sensíveis ao alumínio na cultura da soja (TANAKA, 1995).

Em estudo realizado por Mascarenhas et al. (1984) que tinha por objetivo a identificação de cultivares de soja resistentes a estresse por alumínio, também identificou, além dos citados anteriormente, efeitos nocivos como a clorose nas folhas mais velhas

semelhante ao sintoma da deficiência de fósforo, o encarquilhamento das folhas mais novas, e a descoloração das raízes nos primeiros cinco dias do experimento.

Contudo Petrere et al. (2007) define a redução do crescimento do sistema radicular como sendo o sintoma mais visível e também mais importante da toxidez por alumínio que ocorre nas plantas. Tal sintoma pode ser causado por mecanismos diferentes, sendo assim o Al^{3+} pode interagir dentro ou fora das células. Neste sintoma as raízes não apresentam um bom desenvolvimento, além de que nas extremidades, ou seja, na região meristemática, as raízes adquirem uma cloração marrom, e ficam quebradiças e curtas. Sendo assim, o alumínio pode ainda causar o rompimento das células, e causar danos aos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas.

2.4. ESTRATÉGIAS ESTUDADAS VISANDO A SOLUÇÃO DO PROBLEMA

A acidez do solo e a toxidade por alumínio são os principais responsáveis pelo baixo desempenho das plantas no solo. Vários estudos já foram feitos a fim de encontrar soluções plausíveis para tais problemas, uma das estratégias mais utilizadas é o uso do calcário, que pode promover diversos benefícios, como a elevação do pH, maior disponibilidade de cálcio e magnésio e também diminui os teores de elementos como alumínio, ferro e manganês, ajudando ainda na CTC do solo, na mineralização da matéria orgânica, e também melhora o aproveitamento de adubos (MIGUEL et al. 2010).

Entretanto sua ação funciona apenas nas camadas superficiais do solo, como garante Mascarenhas e Tanaka, pois quase sempre são utilizados em cobertura, não causando o efeito desejado, e mesmo assim não possibilitam o completo desenvolvimento das raízes que necessitam de profundidade para se desenvolverem. Obtém-se então melhores resultados caso o mesmo for incorporado em profundidade no solo, ou seja, quanto maior for o alcance do calcário maior será a sua atuação. Sendo que tal estratégia é muitas vezes inviável ou extremamente cara, surgem então outras alternativas, como afirma Foy:

Problemas de acidificação do solo podem ser corrigidos por calagem, num processo que neutraliza os íons H^+ e Al^{3+} . Entretanto, a aplicação de calcário na superfície do solo não soluciona os problemas de acidez nas camadas inferiores e a calagem a grandes profundidades geralmente não é possível por apresentar problemas técnicos e econômicos. Por estas razões, o uso de cultivares tolerantes ao Al torna-se a estratégia mais efetiva para a produção de culturas economicamente importantes em solos ácidos (FOY, 1984 apud ECHART; CAVALLI, 2001).

2.5. SELEÇÃO DE CULTIVARES RESISTENTES E MÉTODOS DE SELEÇÃO

Na classificação de cultivares que atingem a resistência ao alumínio, a soja mostra-se superior ao trigo (TANAKA, 1989). Contudo a seleção de plantas resistentes é uma das estratégias que lideram os estudos nos últimos anos, sendo então testados diversos métodos para avaliar a ação das mesmas. A exploração do potencial genético das cultivares é importante ao programa de melhoramento genético da soja, pois além de tudo visam a adaptabilidade das plantas a situações adversas que acabam causando estresse a planta e como consequência a diminuição da produtividade (MIGUEL et al. 2010).

Para Fageria (1979) essas cultivares resistentes podem ser melhoradas diretamente ou então incorporar as características que se deseja aquelas que foram melhoradas para se obter um melhor desempenho agrônômico, sendo que o autor ainda ressalva a importância de serem selecionadas diversas cultivares e/ou linhagens para o estudo, a fim de se obter melhores resultados. E sendo assim, já existem bons resultados no melhoramento genético de plantas como soja, milho, trigo e sorgo.

Portanto a tolerância ao alumínio pode ser entendida e explicada por dois mecanismos distintos; O primeiro mecanismo é onde o alumínio é impedido de chegar aos sítios onde causa toxidez as plantas, impedindo assim a sua interação com outros componentes das células, ou seja, inativação do Al fora da planta. E o segundo mecanismo, age internamente, ou seja, o alumínio penetra na célula, porém tem sua ação neutralizada por enzimas, ou fica isolado no vacúolo. Estes são os mais importantes, porém ainda existem estudos sobre outros mecanismos (SILVA et al., 1984).

Como explica Echart e Cavalli (2001) os mecanismos de tolerância são complexos e vários estudos têm sido feitos para descobrir qual realmente faz a melhor seleção de germoplasma tolerante. Deste modo, diferentes métodos de seleção tem sido realizados, buscando sempre a possível seleção de várias plantas e aquele que realize a ação mais rápido, dentre vários, são três os mais utilizados, estudos da cultura a campo, solos sob condições controladas e cultura em solução nutritiva.

Porém tais métodos apresentam divergências, ou seja, o método da seleção com a cultura a campo possui o objetivo de integrar os efeitos da toxidade de alumínio com todas as condições naturais de um ciclo completo, porém as desvantagens de tal método são várias, pois o experimento pode ser prejudicado por condições adversas como doenças e pragas, vulnerabilidade da cultura a intempéries ambientais, o tempo muito longo de estudo e o total

da complexidade da interação do experimento com o meio ambiente (ECHART; CAVALLI, 2001).

Echart e Cavalli (2001) também destacam que nos experimentos em solo com condições controladas, as desvantagens referem-se a seleção de solos adequados para tal experimento, pois o alumínio não é o único fator limitante e causador de danos a cultura em um solo, e outro ponto é a maneira de como será feito as observações das raízes utilizando a cultura em solo, visto de que os principais sintomas são visíveis nas mesmas.

Quando se fala no método da cultura em solução nutritiva, o mesmo aparece como uma alternativa aos problemas dos demais, pois pode ser conduzido de diferentes maneiras e em laboratório, permitindo assim uma análise mais profunda dos dados obtidos. Neste método diferentes técnicas são utilizadas para tal avaliação, desde que contenham a solução nutritiva de Al e pH, sendo os critérios como crescimento e peso do sistema radicular são os mais utilizados para análise dos resultados, entretanto outros critérios também são utilizados, como porcentagem de germinação e vigor (ECHART; CAVALLI, 2001).

Como exemplo de tal método, tem-se o estudo realizado por Custódio et al. (2002) que teve por objetivo estudar o comportamento de cultivares de soja a estresse ácido por alumínio e pH, o mesmo foi realizado de modo a submeter as sementes a germinação em diferentes concentrações de tricloreto de alumínio (AlCl_3) e ácido clorídrico (HCl), avaliando assim germinação, vigor e crescimento radicular e peso de massa seca do mesmo. Obtendo como principais resultados, maiores porcentagens de plântulas anormais, e em soluções com doses maiores de AlCl_3 e HCl ocorrência de maior mortalidade de sementes.

Outro estudo que também utilizou solução nutritiva foi o realizado por Menosso et al. (2001), que teve por objetivo avaliar o efeito do Al no crescimento da raiz com modificações de pH, o mesmo consistiu em avaliar o comportamento de quatro cultivares, resistentes e não resistentes, de soja submetidas ao recebimento de solução nutritiva em recipientes de plástico. O resultado de tal estudo demonstrou que as cultivares que não eram resistentes possuíam baixo desenvolvimento do sistema radicular devido a toxicidade por alumínio, já para as cultivares tolerantes o resultado foi indiferente.

Sendo assim, cabe-se dizer que a seleção de cultivares resistentes é de suma importância para a agricultura, pois visa a diminuição do uso de insumos, buscando uma agricultura sustentável e compromisso com o meio ambiente (FERREIRA, MOREIRA e RASSINI, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes, da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo/RS, nos meses de junho e julho de 2015. Foram utilizadas sementes de três cultivares de soja, sendo elas Coodetec 201, BMX 7166 e Intacta 6563, colhidas na safra 2014/2015 e doadas por AREDE, Sementes Umbu e Sementes Dalpai respectivamente.

Após o recebimento das sementes, os lotes passaram pelo processo de limpeza manual, visando eliminar sementes inviáveis, ou seja, aquelas quebradas, trincadas ou rachadas e também algumas impurezas. Logo após foi realizado a determinação da umidade das sementes utilizando o medidor de umidade universal, marca Manutec, processo que serviu para se certificar de que as sementes estavam dentro da umidade ótima determinada para a cultura.

Os tratamentos que foram utilizados consistiam em solução de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ – Sulfato de Alumínio nas concentrações conhecidas de 0,5 e 1,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ e de HCl - Ácido Clorídrico, para pH de 7,0; 6,0 e 5,0, além da testemunha com água destilada, sendo que tais soluções foram distribuídas conforme a Tabela 1. Também foram utilizados NaOH 0,01 N e HCl 4 M para obtenção do pH desejado, medido através do equipamento pHmetro.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento.

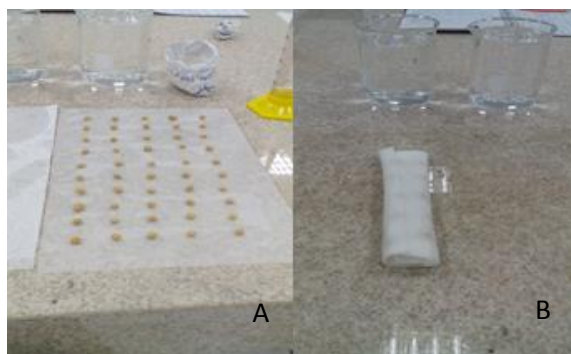
TRATAMENTO	CULTIVAR	CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO	pH
1	Coodetec 201	0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	7,0
2	Coodetec 201	0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	6,0
3	Coodetec 201	0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	5,0
4	BMX 7166	0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	7,0
5	BMX 7166	0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	6,0
6	BMX 7166	0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	5,0
7	6563 INTACTA	0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	7,0
8	6563 INTACTA	0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	6,0
9	6563 INTACTA	0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	5,0
10	Coodetec 201	0,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	7,0
11	Coodetec 201	0,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	6,0
12	Coodetec 201	0,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	5,0
13	BMX 7166	0,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	7,0
14	BMX 7166	0,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	6,0
15	BMX 7166	0,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	5,0
16	6563 INTACTA	0,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	7,0
17	6563 INTACTA	0,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	6,0
18	6563 INTACTA	0,5 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	5,0

19	Coodetec 201	1,5 mmol _c dm ⁻³	7,0
20	Coodetec 201	1,5 mmol _c dm ⁻³	6,0
21	Coodetec 201	1,5 mmol _c dm ⁻³	5,0
22	BMX 7166	1,5 mmol _c dm ⁻³	7,0
23	BMX 7166	1,5 mmol _c dm ⁻³	6,0
24	BMX 7166	1,5 mmol _c dm ⁻³	5,0
25	6563 INTACTA	1,5 mmol _c dm ⁻³	7,0
26	6563 INTACTA	1,5 mmol _c dm ⁻³	6,0
27	6563 INTACTA	1,5 mmol _c dm ⁻³	5,0

Fonte: Elaborada pela autora.

Após a conclusão do processo de obtenção das concentrações desejadas, cinquenta sementes de cada repetição foram acomodadas entre três folhas de papel para germinação-Germitest, conforme a Figura 1 (A), que foram embebidos com a solução correspondente 2,25 vezes o seu peso, as mesmas foram enroladas em forma de cilindro e acomodadas em sacos de polietileno, conforme Figura 1 (B).

Figura 1 – Sementes distribuídas em papel para germinação e aspecto dos rolos antes de serem levados para a BOD.

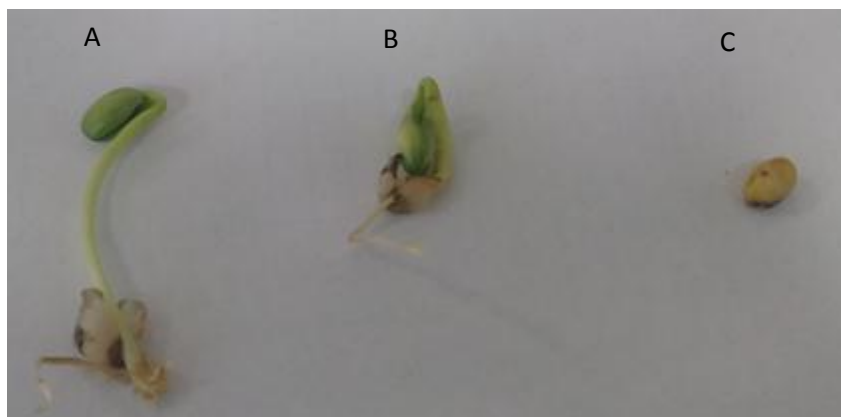


Fonte: Jordana Baratieri. 08/07/15.

As sementes foram submetidas a estresse por alumínio e pH ácido na solução durante a germinação, e analisadas perante teste de germinação, avaliação do desempenho das plântulas enquanto vigor e crescimento radicular, além de peso de massa seca.

Para o teste de germinação os materiais foram acomodados na câmara para germinação de sementes, a temperatura constante de 25°C com fotoperíodo de 12 horas, por um período de oito dias. As contagens foram realizadas no quinto e oitavo dia. Foram analisadas as plântulas normais, anormais e mortas, conforme critérios estabelecidos pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009) exemplificado na Figura 2.

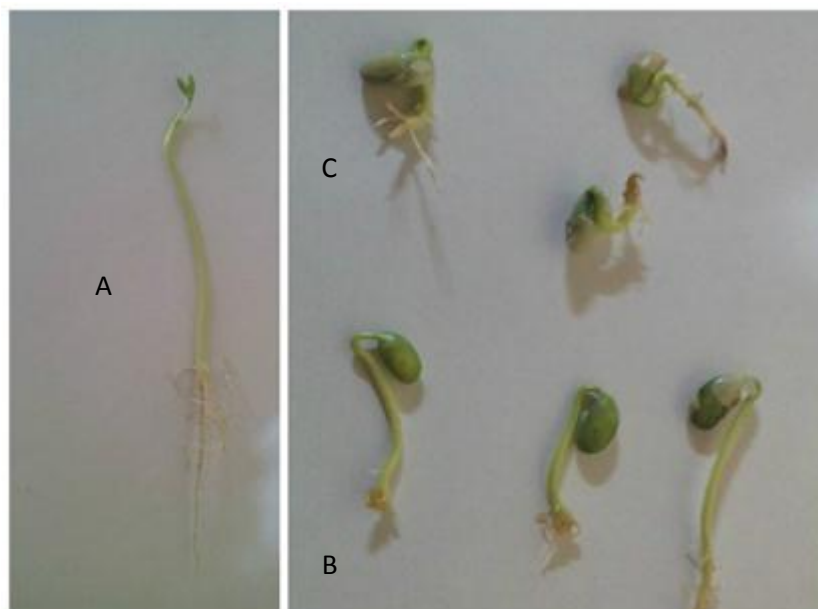
Figura 2 – - Plântulas de soja, consideradas normal (a), anormal (b) e morta (c).



Fonte: Jordana Baratieri. 13/07/15.

Também foi realizada a análise do vigor das sementes, classificando as plântulas normais em fortes e fracas, conforme os critérios estabelecidos por NAKAGAWA; (1999) apud CUSTÓDIO et al.; (2002). Foram classificadas em normais fortes as plântulas mais vigorosas com as estruturas essenciais bem formadas e maiores que as demais, e normais fracas aquelas plântulas bem formadas porém pouco vigorosas e menores que as demais. (Figura 3).

Figura 3 - Plântulas de soja normais fortes (A), normais fracas (B) e anormais (C).



Fonte: Jordana Baratieri. 16/07/15.

No oitavo dia após a última contagem, foi avaliado o crescimento radicular das sementes, medindo a parte aérea e a raiz das mesmas. Para determinação de massa seca total, a parte aérea e a raiz foram seccionadas e acomodadas em sacos de papel, devidamente identificados, que foram colocados para secar em estufa em temperatura de 60°C até atingir massa constante, após isso o material foi pesado em balança analítica de precisão.

No experimento, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, fatorial e com 4 repetições. O fator A foi composto de 3 cultivares diferentes de soja. O fator D de 3 concentrações de alumínio na solução e o fator E 3 níveis de pH na solução..

Os resultados experimentais, após tabulados, foram analisados por meio de ANOVA pelo teste F em 5% de significância, para verificação do efeito das causas de variação e da existência de interação entre estas. Dados expressos em percentual foram transformados para fins de análise, por meio da transformação raiz quadrada. Quando houve diferença significativa as médias foram comparadas pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro, através do programa ASSISTAT ou foi realizada a análise de regressão, no caso de tratamentos quantitativos.

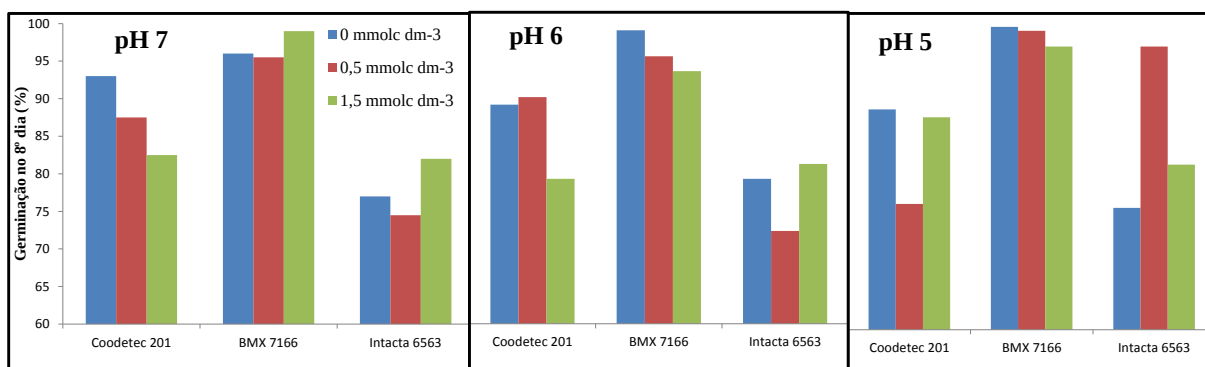
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 GERMINAÇÃO

No que diz respeito à germinação, houve diferença significativa entre as cultivares, em função das diferentes concentrações de sulfato de alumínio e diferentes níveis de pH. Para a germinação analisada no oitavo dia após a instalação do experimento, que está representada na Figura 4, nota-se que as cultivares apresentaram diferentes comportamentos.

Observa-se então que a cultivar BMX 7166, teve porcentagens de germinação acima de 95%, ou seja, se mostrou indiferente às concentrações de alumínio e diferentes níveis de pH, apresentando uma ótima percentagem de germinação em todos os casos, nota-se ainda que ocorreu redução na germinação desta cultivar nos níveis de pH 6 e pH 5, porém tal diferença não foi estatisticamente significativa. Para a cultivar Coodetec 201, nota-se que a mesma possui sensibilidade em relação principalmente às concentrações de alumínio, pois ocorreu redução nas porcentagens de germinação quando exposta às diferentes concentrações de sulfato de alumínio, e apresentou diferentes comportamentos em relação aos níveis de pH, demonstrando o efeito significativo do mesmo. Já a cultivar Intacta 6563 apresentou baixas porcentagens de germinação, não sofrendo interferência significativa dos diferentes tratamentos, pois como pode-se notar na Figura 4, as maiores porcentagens de germinação apresentaram-se na maior concentração de sulfato de alumínio e em um dos casos na dose intermediária, demonstrando que o mesmo não interfere na germinação da cultivar.

Figura 4– Germinação de 3 cultivares de soja 8 dias após a instalação em rolo de papel para germinação de sementes, sob diferentes concentrações de sulfato de alumínio e pH.



Fonte: Jordana Baratieri.

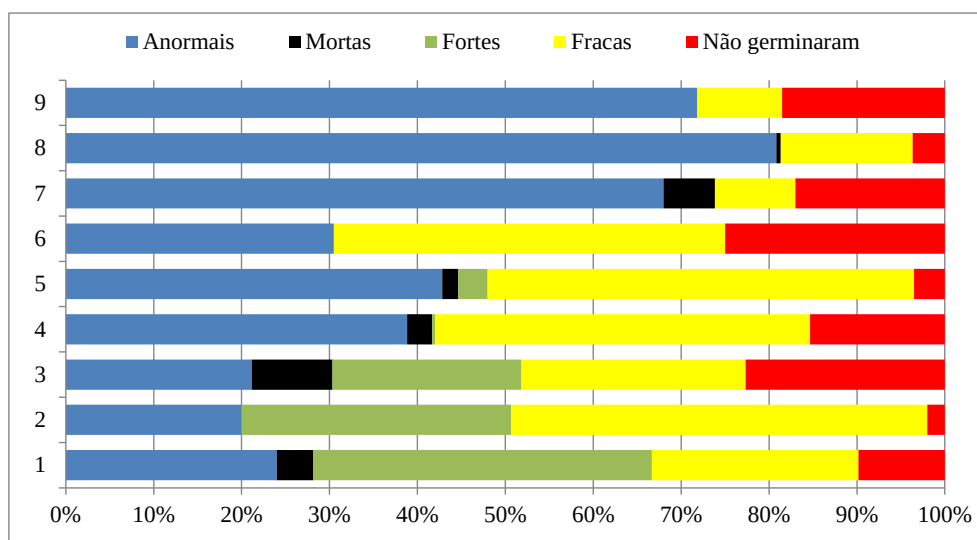
Estudos realizados sob condições semelhantes, como o de Custódio et al. (2002), que utilizaram alumínio na solução e diferentes cultivares de soja, não encontraram diferenças estatísticas na germinação, porém utilizaram sementes de mesma base genética e quando comparado a outras cultivares o efeito foi significativo. Pois, como relatam Menosso et al. (2001), existem cultivares sensíveis e cultivares tolerantes ao alumínio, que podem demonstrar sintomas de diferentes maneiras.

Os resultados obtidos no presente trabalho estão em concordância também com os relatados por SILVA (2007), e ECHART & CAVALLI (2001), os quais verificaram que altas concentrações de alumínio causam retardamento da germinação de sementes e do desenvolvimento de plântulas

3.2 VIGOR

Para avaliação do vigor, as plântulas foram primeiramente analisadas perante percentagens de plântulas normais fortes e fracas, anormais e mortas. Como pode se observar na Figura 5.

Figura 5 – Percentagens de plântulas normais fortes e fracas, anormais, mortas e sementes que não germinaram, oito dias após a instalação do experimento, sob diferentes concentrações de alumínio.



Legenda: 9 – Cultivar Intacta 6563 sob 1,5 mmol_c dm⁻³ de Sulfato de Alumínio; 8 - Cultivar BMX 7166 sob 1,5 mmol_c dm⁻³ de Sulfato de Alumínio; 7 - Cultivar Coodetec 201 sob 1,5 mmol_c dm⁻³ de Sulfato de Alumínio; 6 - Cultivar Intacta 6563 sob 0,5 mmol_c dm⁻³ de Sulfato de Alumínio; 5 - Cultivar BMX 7166 sob 0, mmol_c dm⁻³ de Sulfato de Alumínio; 4 – Cultivar Coodetec 201 sob 1,5 mmol_c dm⁻³ de Sulfato de Alumínio; 3 - Cultivar Intacta 6563 sob 0 mmol_c dm⁻³ de Sulfato de Alumínio; 2 - Cultivar BMX 7166 sob 0 mmol_c dm⁻³ de Sulfato de Alumínio; 1 – Cultivar Coodetec 201 sob 0 mmol_c dm⁻³ de Sulfato de Alumínio.

Fonte: Jordana Baratieri.

Na avaliação das percentagens de plântulas normais fortes e fracas, anormais e mortas, não ocorreu interação significativa entre os tratamentos e as cultivares, porém quando avaliados separadamente obteve-se diferenças significativas entre os mesmos, ou seja, quando submetidas a diferentes níveis de pH o comportamento das cultivares não sofreu interferência dos mesmos, porém quando submetidas a diferentes concentrações de sulfato de alumínio demonstraram o efeito significativo em relação a ele.

Observando então a Figura 5, nota-se que as percentagens de plântulas fortes diminuem assim que as concentrações de sulfato de alumínio aumentam, percebe-se que as testemunhas (linhas 1, 2 e 3) foram as que produziram as maiores percentagens, seguidas da concentração de $0,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de sulfato de alumínio (linhas 4, 5 e 6) onde somente a cultivar BMX 7166 apresentou percentagens, e posteriormente da concentração de $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de sulfato de alumínio (linhas 7, 8 e 9) onde todas as cultivares se mostraram nulas, ou seja, não se teve percentagens de plântulas fortes nestes tratamentos.

Para as percentagens de plântulas fracas pode perceber que as maiores percentagens apresentaram-se na concentração de $0,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de sulfato de alumínio (linhas 4, 5 e 6), demonstrando assim o efeito causado pelo tratamento, sendo o mesmo seguido das testemunhas (linhas 1, 2 e 3) e posteriormente da concentração de $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de sulfato de alumínio (linhas 7, 8 e 9) onde as percentagens de plântulas fracas foram menores pois demonstraram a sensibilidade das cultivares nas demais avaliações.

No que diz respeito às plântulas anormais, observa-se na Figura 5, que as cultivares se mostraram sensíveis às concentrações de alumínio, ou seja, as porcentagens de plântulas anormais cresceram na medida em que as concentrações de sulfato de alumínio aumentaram, demonstrando assim um dos principais sintomas da toxidez por alumínio, e que as cultivares possuem, neste caso, sensibilidade significativa a este elemento.

Resultados semelhantes foram encontrados também em outros trabalhos, como o de Custódio et al. (2002), onde as cultivares apresentaram um maior número de plântulas normais nas menores concentrações de alumínio, pois com o aumento das concentrações ocorreu uma maior mortalidade das sementes. Também de Petrere et al. (2007) que obtiveram maiores porcentagens de plântulas com características consideradas anormais, como coloração marrom, encarquilhamento e retorcidas, nas maiores concentrações de alumínio na solução.

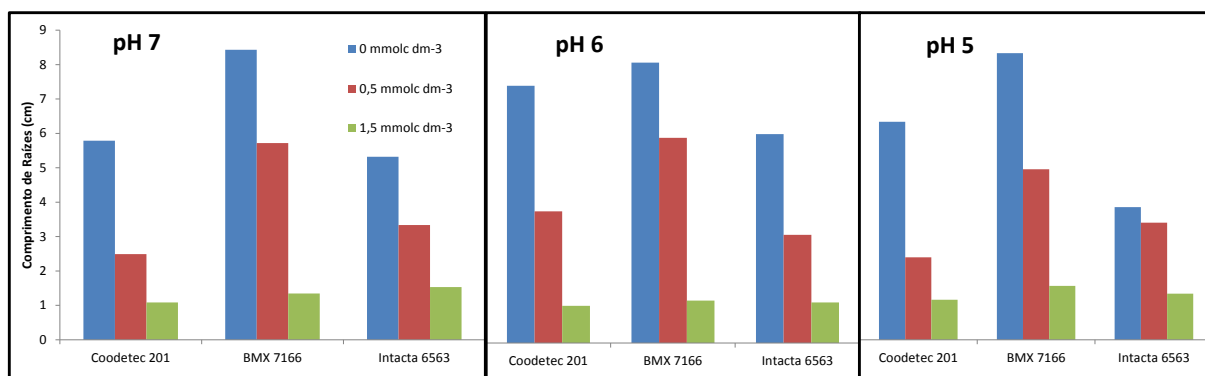
Ainda na Figura 5, observa-se que as cultivares apresentaram diferentes comportamentos em relação à mortalidade das plântulas. A cultivar Coodetec 201 se mostrou sensível as concentrações de sulfato de alumínio, pois apresentou maior percentagens de

mortalidade quando comparada as demais, a cultivar BMX 7166 se mostrou sensível também nas maiores concentrações porém com percentagens pequenas de mortalidade enquanto que a cultivar Intacta 6563 se mostraram indiferente aos mesmos, tendo maior mortalidade na testemunha.

Para comprimento de raiz e parte aérea, houve interação significativa entre as concentrações de alumínio e as cultivares, as quais se comportaram de maneira a demonstrar o efeito da sensibilidade a este elemento. Como observado na Figura 6 e na Figura 7, nota-se que as testemunhas com água destilada foram as que produziram maiores comprimentos de raiz e parte aérea, seguindo pela dose de $0,5 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$ de alumínio, e por último a dose de $1,5 \text{ mmol}_c\text{dm}^{-3}$ de alumínio produzindo menores comprimentos de parte aérea e raiz. Deste modo sabe-se que a presença de alumínio proporciona restrição no crescimento das raízes primárias das plântulas de soja e também afeta o hipocótilo de forma independente, enquanto que não se obtém relações diferentes entre as variáveis de pH.

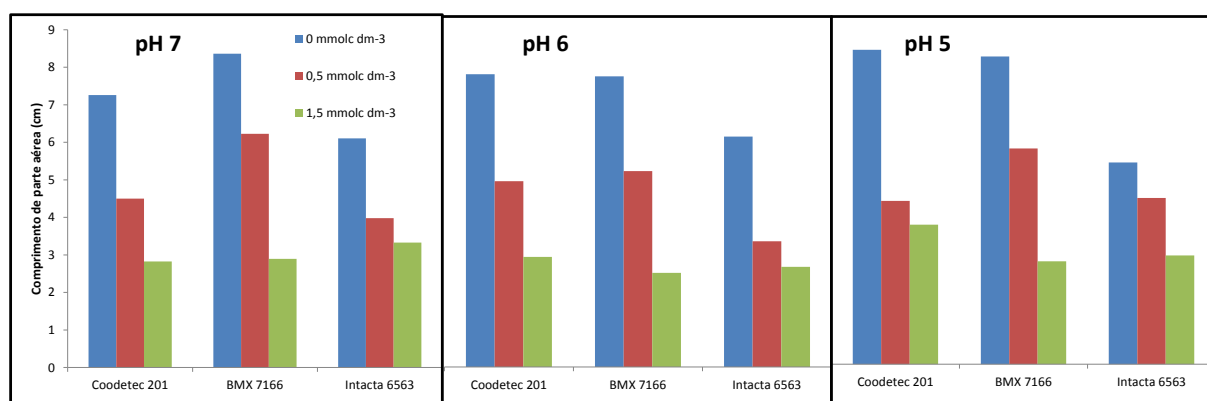
Nestes fatores, não houve diferenças entre as cultivares, podendo-se observar o mesmo em relação aos tratamentos, onde as cultivares se comportaram de forma homogênea. Este resultado também foi encontrado por Mascarenhas et al. (1984), Custódio et al. (2002) e Menosso et al. (2000), onde o excesso de Al consistiu na redução do sistema radicular, e também no comprimento do hipocótilo das diferentes cultivares utilizadas nos três trabalhos. Tais autores relataram ainda que essa redução se da provavelmente pela inibição da divisão celular proporcionada pelo Al.

Figura 6 – Comprimento de raiz, de 3 cultivares de soja, no oitavo dia após o estabelecimento do experimento, sob diferentes concentrações de sulfato de alumínio.



Fonte: Jordana Baratieri.

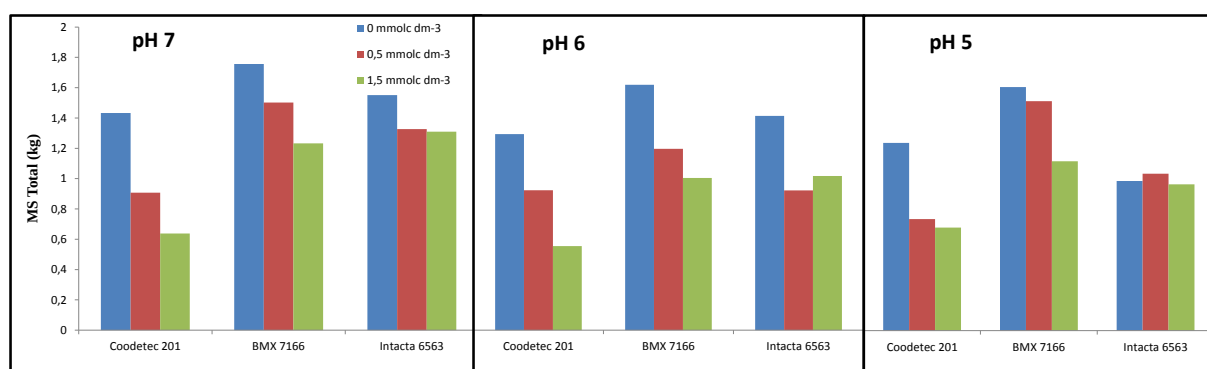
Figura 7 - Comprimento do hipocótilo, de 3 cultivares de soja, no oitavo dia após o estabelecimento do experimento, sob diferentes concentrações de sulfato de alumínio.



Fonte: Jordana Baratieri.

Os fatores afetaram também a massa seca total, que demonstrada na Figura 8, onde apresenta-se que as três cultivares reagiram de forma independente, respondendo não só às concentrações de alumínio como também aos diferentes níveis de pH. A testemunha foi a que produziu maior massa seca total, seguido da concentração de 0,5 mmol_cdm⁻³, e 1,5 mmol_cdm⁻³ de alumínio respectivamente, observa-se então que as cultivares novamente se comportaram de forma homogênea em resposta aos diferentes tratamentos. Percebe-se ainda que a cultivar Coodetec 201 foi a que produziu os menores peso de massa seca, seguida da cultivar Intacta 6563 e posteriormente da cultivar BMX 7166.

Figura 8 – Massa seca total, de 3 cultivares de soja, no oitavo dia após o estabelecimento do experimento, sob diferentes concentrações de sulfato de alumínio.



Fonte: Jordana Baratieri.

5 CONCLUSÕES

O estresse por alumínio possui efeito significativo no que diz respeito à germinação e o vigor das sementes de soja, entretanto os diferentes níveis de pH não se comportaram como um problema para as cultivares utilizadas, pois não se obteve respostas significativas da interferência do mesmo, o que pode ser explicado pelo fato de o mesmo só causar danos às culturas quando abaixo de 5,5.

Entretanto ocorreram diferenças significativas entre as cultivares, onde a cultivar BMX 7166 se mostrou superior às demais e, portanto mais tolerante aos tratamentos com sulfato de alumínio, pois mesmo tendo em alguns casos apresentado sintomas, na avaliação como um todo se saiu melhor que as demais. A cultivar Coodetec 201 se mostrou mais sensível a este elemento, mostrando que o mesmo reduz drasticamente sua germinação e seu vigor. Já a cultivar Intacta 6563 se mostrou pouco sensível aos tratamentos, apresentou alguns sintomas, porém teve um baixo desempenho durante todo o experimento, caracterizando que a mesma não sofreu interferência dos mesmos.

6 REFERÊNCIAS

- BRASIL. Regras para análise de sementes. 2009. Brasília – DF. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Secretaria de Defesa Agropecuária Mapa/ACS.**
- CASTILHO, A. C.; **A soja surgiu como importante nutriente em meados do Primeiro milênio.** Blog Medicina avançada Dra. Shirley de Campos. 2006. Disponível em: <<http://www.drashirleydecampos.com.br/noticias/20435>> Acesso em: 10/04/2015.
- CHAVES, M. I.; **Acidez do Solo.** Equipe ReHAgro. 2005. Disponível em: <<http://www.rehagro.com.br/plus/modulos/noticias/ler.php?cdnoticia=61>> Acesso em 12/02/2015.
- CONAB – **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos** - v.2 - Safra 2014/15, n.4 - Quarto Levantamento, Brasília, p. 1-90, jan. 2015.
- CUSTÓDIO, C. C., BOMFIM, D. C., SATURNINO, S. M., & MACHADO Neto, N. B. (2002). **Estresse por alumínio e por acidez em cultivares de soja.** Scientia Agricola, v. 59 n. 1, p. 145-153.
- EMBRAPA SOJA – **Tecnologias de Produção de Soja.** 2004. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm> Acesso em: 09/04/2015.
- ECHART, C. L., & CAVALLI, S. S. (2001). **Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético.** Ciência rural. Santa Maria. v. 31, n. 3 (maio/jun. 2001), p. 531-541.
- FAÉ, A.; **Práticas Culturais- Alumínio no Solo.** Global Relva. 2010. Disponível em: <http://globalrelva.org/index.php?option=com_content&view=article&id=297:soil-aluminum&catid=78:praticas-culturais-&Itemid=88> Acesso em 12/04/2015.
- FAGERIA, N. K., & ZIMMERMANN, F. J. P. (1979). **Seleção de cultivares de arroz para tolerância a toxidez de alumínio em solução nutritiva.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 14(2), 141-147.
- FAO.ORG (FAOSTAT). Countries by commodity - Food and Agricultural commodities production. Disponível em:< <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> > Acesso em: 22/04/2015.
- FERREIRA, R. de P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J. B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais.** Documentos/Embrapa Pecuária Sudeste; 63, 2006.
- GRIGOLLI, José. **Manejo de Doenças na Cultura da Soja.** Tecnologia e Produção: Soja 2013/2014.

IBGE - **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** - Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil – Março de 2015. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>>

Acesso em: 22/04/2015.

IBGE – **Censo de 2010** – Dezembro de 2013. Disponível

em: <[http://censo2010.ibge.gov.br/noticias-](http://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo?view=noticia&id=1&idnoticia=2541&busca=1&t=novembro-ibge-preve-safra-15-4-maior-que-2012)

censo?view=noticia&id=1&idnoticia=2541&busca=1&t=novembro-ibge-preve-safra-15-4-maior-que-2012 > Acesso em: 10/04/2015.

JAREMTCHUK, Carla Cristina et al. **Efeito de sistemas de manejo sobre a velocidade de dessecação, infestação inicial infestação inicial de plantas daninhas e desenvolvimento e de plantas daninhas e desenvolvimento e produtividade da soja produtividade da soja**. 2008.

MALAVOLTA et al. **Efeitos dos excessos de alumínio, cloro e manganês em dois cultivares de soja** (Glycine max (L.) Merrill). 1980.

MAPA – Ministério da Agricultura. **Soja**. 2015. Disponível em:

<<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>> Acesso em: 10/04/2015.

MASCARENHAS, H. A. A.; CAMARGO, C. E. O.; FALIVENE, S. M. P. **Tolerância de cultivares de soja a dois níveis de alumínio em soluções nutritivas em diferentes concentrações salinas**. *Bragantia*, Campinas, v. 43, n. 2, p. 459-466, 1984.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T. **Crescimento em vasos, de cultivares de soja e de trigo em função da saturação de alumínio**. *Sci. Agric*, v. 52, p. 257-262, 1995.

MASCARENHAS, H. A. A., CAMARGO, C. D. O., & FALIVENE, S. M. P. (1984). **Efeito do alumínio sobre o crescimento de raízes, peso seco da parte aérea e raízes de diferentes cultivares de soja**. *Bragantia*, Campinas, v. 43 n. 1, p. 191-200.

MENOSSO, O. G., COSTA, J. A., ANGHINONI, I., & BOHNEN, H. (2000). **Tolerância de genótipos de soja ao alumínio em solução**. *Pesq. Agropec. Bras*, v. 35 n. 11, p. 2157-2166.

MENOSSO, O. G., COSTA, J. A., ANGHINONI, I., & BOHNEN, H. (2001). **Crescimento radicular e produção de ácidos orgânicos em cultivares de soja com diferentes tolerâncias ao alumínio**. *Pesq. Agropecuária. Brasileira*, v. 36, p. 1339-1345.

MIGUEL, P. S. B., GOMES, F. T., ROCHA, W. D., MARTINS, C. E., CARVALHO, C. D., & AV, D. O. (2010). **Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos**. *CES Revista*.

MUNDSTOCK, Claudio Mário; THOMAS, André Luis. Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. **Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2005.

OLIVEIRA, P. I.; **Formação da Acidez do Solo**. FMB- Faculdade Montes Belos. 2009. Disponível em: < http://www.fmb.edu.br/ler_artigo.php?artigo=261 > Acesso em: 10/04/2015.

OLIVEIRA, P. I.; **Acidez, Correção e Seus Efeitos no Solo**. FMB- Faculdade Montes Belos. 2009. Disponível em:< http://www.fmb.edu.br/ler_artigo.php?artigo=260 > Acesso em: 10/04/2015.

PETREIRE, V. G., TECHIO, J. W., BRESSA, F. L., JARBAS, T., CUNHA, F., & BRAGA, M. B. (2007, August). **Estudos de Toxidez de Alumínio em Genótipos de Soja e Milho Cultivados em Bioensaios**. In Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. 2007, Gramado. Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira: anais. Porto Alegre: SBSCS, 2007.

ROSOLEM, A. C.; ALMEIDA, C. S.; SACRAMENTO, L. V. S. VI. Adubação e Nutrição de Plantas. **Sistema Radicular e Nutrição da Soja em Função da Compactação do Solo**. Bragantia, v. 53, n. 2, p. 259-266, 1994.

SILVA, J. B. C., de NOVAIS, R. F., & sigueyuki Sedyama, C. (1984). **Comportamento de genótipos de soja em solo com alta saturação de alumínio**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 19 n. 3, p. 287-298.

SILVA, Tatiana Kazue. **Ação citoprotetora do óxido nítrico na germinação de arroz (Oryza sativa L.) e soja (Glycine max (L.) Merrill) submetidas a estresse de alumínio**. 2007.

SILVA, F. de A. S. e. & Azevedo, C. A. V. de. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In:WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, F. de A. S. e. & Azevedo, C. A. V. de. **A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: Anais Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p.393-396.

SILVA, F. de A. S. e. & Azevedo, C. A. V. de. **Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.4,n.1, p71-78,2002.

- SILVA, F.de A.S.e. **The ASSISTAT Software: statistical assistance**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6,Cancun, 1996. Anais... Cancun: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p.294-298.
- SOUZA, L. A. C.; **Reação de genótipos e soja ao alumínio em hidroponia e no solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1255-1260, out. 2001.
- SPEHAR, C. R.; MAKITA, M. Tolerância ao alumínio em plântulas de soja e sua utilização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 12, p. 1927-1932, 1994.