

AVALIAÇÃO DE SEMENTES DA ESPÉCIE *COFFEA ARABICA* L. DA CULTIVAR MUNDO NOVO QUANTO À RESISTÊNCIA AO CLORETO DE ALUMÍNIO

Jodielli Santana de Andrade¹

Nataly Senna Gerhardt Barraqui²

RESUMO

O Café Arábica possui grande importância econômica para o Estado do Espírito Santo, sendo uma das principais culturas cultivadas em terras capixabas. Porém, os solos utilizados para o cultivo do cafeeiro apresentam acidez e toxicidade. Um dos elementos responsáveis por isso, o alumínio (Al), é, também, considerado o metal mais abundante da crosta terrestre, influencia diretamente na propagação seminífera do café e interfere na germinação e no desenvolvimento das raízes. Este estudo tem como objetivo analisar o processo germinativo e o crescimento da plântula do café arábica (*Coffea arabica* L.) do cultivar Mundo Novo no estágio de maturação “passada”, em diferentes concentrações de cloreto de alumínio. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com concentrações de 0, 100%, 50%, 10% e 5% de cloreto de alumínio. Foram utilizadas 80 sementes para cada tratamento, cultivadas com terra adubada em sementeiras, na casa de vegetação, durante trinta dias. Para a obtenção das medidas de germinação, utilizou-se a fórmula de porcentagem e para os valores do pH usou-se o pHmetro. Os dados dos comprimentos e diâmetros foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Kruskal-Wallis com significância de 5%. Utilizou-se o método da observação direta nas plântulas. Os resultados obtidos pelos testes demonstraram que não houve diferença entre as médias de germinação, comprimento e diâmetro, entre os grupos. A partir da observação direta e testes estatísticos é possível constatar a resistência das sementes ao cloreto de alumínio, apontando alto desempenho germinativo e de crescimento radicular nos tratamentos.

Palavras-chave: Café arábica. Germinação. Crescimento Radicular. Cloreto de Alumínio.

ABSTRACT

The Arabica Coffee has a huge economic importance to the State of Espírito Santo, it has been one of the most cultivated cultures in Capixaba's lands. Although, the soils used in this culture have been showing acidity and toxicity. One of the elements responsible for that, the aluminum (Al), is also considered the most abundant metal in the Earth's crust; It influences directly in the coffee seminiferous propagation and it influences on germination and root development. This study has as target the analysis of the germination process and the seedling of the arabica coffee that has growth of the cultivar Mundo Novo on the maturation stage “passed” in different concentrations of aluminum chloride. The experimental design was fully randomized with 0,100%, 50%, 10%, e 5% concentrations of aluminum chloride. Were used to that 80 seeds to each treatment, cultivated with fertilized soils in seedbeds at vegetable houses for thirty days. To get germination measurements were used a percentage formula and to ph values used the

¹ Graduanda do Curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Salesiano. E-mail: dielli.0015@hotmail.com.

² Graduada em Ciências Biológicas, Mestra em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: nbarraqui@salesiano.br

ph-meter. The length and diameters data were submitted to Shapiro-Wilk and the Kruskal-Wallis tests with 5% of significance. The direct observation method of the seedlings was used. The results by the tests demonstrated there was not difference between the averages of germination, length and diameter between the groups. From the direct observation and statistical tests it is possible to verify the seeds resistance to aluminum chloride, pointing to high germinative performance and root growth in the treatments.

Keywords: Arabica Coffee. Germination. Root Growth. Aluminum Chloride.

1 INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas mais populares e consumidas no mundo, devido ao seu sabor peculiar e cheiro aromático, sendo assim um dos principais produtos agrícolas comercializados no mundo e produzido por mais de 70 países (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2015; PAULA et al., 2015).

Segundo Carvalho e colaboradores (2017) o café é uma planta exótica perene pertencente ao gênero *Coffea* da família Rubiaceae, contendo diversas espécies, somente duas são mais exploradas economicamente: a *Coffea arabica* L. (café arábica) e a *Coffea canephora* (café robusta ou conilon).

O Brasil é o maior produtor e exportador do café arábica, representando cerca de um terço da produção mundial até 2021, segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Além disso ocupa a segunda posição de consumidores, o que impulsiona o crescimento socioeconômico no país, devido ao estabelecimento de várias relações entre os estados e outros países (DIAS; SILVA, 2015; PERUZZOLO; CRUZ; RONQUI, 2019; COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2021).

No Estado do Espírito Santo, a produção do café arábica é inferior ao café conilon. No entanto, o café arábica apresenta maior valorização no mais de 48 municípios produtores, sendo comercializado a preços superiores ao da espécie conilon (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018). Sendo a produção do café arábica destaque para pequenas propriedades familiares que tiram sua renda e contribuem com a economia e conseqüentemente no desenvolvimento das cidades (INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 2022).

Segundo Ferrão e colaboradores (2004) a espécie *Coffea arabica* L. possui vários cultivares, em que a cultivar Mundo Novo é indicada para o plantio em regiões do Espírito Santo de maior altitude, apresentando maior rusticidade, vigor e produtividade nas suas plantações. Está cultivar originou-se a partir do cruzamento natural entre as cultivares Sumatra e Bourbon Vermelho, evidenciando características de porte alto, medindo cerca de 4 metros de altura, caule fino e o sistema radicular bem desenvolvido (SOUZA, 2004). Além da maturação do fruto, não só do Mundo Novo mas da espécie arábica, é possível classificá-la de acordo com os estádios de maturação, sendo eles: “verde cana”, “cereja” e “passada”, com a maturação uniforme (SOUZA, 2004; ALVES, 2007).

Para a produção de mudas do cafeeiro do arábica, normalmente são utilizados os frutos de sementes em estágio de maturação cereja, pois é nesse estágio que os frutos estão mais maduros fisiologicamente, e apresentam alta qualidade fisiológica e alto desempenho germinativo, tornando mudas provenientes dessa fase mais vigorosas (BRACCINI et al., 1998; ALVES, 2007).

No processo de cultivo do café, o preparo do solo é de extrema importância para que haja um bom desenvolvimento dos cafeeiros, já que essa espécie possui cuidados necessários devido a acidez encontrada em alguns solos, pois após sua implantação há grandes dificuldades em tentá-lo corrigir (NAVARRO, et al., 2021).

No Brasil as áreas destinadas para o sistema agrícola são considerados de solos ácidos, em razão do cultivo intensivo, da utilização de insumos (fertilizantes químicos e orgânicos), uso de agrotóxicos, da água contaminada para irrigação e dentre outras atividades (MACHADO et al., 2015; SOUZA; MORASSUTI; DEUS, 2018). Isso acontece, pois o cultivo contínuo com o tempo diminui muito o rendimento das culturas por causa da retirada dos nutrientes essenciais do solo, ocorrendo o empobrecimento nas bases trocáveis (cálcio, magnésio, potássio e sódio), o que favorece a acidificação do solo (LUZ; FERREIRA; BEZERRA, 2002).

O Alumínio (Al) é um dos elementos presentes em solos utilizados pela agricultura com elevada acidez, considerado o metal mais abundante da crosta terrestre, naturalmente é encontrado na forma precipitada de silicato de alumínio, óxidos e hidróxidos, que ocorre pelo processo de intemperismo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO, 2017).

Nos solos, o complexo químico do alumínio atua de acordo com Potencial Hidrogeniônico (pH), no qual o alumínio trivalente (Al^{3+}) prevalece em circunstâncias ácidas ($pH < 5$), o hidróxido de alumínio também predomina em pH mais elevado, o gibbsita ($Al(OH)_3$), se encontra próximo ao pH neutro e aluminato ($Al(OH)_4^-$) domina em condições alcalinas (MACEDO, 2008). Então, em grandes quantidades no solo, a presença do Al juntamente com os fatores de pH, além da temperatura, compostos orgânicos e concentrações de sais possuem efeitos tóxicos, que interfere não só na germinação, mas também no desenvolvimento das plantas, sobretudo prejudicando o sistema radicular, impedindo a absorção de água e nutrientes (KOCHIAN et al., 2015).

Nesse sentido, os solos acidificados interferem no processo germinativo (MACEDO, 2008). Bewley e Black (1994) descreve o processo germinativo, iniciando pela embebição de água pela semente, permitindo o retorno das atividades metabólicas antes paralisadas pelo processo de maturação, e em seguida ocorrer a protrusão da raiz primária, que rompe o meio do tegumento, dando início ao crescimento inicial da plântula. Silva (2019), explica que para que o processo de germinação ocorra adequadamente, é necessário que haja condições ambientais favoráveis, como temperatura, umidade, solo e nutrientes.

Portanto, a germinação das sementes é fundamental para que ocorra o processo de desenvolvimento das plantas, e pesquisas voltadas para esse processo são essenciais para o sistema agrícola, pois estes estudos são provenientes de vegetais mais saudáveis, vigorosos e de produção acelerada. Logo, considera-se que a capacidade germinativa da espécie *Coffea arabica* L., é determinada pelas qualidades fisiológicas de maturação do fruto, característica encontrada no estágio cereja. Em que, devido a exportação e a propagação semínifera provenientes desse estágio, grande parte das sementes em maturação passada são utilizadas para o preparo da bebida no Brasil. Portanto, os frutos em estágio de maturação passada seriam uma alternativa na propagação semínifera para análise em solos acidificados com a presença do Alumínio.

Sendo assim considerou-se as seguintes hipóteses: as sementes cultivadas em soluções com as menores concentrações de cloreto de alumínio teriam um bom desempenho germinativo e crescimento inicial, já as sementes submetidas com as maiores concentrações estariam sujeitas a sofrerem com a toxicidade do Al afetando assim a não germinação das mesmas.

Partindo desta explanação, este trabalho levanta a seguinte problemática: De que maneira o alumínio encontrado nos solos agrícolas, podem interferir no processo germinativo e no desenvolvimento inicial das sementes em estágio de maturação "passada" na espécie *coffea arabica* L.?

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo analisar o processo germinativo e o crescimento de plântula do café arábica (*Coffea arabica* L) da cultivar Mundo Novo no estágio de maturação "passada" em diferentes concentrações de alumínio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO DO CAFÉ ARÁBICA (*Coffea arabica* L.) NO ESPÍRITO SANTO

No Brasil a espécie mais cultivada é a *Coffea arabica* L., que foi introduzida em 1727 na região norte, e foi se espalhando ao longo dos anos para as outras regiões, se tornando por muito tempo o principal produto agrícola do país na época (COVRE et al., 2016; GIOMO; MISTRO; PEREIRA, 2017; KROHLING et al., 2021).

Com a rápida expansão e os reflexos extraordinários na economia, tornaram o Brasil o maior produtor e exportador mundial de café por várias décadas, podendo ser observados atualmente pelos dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), que a colheita realizada no ano de 2020 e 2021 indicou cerca de 38,7% da produção mundial da Safra, muito a mais do que o segundo colocado, que foi o Vietnã com uma participação de 16,5% (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2021).

Na região Sudeste, os primeiros plantios do café foram cultivados no Estado do Rio de Janeiro, a partir do êxito dessa produção, outros Estados foram influenciados, como por exemplo o Espírito Santo (ES), que adotou o cultivo do café arábica na metade do século XIX (LUPPI, 2014).

No ES, o café arábica se adaptou no sul do Estado, devido às condições de maior altitude e de clima ameno, as plantações da espécie *Coffea arabica* L., está presente em mais de 48 municípios capixabas, distribuídas principalmente nas regiões montanhosas, Caparaó e noroeste, ocupando uma área total estimada em 160 mil hectares e representando cerca de 32% da produção da cafeicultura do Estado (SOUZA, 2004; FERRÃO et al., 2021; KROHLING et al., 2021; INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 2022).

Em função da porcentagem significativa da produção cafeeira, no ano de 2021 "o Estado alcançou o recorde de produtividade (30,49 sc/ ha) e de produção (4,76 milhões de sacas) do café arábica" (FERRÃO et al., 2021, pág 2).

Com o bom desempenho da produção cafeeira, os cafezais foram se consolidando como uma das principais culturas cultivadas no Estado, tornando o Espírito Santo o terceiro maior produtor do café arábica do Brasil, no qual a produção é fortemente representada por pequenos cafeicultores (FERRÃO et al., 2017; INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 2022). O café arábica é a principal fonte de renda na maioria das propriedades rurais capixabas, possuindo mais 264 mil estabelecimentos produtores de café, no qual 70% são produzidos por produtores pertencentes a agricultura familiar, com mais de 130 mil famílias na atividade (FERRÃO et al., 2017; INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 2022).

Sendo assim, é importante destacar a grande relevância socioeconômica que a produção do café arábica tem para o Estado do Espírito Santo e para os processos incluídos na produção, desde o cultivo, colheita, importação e a exportação (KROHLING et al., 2021).

A produção do café arábica nas propriedades rurais chega a gerar em torno de 150 mil empregos diretos e indiretos, ressaltando a participação das atividades desenvolvidas pela agricultura familiar, tornando a cafeicultura ainda mais importante, não só pela distribuição de renda e a geração de empregos, mas também com desenvolvimento das cidades, vilas e principalmente nos campos dos municípios localizados nas regiões produtoras (BRAGANÇA et al., 2016; KROHLING et al., 2021; INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 2022).

2.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICA DA ESPÉCIE *COFFEA ARABICA* L.

O café pertence à família Rubiaceae, essa família apresenta mais de 10 mil espécies divididas em 630 gêneros diferentes, sendo a mais importante economicamente do gênero *Coffea*, a espécie *Coffea arabica* L., conhecido como café arábica (SOUZA et al., 2004; PELOSO et al., 2017). Nativa da região da Etiópia, o café arábica é caracterizado por ser um arbusto perene e lenhoso, com o desenvolvimento em altitudes de 1200 a 2000 m e temperatura média entre 16,5 e 23° C, podendo atingir de 2 a 6 m de altura (ALVES, 2007; FERREIRA; SANTOS; CHAVES FILHO, 2014; MESQUITA et al., 2016; VIEIRA, 2017).

Na parte aérea dessa planta, seu desenvolvimento ocorre através de uma única haste nomeada de ortotrópica, depois que a planta atinge entre oito a dez pares de folhas, algumas haste passam a ser de ramos plagiotrópicos (CARVALHO et al., 2007). As folhas são caracterizadas como simples e opostas de formato ovaladas ou sublanceoladas com bordas onduladas, e de coloração predominantemente verde escuro com superfície brilhante quando adultas e bronze quando novas, já o comprimento foliar geralmente mede cerca de 8 cm a 15 cm e a largura entre 4 a 6 cm, sendo menores em comparação às outras espécies (COSTE, 1955; CARVALHO; MÔNACO; CAMPANA, 1964; SOUZA et al., 2004; LORENZI; MATOS, 2008).

A espécie *Coffea arabica* L. é a única do gênero *Coffea* que é tetraploide e autógama, com a propagação na maior parte por autofecundação das flores (CARVALHO; MÔNACO; CAMPANA, 1964). Lorenzi e Matos (2008), descreve as flores dessa espécie inflorescência do tipo glomérulo axilar de cor branca com cinco pétalas e sépalas, dois pares de bractéolas, pedicelo curto, disco nectarífero e coléteres que secretam vários compostos de aroma suave.

O fruto é considerado tipo baga com exocarpo delgado, medindo 10 a 15 mm, e são classificados pelo tipo de estágio de maturação, como verde: sem evidências de maturação; verde-cana: início da maturação; cereja: de coloração avermelhada e maduros fisiologicamente; e passado: de coloração vermelho escuro com fim do processo de maturação e desidratada (ALVES, 2007; LORENZI; MATOS, 2008; MORAIS et al., 2008).

Na parte interna do fruto, contém o mesocarpo carnoso rico em mucilagens (pectinas e açúcares) e endocarpo fibroso com uma ou três sementes plano-convexas e oblongas, com a coloração esverdeado onde são encontrados carboidratos, proteínas, óleos e outros compostos (GOULART et al., 2007; ALVES, 2007; VIEIRA 2017).

Pereira (2016) complementa indicando a presença do espermoderma, uma película prateada fixada ao endosperma, conhecida como tricomas glandulares, como o coléter que produz uma substância pegajosa que cobre a gema, com a função de proteção. Na base do endosperma, temos a presença do embrião que mede cerca de 2 mm, é formado por duas folhas cotiledonares

cordiformes justapostas, conectada por um pequeno eixo hipocotiledonar à radícula (CARVALHO; MÔNACO, 1965).

Carvalho e colaboradores (2007) pontuam importância do bom funcionamento do sistema radicular, para que haja adequadamente a absorção de água e nutrientes, assim mantendo o equilíbrio entre o crescimento e desenvolvimento entre as outras partes das plantas.

A raiz principal do cafeeiro é classificada como pivotante com o formato pequeno e grosso, e mais de 80% das raízes concentram-se nos primeiros 30 a 50 cm de profundidade do solo (CARVALHO; MÔNACO, 1965; FERRAZ, 2013). Outros tipos de raízes também se destacam nessa espécie, como a raiz axial, que tem origem de saída pela pivotante formando de 4 a 8 ramos e tem o crescimento em até 3 metro de profundidade, as raízes verticais, que crescem em direção às camadas mais fundas no limite da projeção da copa e as raízes laterais superficiais também possuem o crescimento próximo e rente à superfície do solo podendo ir além da copa pelo menos em 8 m (FERRAZ, 2013).

2.3 PROCESSO GERMINATIVO DA SEMENTE DO CAFÉ ARÁBICA

A germinação de sementes é um processo que reativa o crescimento do eixo embrionário, no qual se encontra inativo pelas etapas finais de maturação, juntamente com os processos metabólicos e morfogenéticos, e com as devidas estimulações provenientes das condições ambientais e a absorção da água ocorrer a ruptura do tegumento e o alongamento da radícula (BEWLEY; BLACK, 1994).

Lopes e Nascimento (2012) explicam que as condições químicas e físicas do ambiente precisam estar favoráveis para que as sementes germinem, sendo eles a temperatura, luz, oxigênio e água que auxiliam no processo do metabolismo germinativo. Além das condições ambientais é fundamental avaliar os fatores intrínsecos das sementes, como a dormência, viabilidade e variabilidade genética (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Brasil (2008), indicam que as substâncias reguladores de crescimento, são outros fatores fundamentais para a germinação das sementes, conhecidas também por hormônios vegetais, tendo o destaque a giberelina. As giberelinas (GA3) são fito-hormônios que determinam mudanças fisiológicas importantes no ciclo de vida dos vegetais, atuando na floração, expressão sexual, processo de envelhecimento, maturação do fruto, quebra de dormência e conseqüentemente na germinação (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005).

O processo de germinação ocorre em três etapas, sendo a primeira a fase de embebição com a filtração da água pela semente, em que aumenta processo respiratório e dá início a quebra das substâncias de reservas (amido, lipídios, minerais, vitaminas e etc.); na segunda fase acontece o transporte ativo das substâncias de reservas degradadas anteriormente para os tecidos meristemáticos e também ocorre a diminuição da velocidade de embebição; e na última fase ocorre o surgimento da raiz primária e o crescimento da plântula, e a volta da velocidade em absorver água (BORGHETTI, 2004).

A utilização de sementes do cafeeiro para o processo de germinação é realizada quando o fruto está no estágio de maturação cereja, pois é nesse estágio que o fruto dispõe de sementes com alta qualidade fisiológicas, apresentando maior vigor germinativo, devidos aos mecanismos que controlam o processo de maturação (BEWLEY; BLACK, 1994; GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002).

Mesmo assim, as sementes do café arábica apresentam o processo de germinação desuniforme e lenta podendo durar até 120 dias, aumentando consideravelmente o tempo para a formação de mudas e a longevidade baixa (MEIRELES, 2004; RESENDE et al., 2009).

Os aspectos germinativos relacionados ao processo lento e desuniforme das sementes têm como possíveis causas a presença do endocarpo (pergaminho), de inibidores naturais, condições ambientais, efeitos da cafeína, balanço hormonal e outros (SILVA et al., 2002; LIMA et al., 2004; SILVA et al., 2004; SILVA et al., 2005; RESENDE et al., 2009). A presença do endocarpo na semente atua muitas das vezes como obstáculo para uma rápida germinação, por causa da consistência dura do pergaminho que demora para se degradar, sendo necessário o processo de retirada do mesocarpo (mucilagem) que está preso ao endocarpo (MEIRELES, 2004; RIBEIRO et al., 2011; FREIRE; REZENDE, 2019).

Porém a remoção deve ser feita com cautela evitando danos ao embrião, que fica localizado na camada superficial da semente, pois quaisquer modificações a esse órgão vegetal podem resultar em plântulas anormais ou até inviabilizar a uso da semente (ARAÚJO et al., 2004; MEIRELES, 2004).

Além disso, sem a presença do pergaminho, a germinação das sementes do café arábica submetidas a temperatura adequada podem ocorrer em apenas 15 dias, acelerando assim o processo de produção de mudas e atuando na prevenção contra pragas que podem interferir na sanidade e qualidade das sementes (RENA; MAESTRI, 1986; MEIRELES, 2007; RIBEIRO et al., 2011).

Os inibidores da germinação são constituídos por compostos fenólicos naturais como ácido salicílico, ácido cumárico, ácido clorogênico e cumarina, presentes no tegumento, em razão da função reguladora, permitindo a entrada do oxigênio na semente, o mesmo age fixando o oxigênio e frequentemente impede a sua chegada no interior da semente (EDWARDS, 1973; VIEIRA, 1991).

Os efeitos de cafeína, segundo Suzuki e Waller (1987) em seu estudo demonstrou que a presença da cafeína também funciona como inibidor da germinação, visto que é nesse processo que ocorre a liberação dessa substância. Dietrich (1986), mostra que além da função reguladora, os compostos fenólicos e os efeitos da cafeína atrasam os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas.

2.4 INTERFERÊNCIA DO ALUMÍNIO NO CULTIVO AGRÍCOLA

Derivada da bauxita, o Alumínio (Al) é o metal mais abundante na crosta terrestre, sendo responsável por 8% da massa total de minerais presentes na terra e liberados pelo processo de intemperismo, ocorrendo em forma precipitada de silicato de alumínio, óxidos e hidróxidos (ROUT; SAMANTARY, 2001; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO, 2017; RODRIGUES et al., 2017).

Apesar de ser um componente natural do solo, o alumínio em baixas concentrações pode auxiliar nas funções fisiológicas das plantas, animais e microrganismos (SCHMIT et al., 2016). Mas em altas concentrações acabam causando impactos negativos, sendo assim classificados como um metal tóxico (HODSON, 2004). A toxicidade do alumínio é muito normal em solos acidificados, podendo ocorrer em processos naturais ou em muitas das vezes são ocasionadas pelas ações antrópicas, provenientes das atividades de mineração, siderúrgica, industriais, urbanas e agrícolas (BOJÓRQUEZ-QUINTAL et al., 2017).

Os sistemas agrícolas no Brasil apresentam solos ácidos e 60% das áreas utilizadas tem problemas com altos teores de Alumínio no solo, em razão da utilização de insumos como os fertilizantes químicos e orgânicos, uso de agrotóxicos e da água contaminada para irrigação de forma frequente e em grandes quantidades (MACHADO et al., 2015; SOUZA; MORASSUTI; DEUS, 2018).

Essas atividades elevam os teores de Al^{3+} e potencialmente atingem níveis tóxicos do solo e acabam fragilizando a absorção do alumínio e de outros nutrientes pelo ambiente, causando impactos negativos e na maioria dos casos irreversíveis (RATTNER, 2009). Visto que a maioria dos metais tóxicos são bioacumulativos e não se decompõem facilmente no ambiente das plantações e acabam prejudicando a expansão do cultivo das plantas destinadas à produção de alimentos (SADE et al., 2016; ACKOVA, 2018).

Portanto, em solos com mais elevada concentração de acidez, a dissolução de alguns minerais se torna disponível para absorção pelas raízes e assim causando danos às plantas (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Ocorrendo o mesmo com o alumínio, que, em pH baixo, consegue se solubilizar a ponto de exercer efeito tóxico para as plantas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Pois quando os elementos são decompostos pela contatado com a água, resulta na liberação do alumínio em forma de Al^{3+} trocável, que funcionam como cátion quando o solo está ácido e como ânion quando está em básico, sendo a caracterização do solo indicado pelo pH, que tem a função de controlar a sua disponibilidade no solo (MALAVOLTA, 1980). A toxidez do Alumínio gera grandes preocupações em relação a produção de alimentos em solos com altas concentrações de acidez, por consequência das interferências negativas causadas em todo ciclo de desenvolvimento das plantas (FERREIRA; MOREIRA; RASSINI, 2006).

No processo germinativo, o Alumínio restringe a produção de clorofila causando danos ao material genético, regulando proteínas que controlam o ciclo celular (MOHAN et al., 2013; RIBEIRO et al., 2015). Também afeta no aumento da permeabilidade da membrana celular, ocasionando a perda das substâncias essenciais do embrião, podendo limitar o potencial fisiológico e germinativo das sementes (SIMONOVICOVÁ et al., 2004; GORDIN et al., 2013).

Nas raízes, a maior parte do acúmulo fica concentrado no sistema radicular afetando na divisão celular que ocorre nos pontos de crescimento das raízes, assim reduzindo o alongamento das raízes e limitando a área de exploração, diminuindo conseqüentemente o volume radicular (BEUTLER et al., 2001; KOPITTKKE et al., 2015; SADE et al., 2016).

Na parte aérea da planta, o Alumínio é translocado em pequenas quantidades, mesmo assim induz a diminuição da área foliar por causa da inibição na absorção, translocação e transporte de nutrientes e da água (BEUTLER et al., 2001; STEINER et al., 2012). Em razão destas ações causadas pelo Al, a eficiência na absorção da água e de outros nutrientes através das raízes é diminuída, especialmente em camadas mais profundas do solo (MENDONÇA et al. 2003).

O alumínio possui durabilidade longa, favorecendo a sua entrada na cadeia alimentar através de mecanismos de transferência do solo para as plantas, o que torna indispensável um monitoramento e estudos das áreas contaminadas (SCOLMEISTER, 1999; CAMARGO; ALLEONI; CASAGRANDE, 2001).

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

O projeto caracteriza-se como pesquisa exploratória, possibilitando um maior entendimento da problemática, explorando possíveis alternativas que tornem a pesquisa mais esclarecedora, com intuito de fornecer mais informações para a realização de futuras pesquisas (ZIKMUND, 2000; GIL, 2007). Quanto aos procedimentos, enquadra-se como pesquisa experimental, pois implica na determinação de um objeto de estudo e a seleção de variáveis que possam influenciá-lo, e observando os efeitos nas variáveis causada no objeto (MATTAR, 2001). Já sua natureza é de cunho quantitativo, visto que caracteriza a quantificação tanto na coleta de informações e no seu tratamento final, por técnicas de estatísticas (RICHARDSON, 1999).

3.2 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado no Centro Universitário Salesiano - UniSales, especificamente em condições na Casa de Vegetação, localizado em Vitória - Espírito Santo, na latitude de 20° 19' 04" S, longitude 40° 19' 13" W e 701 metros de altitude, no período de 28 de setembro a 28 de outubro de 2022.

A casa de vegetação é um ambiente que apresenta uma estrutura de proteção, na maioria dos casos não climáticos, atuando como um abrigo que controla fatores abióticos e protege contra pragas e vetores (BELTRÃO, FIDELES, FIGUEIREDO, 2002).

A região é caracterizada pelo clima tropical úmido, quente e úmido, com ocorrência de brisas marítimas e oceânicas, que atuam influenciando na diminuição da amplitude térmica e na amenização das temperaturas máximas (KOTTEK et al., 2006; GOMES, 2007; XAVIER; OLIVEIRA; FIALHO, 2021).

No período do experimento na área interna da Casa de Vegetação a média de temperatura permaneceu entre 21°C a 33°C, analisados pelo aplicativo *Weather* v1.2.9.

3.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

3.3.1 Material vegetal

As sementes utilizadas no experimento foram os frutos da espécie *Coffea arabica L.* da cultivar *Mundo novo* em estágio de maturação “passada” de coloração vermelho escuro, obtidas no mês de agosto pela agricultura familiar no distrito de São João de Viçosa do município de Venda Nova do Imigrante, região serrana do Espírito Santo, na latitude de 20° 20' 19" S, longitude 41° 11' 59" W e 746 metros de altitude.

3.3.2 Preparo das sementes para germinação

Este procedimento foi realizado no laboratório Zoobotânico da Unisales - ES, no qual os frutos do café foram lavados em água corrente de torneira por aproximadamente um minuto para retirada dos resíduos decorrentes da colheita e depois colocados para secar em temperatura ambiente. Em seguida, ocorreu a retirada do epicarpo e do mesocarpo dos frutos com auxílio de uma pinça. Transcorrida esta etapa, procedeu-se a assepsia das sementes com imersão destas em uma solução com 5 ml de hipoclorito de sódio (NaClO) diluído com 100 ml de água, por um período de 10 minutos, posteriormente, foram lavadas com água durante 2 minutos. E por fim, para facilitar a germinação das sementes houve também a retirada dos pergaminhos manualmente.

3.3.3 Tratamento utilizado no experimento

Os tratamentos utilizados no experimento foram baseados em Macedo (2008), Steffanello e Goergen (2019), sendo adaptados para este experimento, no qual utilizou-se 5 soluções com diferentes concentrações de cloreto de alumínio (AlCl_3) dissolvidos em água destilada. Sendo os Tratamento de 0 - Controle (água mineral), Tratamento 100% (0,75gr de AlCl_3 + 200ml de água destilada), Tratamento 50% (0,37g de AlCl_3 + 200ml de água destilada), Tratamento 10% (0,092g de AlCl_3 + 200ml de água destilada), Tratamento 5% (0,046g de AlCl_3 + 200ml de água destilada).

A aplicação do cloreto do alumínio foi realizada uma vez por semana (segunda-feira) durante 30 dias (4x) com 5 ml da solução em cada célula referente ao tratamento, e água mineral aplicada duas vezes na semana (quinta-feira e aos sábados) em todos os tratamentos, no qual também recebeu 5 ml da água em cada célula. No controle a aplicação foi feita três vezes por semana (Segunda, quarta e aos sábados) somente com água mineral.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 5 tratamentos diferentes.

3.3.4 Processo de Semeadura

A semeadura foi realizada na casa de vegetação, utilizando duas sementeiras de plástico, sendo cada uma com 128 células com as dimensões de 5,0 x 53,5 x 27cm, no qual foram separadas 40 células e 80 sementes para cada tratamento, em que duas sementes ficaram em cada. As sementes foram semeadas com terra adubada, caracterizada por apresentar na sua composição matéria orgânica de vegetais, como folhas, caule e gravetos, com a mistura de esterco de boi. Utilizou-se a terra adubada entre uma camada de substrato de terra adubada da marca com aproximadamente 2,0 cm de espessura acima da semente e 3,0 cm abaixo.

3.3.5 Análises dos tratamentos

Para verificar o efeito dos tratamentos foram analisadas as seguintes variáveis: porcentagem de sementes germinadas, índice de crescimento da radícula (comprimento e diâmetro), influência do pH e o método de observação direta todos ao final do período de 30 dias.

Na porcentagem de germinação, considerou-se germinadas as sementes que apresentaram protrusão da raiz primária com 2mm de comprimento, utilizando a seguinte fórmula:

$$G = \frac{N}{A} \times 100$$

Conforme as regras para análise de sementes (BRASIL, 1992), a letra G indica a porcentagem de germinação, N é o número de sementes germinadas e A o número total de sementes colocadas para germinar.

O índice de crescimento da plântula foi realizado através de um paquímetro em que as medidas foram tomadas do comprimento (cm) de cada semente. Logo depois, as medidas de diâmetro (mm) também foram realizadas com um paquímetro entre o hipocótilo e a radícula, sendo classificadas entre grossas (>5 mm), médias (2 a 5 mm) e finas (< 2 mm), classificadas de acordo com Bhom (1979).

Para a análise do Potencial Hidrogeniônico (pH) foi utilizado o aparelho *Phmetro Hanna 21*, no qual foi necessário realizar a coleta de 15 gramas de terra de cada tratamento e colocados em Beckers diferentes com 80 ml de água destilada cada. Em seguida ocorreu a mistura da solução durante 1 minuto. Com a solução pronta para análise, foram postos o eletrodo nas soluções, logo, verificou-se o resultado do nível de pH da terra dos tratamentos, em que foram classificados como ácida ($>7,0$), neutra ($7,0$) e alcalina ($<7,0$).

Sobre o método de observação direta, foram pontuados os aspectos de coloração, tamanho, presença da radícula, e qualquer outro aspecto recorrente ao processo germinativo e no desenvolvimento das plântulas que não são obtidos pelos dados estatísticos.

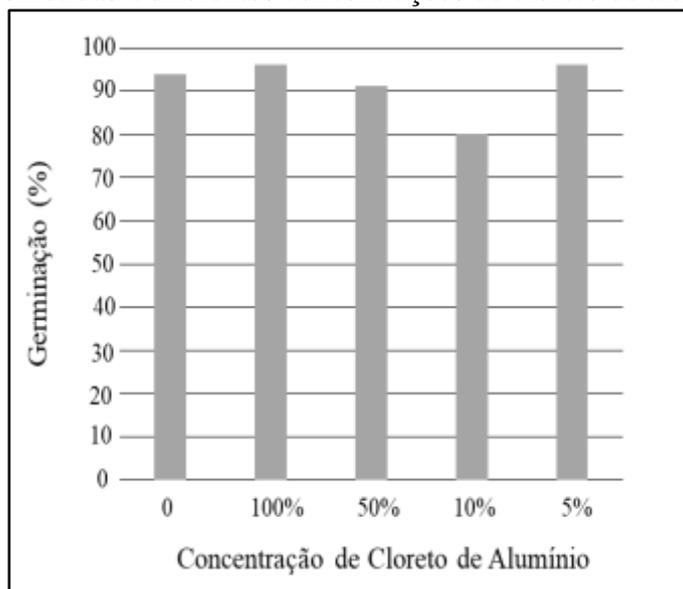
3.4 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) e teste de *Kruskal-Wallis* (não-paramétrico) com o nível de significância de 5%, submetidos antes ao teste de normalidade *Skapiro-Wilk*. Também foram pontuados a média da estatística descritiva entre os grupos em relação ao comprimento e diâmetro e o método de observação direta da morfologia externa das plântulas. Sendo todos os dados apresentados por tabelas e gráficos de barras. Utilizou-se os programas computacionais SPSS 23.0 for Windows e Excel 2010.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o período de exposição ao Cloreto de alumínio ($AlCl_3$), a porcentagem de germinação das sementes de *Coffea arabica* L. da cultivar Mundo Novo indicaram alta porcentagem das sementes germinadas em todos os grupos, mostrando que não houve diferença entre os tratamentos estudados (Figura 1).

Figura 1 - Porcentagem de germinação de sementes da cultivar Mundo Novo (*Coffea arabica*) submetidas a diferentes concentrações de cloreto de alumínio.



Fonte: Elaboração Própria (2022).

Os valores da porcentagem de germinação dos tratamentos 0, 100%, 50%, 10% e 5% respectivamente 93,75%, 96,25%, 91,25%, 80% e 96,25% (tab. 1). Esses resultados mostraram o alto desempenho germinativo das sementes em estágio de maturação passada. Apontando semelhança com o trabalho de Cogo (2017) no qual a germinação de sementes do estágio cereja, porém sem a aplicação do $AlCl_3$, obteve 88%, atribuindo esse efeito ao genótipo da cultivar Mundo Novo e da qualidade fisiológica da semente.

Tabela 1- Porcentagem de germinação de sementes da cultivar Mundo Novo (*Coffea arabica* L.) e os valores do pH da terra submetidas a diferentes concentrações de cloreto de alumínio

Tratamento	Germinação (%)	pH
0	93,75	7,5
100%	96,25	6,43
50%	91,25	6,54
10%	80,00	6,70
5%	96,25	6,85

Fonte: Elaboração Próprio (2022).

Embora o Al possa ser tóxico em altas concentrações e ocasionar inibição das funções vitais dos elementos que se ligam a ele ou interfere em outros processos metabólicos. No presente trabalho não se verificou tal efeito.

De acordo com Macedo (2008), outras cultivares de *Coffea arabica* L, também obtiveram sucesso germinativo sem e com a presença do Al, nos estudos sobre a Influência do alumínio na qualidade fisiológica e sanitária, mostraram que a Catuaí Amarelo IAC 62 e Iapar 59 apresentam algum mecanismo de resistência ao alumínio, já que nos tratamento não houve qualquer diferença significativa.

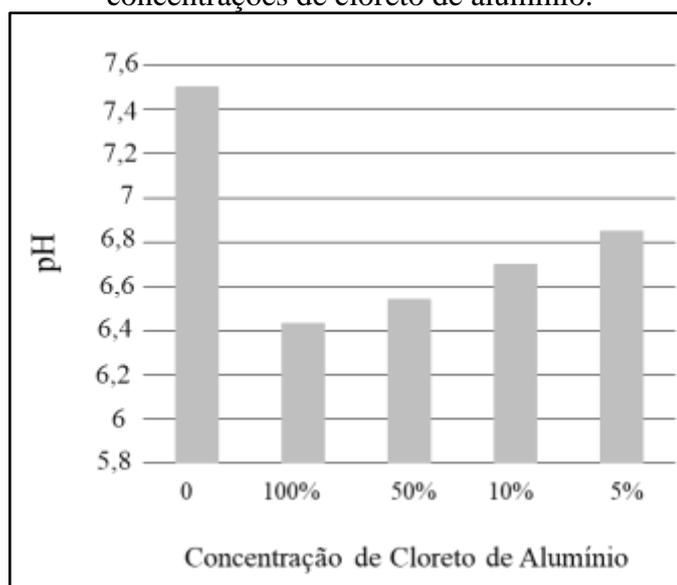
Rodrigues e colaboradores (2016), relatam que algumas espécies vegetais conseguem resistir ao Al desenvolvendo mecanismos de tolerância. Macedo (2008) aponta alguns fatores que causam esse efeito, como por exemplo a existência de mecanismos de tolerância ao alumínio em algumas cultivares do café arábica, podendo ser classificado como mecanismo de tolerância interno e externo.

Para Rampim, Lana e Frandoloso (2013), os mecanismos internos o Al entra no simplasto, onde ocorre divisões menores no vacúolo com intuito de expulsar o alumínio, também acontece a formação de quelatos na membrana plasmática impedindo a fitotoxicidade, e a ligação do alumínio a proteínas para tirar a toxicidade desse metal (ABICHEQUER; BOHNEN; ANGHINONI, 2003; RAMPIM; LANA, 2013).

Quanto ao mecanismos externos são aqueles que atuam impedindo o Al de penetrar a membrana plasmática e conseguir entrar no espaço intermembranar das células, tendo as ações de imobilização na parede celular, permeabilidade seletiva, formação de barreira de pH na região da rizosfera ocasionado pela própria planta, além da transpiração de quelatos ligantes e de fosfatos, dentre outras (RAMPIM, LANA; FRANDOLOSO, 2013).

Já os valores de pH obtidos dos tratamentos de modo respectivo foram 7,5; 6,43; 6,54; 6,70 e 6,85 (tabela 1). Podemos notar a diferença entre os tratamentos sem e com aplicação do $AlCl_3$ (fig. 2), em que o tratamento 0 (controle) ficou com 7,5 classificado como neutro e os com concentrações de $AlCl_3$ de 100% e 50%, os substratos foram consideráveis ácidos, porém os tratamentos com baixa concentração (10% e 5%) são classificados com acidez fraca, conforme a classificação de acidez potencial (H+Al) de Prezzotti e Guarçoni M. (2013).

Figura 2 - pH obtidos nos substratos (terra) submetidas a diferentes concentrações de cloreto de alumínio.



Fonte: Elaboração Própria (2022).

Não houve diferença expressiva entre os valores de Ph na terra utilizada nos experimentos, demonstrando que não houve interferência no processo germinativo entre os tratamentos. Contrariando Prezotti e Guarçoni M. (2013), que explicam que os solos com pH entre 6,0 a 6,5 deveriam ocorrer a diminuição dos micronutrientes e macronutrientes e aumentando a solubilidade do Al deixando mais tóxico, prejudicando o processo germinativo através da inibição do crescimento celular que impede a germinação das sementes.

Fogaça (2016) explica que a acidez do solo é muito importante para o cultivo de algumas plantas e vegetais, mas a toxicidade por Al é o fator que mais limita a produção das culturas em solos ácidos. Já para Filho e colaboradores (2016) o pH é um dos fatores fundamentais para as plantações de café, e atua no crescimento e nas mudanças sofridas nos frutos como na fermentação, mostrando o período certo para a colheita deixando o café mais palatável. Sendo assim, quanto mais baixo for o valor do pH, mais ele vai afetar a qualidade do café (SIQUEIRA; ABREU, 2006).

Os resultados relativos ao comprimento das raízes, indicaram que a probabilidade significativa foi de 0,660 (valor-p > 0,05), como não se rejeita a hipótese nula (H_0), os dados mostraram que não houve diferenças significativas entre as médias dos grupos analisados (tabela 2).

Tabela 2 – Médias descritivas do comprimento em centímetros (cm) das plântulas e o valor da probabilidade de significância de cada tratamento

Tratamentos	Comprimento (cm) Média	Valor – p (> 0,05)
0	1,73	0,666
100%	1,67	0,666
50%	2,11	0,666
10%	1,73	0,666
5%	1,74	0,666

Fonte: Elaboração Próprio (2022)

Porém, através da estatística descritiva foi constatado que no controle (0) sem a aplicação do $AlCl_3$ obteve a média de 1,73 cm de comprimento (tabela 2), que juntamente ao método de observação, as plântulas apresentaram estar mais firmes no manuseio para medição em comparação aos outros tratamentos, além disso com hipocótilo mais espesso e exibindo uma coloração rósea (APÊNDICE 1).

Essas mesmas características podem ser vistas também no tratamento de 100% (APÊNDICE 2), contudo esse grupo apresentou a menor média (1,67 cm) de comprimento entre os outros (tabela 2). Como esse tratamento recebeu a maior concentração de $AlCl_3$, esse resultado ficou de acordo com Gordin e colaboradores (2013), mostraram que a inibição na taxa do crescimento inicial das plântulas é o primeiro sinal mais significativo sobre os efeitos da toxicidade do Al.

Isso ocorre pois o Al atua na diminuição da rizosfera e dificultando a absorção da água e de nutrientes, que geralmente vai afetar a divisão celular, e conseqüentemente interfere na replicação do DNA nas pontas das raízes, tornando a parede celular mais rígida (ŠIMONOVÍČOVÁ et al., 2004; VITORELLO; CAPALDI; STEFANUTO, 2005; GORDIN et al., 2013).

Nos tratamentos de 50%, 10% e 5%, ficaram as médias sucessivamente de 2,11 cm, 1,73 cm, 1,74 cm (tabela 2). As plântulas do tratamento com 50% da solução com $AlCl_3$ têm a maior média de comprimento e sua característica morfológica, apresentaram a presença superior de raízes laterais, porém com aspectos muito finos e mais fracas entre as outras plântulas (APÊNDICE 3).

Em desacordo com Rossiello e Jacob-Neto (2006), destacam que o Al altera o formato das raízes, geralmente reprimindo o crescimento das raízes laterais, tornando-as menos ramificadas e mais quebradiças. Peleja e colaboradores (2020), pontuaram as mesmas características, porém não houve redução no crescimento das plântulas da planta Paricá (*Schizolobium amazonicum*).

Porém com a taxa do crescimento inicial das plântulas de todos os tratamentos utilizados neste tratamento (APÊNDICE 1, 2, 3, 4 e 5), é possível constatar a resistência ao alumínio e uma possível adaptação das sementes, pois plantas resistentes apresentam em sua morfologia desempenho adequado no crescimento radicular (HARTWIG et al., 2007).

Os resultados referentes ao diâmetro das raízes, indicaram através das médias que todas foram classificadas com o diâmetro médio com 0,02 mm, e que estatisticamente a probabilidade de significância de 0,440 (valor-p > 0,05), como não se rejeita a hipótese nula (H_0), os dados mostraram que não houve diferenças significativas entre as médias dos tratamentos analisados (tabela 3).

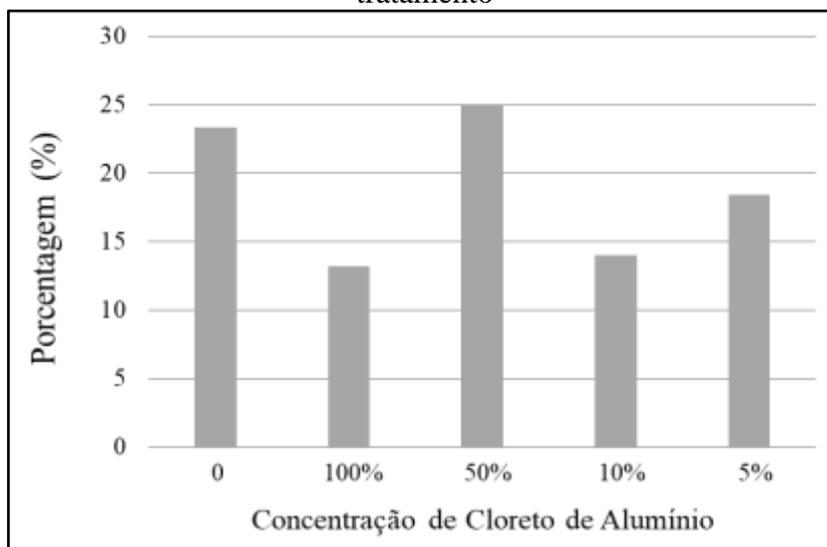
Tabela 3 – Médias descritivas do diâmetro em milímetro (mm) das radículas e o valor da probabilidade de significância de cada tratamento

Tratamento	Diâmetro (mm) Média	Valor – p (> 0,05)
0	0,02	0,433
100%	0,02	0,433
50%	0,02	0,433
10%	0,02	0,433
5%	0,02	0,433

Fonte: Elaboração Próprio (2022).

Contudo, devido a medição do diâmetro ter sido realizada entre hipocótilo da radícula, salienta-se que a porcentagem das sementes dos tratamentos teve menos de 25% com a presença da radícula (figura 3). Mostrando que cerca de $\frac{1}{4}$ das sementes, apesar de germinadas, não se desenvolveram bem ao longo do experimento.

Figura 3 - Dados da porcentagem de sementes sem o desenvolvimento da radícula de cada tratamento



Fonte: Elaboração Própria (2022).

De acordo com Almeida e Almeida (2016) a formação do sistema radicular é decorrente dos processos fisiológicos gerados durante o processo germinativo da semente. Nos processos fisiológicos das sementes, o alumínio possui a função de se ligar a diversos ligantes, como grupos carboxilatos, sulfatos e fosfatos, que atua alterando os processos fisiológicos, que ao final resulta na diminuição e formação no crescimento radicular pelas alterações na morfologia da raiz (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que ao final das análises do teste de germinação e na medição das plântulas em relação a aplicação do cloreto de alumínio, mostraram nos dados que não houve diferenças significativas entre as médias dos grupos analisados.

Entretanto, através das médias descritivas e da observação direta, podemos notar que o cloreto de alumínio não impediu que as sementes da cultivar Mundo Novo da espécie *Coffea arabica* L. no estágio de maturação passada germinasse. Refutando em parte a hipótese levantada inicialmente, que pontuava a não germinação e o não crescimento da radícula em concentrações maiores, demonstrando que no experimento todos os tratamentos obtiveram alto desempenho germinativo e de crescimento radicular, mostrando que as sementes em estágio de maturação passada são resistentes ao cloreto de alumínio, podendo ser igualmente utilizadas para a propagação do cafeeiro, sem prejuízo à produção de mudas.

Porém, é necessário pesquisas futuras que confirmem o mesmo padrão de qualidade do café que as mudas produzidas pelo fruto em estágio de maturação cereja. Sendo assim, importante avaliar os metabólitos secundários dessa cultivar, principalmente na quantificação dos

flavonoides, pois suas propriedades podem ser afetadas por concentrações de alumínio e assim interferir na cor e sabor característicos do café.

REFERÊNCIAS

ABICHEQUER, A.D.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo submetidas à toxidez do alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.373-378, 2003.

ACKOVA, D. G. *Heavy metals and their general toxicity on plants*. **Plant Science Today**, v.5, n.1, p. 14-18. 2018. Disponível em: <<https://horizonepublishing.com/journals/index.php/PST/article/view/355/204>>. Acesso em: 10 out. 2022.

ALMEIDA, M; ALMEIDA, C.V. **Morfologia da raiz de plantas com sementes**. Coleção Botânica, 1. Piracicaba: ESALQ/USP, p. 71, 2014. Disponível em: <http://www.lcb.esalq.usp.br/sites/default/files/publicacao_arq/978-85-86481-32-1.pdf> . Acesso em 25 nov. 2022.

ALVES, J. D. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café. 2007. p.31- 47. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Livro_Cultivares.pdf> . Acesso em: 08 out. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO (ABAL). Bauxita no Brasil, Mineração responsável e competitividade. São Paulo, p.61. 2017. Disponível em:<http://www.abal.org.br/downloads/ABAL_Relatorio_Bauxita_2017_1.pdf>. Acesso em: 01 out. 2022.

BARONA, A.; ROMERO, F. *Distribution of metals in soils and relationships among fractions by principal component analysis*. **Soil Technology**, Cremlingen, v.8, p.303-319, 1996. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0933363095000291>>. Acesso em: 01 out. 2022.

BELTRÃO, N.M.; FIDELES, J. F.; FIGUEIREDO, I. Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na e experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.547-552, 2002. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/78NdyKvHzzPkkVNYDZNd7hb/?lang=pt>>. Acesso em: 05 dez. 2022.

BEUTLER, A.N.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V. Efeito do alumínio sobre o crescimento de duas espécies florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p. 923-928, 2001. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/307844198_Efeito_do_aluminio_sobre_o_crescimento_de_duas_especies_florestais>. Acesso em: 30 out. 2022.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. *Seeds: Physiology of development and germination*. 2. ed. New York: Plenum, p. 445. 1994. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=6S75BwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Physiology+of+development+and+germination.+2.+ed.+New+York:+Plenum&ots=SGrfopEr-7&sig=L6nwWsFeJpDF56TXc6-i9Sjy_y4#v=onepage&q=Physiology%20of%20development%20and%20germination.%20.%20ed.%20New%20York%3A%20Plenum&f=false>. Acesso em: 20 out. 2022.

BOHM, W. *Methods of studying root systems*. New York: Springer verlag. P. 190. 1979.

BOJÓRQUEZ-QUINTAL, E. et al. *Aluminum, a friend or foe of higher plants in acid soils*. **Frontiers in Plant Science**, v.8, n.1767, 2017. Disponível em: <DOI:<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01767>>. Acesso em: 01 out. 2022.

BORGHETTI, F. Dormência embrionária. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artimed, 2004.

BRACCINI, A.L. et al. Conservação de sementes de café-robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) cultivar Conilon em função do grau de umidade e do tipo de embalagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p. 160-169, 1998.

BRAGANÇA, R. et al. Impactos das mudanças climáticas no zoneamento agroclimatológico do café arábica no Espírito Santo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 1, p. 77 - 82, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/304187137_Impactos_das_mudancas_climaticas_no_zoneamento_agroclimatologico_do_cafe_arabica_no_Espirito_Santo>. Acesso em: 25 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, Brasília: SNAD, DNDV, CLAV, cap. 1, p. 365, 1992.

BRASIL, M. B. S. Efeito do Ácido Giberélico (GA3) na aceleração do processo germinativo de sementes do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 2008. 24 f. **Dissertação** (Graduação em Cafeicultura) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho/ Minas Gerais, 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/su%C3%A1rio/Downloads/222_tcc_cafe_0006.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2022.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F.; CASAGRANDE, J.C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: Legis Summa. p.89-124, 2001.

CARVALHO, A. C. et al. Panorama e importância econômica do café no mercado internacional de commodities agrícolas: uma análise espectral. **Revista Agro ecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 223-249, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/5003/4647>>> Acesso em: 06 nov. 2022.

CARVALHO, A.; MONACO, L.C. *Natural cross pollination in Coffea arabica*. In: International Horticultural Congress, 26., Brussels. Proceedings. Toronto: **International Horticultural Society**, v.4, p.447-449, 1965.

CARVALHO, A.; MÔNACO, L. C.; CAMPANA, M. P. Melhoramento do cafeeiro XXVII: Experimentos de seleções regionais de Jaú. **Bragantia**, Campinas, v.23, p.129-142, 1964. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/brag/a/bsxMRjpfzJrzmMpgKGMJD7b/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 20 out. 2022.

CARVALHO, C. H. S. et al. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2007. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Livro_Cultivares.pdf>. Acesso em: 08 out. 2022.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, p.429. 2012.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L. E. P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Análise mensal: Café, Junho e Julho, 2021. Disponível em: <<file:///C:/Users/su%C3%A1rio/Downloads/CafeZ-ZAnaliseZMensalZ-ZJunho-JulhoZ-Z2020.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de café. Safra - 2018, v. 5, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-84, dez. 2018. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/levantamento/conab_safra2018_n4.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2022.

COGO, F. D. Emergência de plântulas de café em função do período de fermentação. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 11, p. 23-26, 2017. Disponível em: <<http://sbicafe.ufv.br/handle/123456789/9305#preview>>. Acesso em 09 dez.2022.

COSTE, R. **Les caféiers et les cafés dans le monde**. Paris: Larose, P.365. 1955. Disponível em: <https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers20-12/010059432.pdf>. Acesso em: 03 out. 2022.

COVRE, A. M. et al. *Vegetative growth of Conilon coffee plants under two water conditions in the Atlantic region of Bahia State, Brazil*. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 38, n. 4, p. 535, out./dez. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asagr/a/VLn8fT6yGTtQYHdzfLZ5BXy/?format=pdf&lang=en>>. Acesso em: 25 out. 2022.

DIAS, L. O.; SILVA, M. S. Determinantes da demanda internacional por café brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 86-98, 2015. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/969/860>>. Acesso em: 06 nov. 2022.

DIETRICH, S.M.C. Inibidores de crescimento. In: FERRI, M.G. (coord.). **Fisiologia vegetal**. 2.ed. São Paulo: EPU/EDUSP, v.2, cap.7. 1986. p.193-212.

EDWARDS, M.M. *Seed dormancy and seed environmental-internal oxygen relationship*. In: HEYDECKER, W. (ed.). **Seed ecology**. Miyage-Ken: The Pennsylvania State University Press/ University Park.x. 1973. p.169-188.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral das plantas**: princípios e perspectivas. 2. ed., Londrina: Editora Planta, p.401. 2006. Disponível em: <<http://editoraplanta.com.br/demoNM.pdf>>. Acesso em 11 set. 2022.

FERRÃO, M. A. G. et al. Indicação de cultivares de café arábica para o estado do Espírito Santo e avaliação comparativa com o conilon em altitude elevada. **CIRCULAR TÉCNICA 6**; Embrapa Café: Brasília, Brasil, p.46, 2021. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225199/1/Embrapa-Cafe-Circular-Tecnica-6.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2022

FERRÃO, R. G. et al. **Café Conilon**. 2 ed. atual. e ampl. 2a reimpressão - Vitória, ES : Incaper, 2017. Disponível em:< <http://portalcofea.com/wp-content/uploads/2018/11/Livro-Cafe-Conilon-2a-Edicao.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2022.

FERRAZ, A. Cultura do Café. Técnico em Agricultura. **Instituto Formação**. 2013. Disponível em:<<http://www.ifcursos.com.br/sistema/admin/arquivos/15-09-28-apostilaculturadocafe.pdf>>. Acessado em: 28 set. 2022.

FERREIRA, I. N. M.; SANTOS, C. S.; CHAVES FILHO, J. T. Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos do cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.). **Fragmentos de Cultura**, Goiânia, v. 24, p. 153-161, 2014. Disponível em:<<https://docplayer.com.br/60617232-Characterizacao-anatomica-dos-orgaos-vegetativos-do-cafeeiro-arabica-cofea-arabica-l.html>>. Acesso em: 28 set. 2022.

FERREIRA, R. P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J.B. Toxidez de alumínio em culturas anuais. Embrapa Pecuária Sudeste - **Documentos 63**. São Carlos/SP, 2006. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/47901/4/Documentos63.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2022.

FILHO, T. L. et al. Composição físico-química e qualidade sensorial de café conilon produzido no Estado do Espírito Santo e submetido a diferentes formas de processamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1723-1730, 2013. Disponível em:<<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/qualidade%20sensorial.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO Statistical pocketbook coffee 2015**. Rome/Italy 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4985e.pdf>>. Acesso: 06 nov. 2022.

FOY, C.D. *Soil chemical factors limiting plant root growth*. In: HATFIELD, J.L.; STEWART, B.A. Limitations to plant root growth. **New York: Springer-Verlag**, p.97-149, 1992. Disponível em:<https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-2894-3_5>. Acesso em: 23 nov. 2022.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (INCAPER). Cafeicultura - Café Arábica. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/cafeicultura-arabica#:~:text=O%20caf%C3%A9%20ar%C3%A1bica%20%C3%A9%20a,Minas%20Gerai s%20e%20S%C3%A3o%20Paulo>>. Acesso em: 08 set. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIOMO, G.S.; MISTRO, J. C.; PEREIRA, S. P. Cafés do Brasil – do IAC para o mundo. O agrônomo, 2017. Disponível em: <<http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=874>>. Acesso em: 10 set. 2022.

GOMES, W. P. Características da temperatura na zona costeira: análise do clima urbano em Ubatuba SP. 2007. f **Dissertação** (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - FCT/UNESP - campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2017.

GORDIN, C. R. B. et al. Emergência de plântulas e crescimento do pinhão manso exposto a alumínio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 147-156, 2013. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744119014.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2022.

GOULART, P.F.P. et al. Aspectos histoquímicos e morfológicos de grãos de café de diferentes qualidades. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.662-666, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/knV7K7nPknMj6fsk7wLHLnM/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 25 out. 2022.

GRACIANO, P. D. et al. Estádios de maturação de cultivares de Coffea arabica L. em Monte Carmelo-MG e suas características sensoriais. **Ciência Agrícola**, v.17, n.3, p. 7-14. 2019. Disponível em: file:///C:/Users/su%C3%A1rio/Downloads/5608-Texto%20do%20Artigo-29400-1-10-20190724.pdf>. acesso em; 09 dez. 2022.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G.; SOUZA, C.A.S. **Classificação botânica, origem e distribuição geográfica**. Cafeicultura. Lavras: UFLA/FAEP. p.39-98. 2002.

HARTWIG, I. et al. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Ciências Agrárias**, v.28, n.2, p. 219-228. 2007. Disponível em:<<https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744084008.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2022.

HODSON, M. E. *Heavy metals - geochemical bogey men?*. **Environmental Pollution**, v.129, n.3, p.341-343. 2004. Disponível em:<<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1351/pac200274050793/html>>. Acesso em: 16 set. 2022.

KAMINSKI, J. Acidez do solo e a fisiologia das plantas. In: KAMINSKI, J.; VOLKWEISS, J. & BECKER, F.C. SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2., Santa Maria, 1989. Seminário. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1989. p.39-61. Disponível em:<>. Acesso em: 21 nov. 2022.

KOCHIAN, L. V.; PIÑEROS, M. A.; LIU, J.; MAGALHÃES, J. V. Plant adaptation to acid soils: the molecular basis for crop aluminum resistance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 66, p. 571-598, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/271534788_Plant_Adaptation_to_Acid_Soils_The_Molecular_Basis_for_Crop_Aluminum_Resistance>. Acesso em: 04 nov. 2022.

KOPITTKE, P. M. et al. *Identification of the primary lesion of toxic aluminum in plant roots*. **Plant Physiology**, v. 167, n. 4, p.1402-1411, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272190931_Identification_of_the_Primary_Lesion_of_Toxic_Aluminum_in_Plant_Roots>. Acesso em: 10 out. 2022.

KOTTEK, M. et al. *World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated*. **Meteorologische Zeitschrift**, v.15, p.259-263, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/51997463_World_Map_of_the_Koppen-Geiger_Climate_Classification_Updated>. Acesso em: 30 out. 2022.

KROHLING, C. A et al. Café arábica no Espírito Santo, Brasil. In: PARTELLI, F. L.; PEREIRA, L. L (Org.). **Café conilon: Conilon e Robusta no Brasil e no Mundo**. Instituto federal do Espírito Santo (IFES). Alegre, ES: CAUFES. Cap.7, pag. 87-112. 2021. Disponível em: <<<https://cafeconilon.com/wp-content/uploads/2021/09/0.-2021.-LIVRO-Completo.-Cafe%CC%81-Conilon-DIGITAL-1-ESSE.pdf>>>. Acesso em: 25 out. 2022.

LIMA, S. M. P. et al. Efeitos de tempos e temperaturas de condicionamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de cafeeiro (*Coffea arábica* L.) sob condições ideais de estresse térmico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 505-514, maio/jun. 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/6gXt3p9ThqGzqnSJDH5wzrB/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 09 out. 2022.

LOPES, A. C. A; NASCIMENTO, W. M. Dormência em sementes de hortaliças. **Documentos / Embrapa Hortaliças**; 136. DF: Embrapa, p. 28, 2012. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/72481/1/doc-1361.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2022.

LORENZI, H. & MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2. ed. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2008.

LUPPI, A.S. L. Potencial agroclimático para o desenvolvimento da cultura do cafeeiro no estado do Espírito Santo.2014. 108f. **Dissertação** (Mestrado em Meteorologia Agrícola) -. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG, 2014. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/7052>>. Acesso em: 10 out. 2022.

LUZ, M, J. S.; FERREIRA, G. B. BEZERRA, J.R.C. Saiba Como Adubar e Corrigir e Solo se sua Propriedade. **Circular técnica, 148**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/275866/1/COMTEC148.pdf> >. Acesso em: 02 dez. 2022.

MACEDO, C. M. P Influência do alumínio na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de duas espécies de café. 2008. 97 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) –

Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre/ES, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/6613/1/Celia%20Maria%20Peixoto%20Macedo.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2022.

MACHADO, J. S. Effects of aluminum on seeds germination and Initial growth of physic nut seedlings. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 1, p. 24-31, 2015. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/248>>. Acesso em: 10 out. 2022.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo : Agronômica Ceres, p.251. 1980.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MEIRELES, R. C. Efeito do hipoclorito de sódio e da embebição em água na germinação de sementes de café (*Coffea arabica* L.). 2004. 51f. **Dissertação (Pós-Graduação em Fitotecnia)**. Magister Scientiae- Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa-MG, 2004. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/10457/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2022.

MEIRELES, R. C. et al. Secafé: Metodologia para acelerar a germinação das sementes de café. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, nº 3, p. 90-96, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbs/a/xkKk7WsMrqXxwCLqy9gCkjd/?lang=pt#>>. Acesso em: 09 out. 2022.

MENDONÇA, R. J. et al. Efeito do alumínio na absorção e na utilização de macronutrientes em duas cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 7, p. 843-846, 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/4hCnqWX9sDhdQFCrw7R4xMg/?lang=pt#>>. 25 set. 2022.

MESQUITA, C. M. de et al. **Manual do café: implantação de cafezais Coffea Arábica L**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/livro_implantacao_cafezais.pdf>. Acesso em: 09 out. 2022.

MIGUEL, P.S.B. et al. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, n. 24, p.13-29. 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/su%C3%A1rio/Downloads/Efeitos_toxicos_do_aluminio_no_crescimen.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

MOHAN, V. M. et al. *Calcium channel blockers protect against aluminium-induced DNA damage and block adaptive response to genotoxic stress in plant cells*. **Mutation Research**, v. 751, n. 2, p.130-138, 2013. Disponível em: <[DOI:https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2012.12.008](https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2012.12.008)>. Acesso em: 11 out. 2022.

MORAIS, H. et al. Escala Fenológica detalhada da Fase Reprodutiva de Coffea arábica. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.257-260, 2008. Disponível

em:<<https://www.scielo.br/j/brag/a/pKd68VxcsNDMdjnVcSwyY7b/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 28 set. 2022.

NAVARRO, R. et al. Manejo do solo para o sistema de cultivo do café no Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v.18, n.38, p. 1- 16. 2021. Disponível em:<<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2021D/manejo.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2022.

PAULA, R.A.O. et al. Determinação da atividade antioxidante In vitro das bebidas de café e chás verde e preto. **Revista Ciências Farmacêuticas Básica Aplicada**. v.36, n.2, p.167-171. 2015. Disponível em: <<https://rcfba.fcfar.unesp.br/index.php/ojs/article/download/41/40/>>. Acesso em: 06 nov. 2022.

PELEJA, V. L. et al. Interferência do alumínio no crescimento radicular, absorção e acúmulo de fósforo em plantas de paricá. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.1, p.1-8, 2020. Disponível em: <<https://www.sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.001.0001/1835>>. Acesso em: 09 dez. 2022.

PELOSO, A. F. et al. Efeito da aplicação de piraclostrobina no crescimento inicial de café arábica em diferentes disponibilidades hídricas. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 498–507. 2017. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9246/Coffee%20Science_v12_n4_p498-507_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 out. 2022.

PEREIRA, C. E. et al. Determinação de inibidores da germinação no espermoderma de sementes de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 24, nº 1, p.306-311, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbs/a/ry9xnGCpfJjxwYZVRjzx6qM/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 28 set. 2022.

PERUZZOLO, M.C.; CRUZ, B. C.F.; RONQUI, L. Polinização e produtividade do café no Brasil. **PUBVET**, v.13, n.4, a317, p.1-6, Abr., 2019. Disponível em: <<https://www.pubvet.com.br/uploads/6d1b75fdd0c19a44a597e4412a0aee5f.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI M., A. Guia de interpretação de análise de solo e foliar. Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p. Disponível em:<<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2022.

RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J. F. Fósforo e enxofre disponível, alumínio trocável e fósforo remanescente em Latossolo Vermelho submetido ao gesso, cultivado com trigo e soja. **Ciências Agrárias**, n.34, p.1623-38. 2013. Disponível em:<<https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744122015.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2022

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 13-85.

RESENDE, M. L. et al. Influência da luz e giberelina na velocidade de germinação das sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science, Lavras**, v. 4, n. 2, p. 149-154, jul./dez. 2009. Disponível em: <http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5748/Coffee%20Science_v4_n2_p149-154_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 25 out. 2022.

RIBEIRO, E. S. et al. Relações da anatomia radicular na absorção, no acúmulo e na tolerância ao chumbo em *Echinodorus grandiflorus*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 6, p. 605-612, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Zjq6pSPNFsrbr9jjdv9cbpH/?lang=pt#>>. Acesso em: 28 set. 2022.

RIBEIRO, F. C. et al. Influência de métodos de degomagem biológica sobre a germinação e vigor de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: Simpósio de Pesquisa dos cafés do Brasil (2009). Anais Brasília, D.F: Embrapa- Café, (1 CDROM), 2011 p.1 - 5. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/2787#preview>>. Acesso em: 05 out. 2022.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUES, A.C.D. et al. Mecanismos de respostas das plantas à combustíveis por metais pesados: Possibilidade de uso de macrófitas para remediação de ambientes aquáticos contaminados. **Revista Virtual de Química**, v.8, n.1, p. 262–276. 2016. Disponível em: <<http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v8n1a18.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

ROSSIELLO, R.O.P.; JACOB NETTO, J. Toxidez de alumínio em plantas: novos enfoques para um velho problema. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.375-418.

ROUT, G. S. SAMANTARY, P. D. *Aluminium toxicity in plants: a review*. **Agronomie, EDP Sciences**, v. 21, n.1, p.3-21. 2001. Disponível em: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886101/document>>. Acesso em: 10 out. 2022.

SADE, H. et al. *Toxicity and tolerance of aluminum in plants: tailoring plants to suit to acid soils*. **Biometals**, v.29, p.187-210, 2016. Disponível em: <DOI:<https://doi.org/10.1007/s10534-016-9910-z>>. Acesso em: 10 out. 2022.

SCHMITT, M. et al. *Aluminium accumulation and intra-tree distribution patterns in three Arbor aluminosa (Symplocos) species from central sulawesi*. **PLOS ONE**, v.11, p.1-18, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/294257056_Aluminium_Accumulation_and_Intra-Tree_Distribution_Patterns_in_Three_Arbor_aluminosa_Symplocos_Species_from_Central_Sulawesi>. Acesso em: 10 out. 2022.

SCOLMEISTER, D. Biodisponibilidade de metais pesados em solos do Rio Grande do Sul. 111f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias), Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/8013/000564970.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 out. 2022.

SILVA, E. A. A. *Coffee (Coffea arabica L., cv. Rubi) seed germination: mechanism and regulation*. **Thesis(PhD)**- Wageningen University, Wageningen, 2002. Disponível em: <<https://edepot.wur.nl/192247>>. Acesso em: 04 out. 2022.

SILVA, E. A. A. et al. *Abscisic acid controls embryo growth potential and endosperm cap weakening during coffee (Coffea Arabica L., cv Rubi) seed germination*. **Planta**, Berlin, v. 220, n. 2, p. 251-261, Dec. 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/8400810_Abscisic_acid_controls_embryo_growth_potential_and_endosperm_cap_weakening_during_coffee_Coffea_arabica_cv_Rubi_seed_germination>. Acesso em: 04 out. 2022.

SILVA, E. A. A. et al. *Exogenous gibberellins inhibit coffee (Coffea arabica cv. Rubi) seed germination and cause cell death in the embryo*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 413, p. 1029-1038, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/8009456_Exogenous_gibberellins_inhibit_coffee_Coffea_arabica_cv_Rubi_seed_germination_and_cause_cell_death_in_the_embryo>. Acesso em: 04 out. 2022.

SILVA, G.R. **Produção, tecnologia e armazenamento de sementes**. Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Disponível em:<http://cm-cls-content.s3.amazonaws.com/201901/INTERATIVAS_2_0/PRODUCAO_TECNOLOGIA_E_ARMAZENAMENTO_DE_SEMENTES/U1/LIVRO_UNICO.pdf> Acesso em: 14 nov. 2022.

SIMONOVICOVÁ, M. et al. *Effect of aluminium on oxidative stress related enzymes activities in barley roots*. **Biologia Plantarum**, v. 48, n. 2, p. 261 – 266, 2004. Disponível em: <<https://bp.ueb.cas.cz/pdfs/bpl/2004/02/20.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2022.

SIQUEIRA, H. H.; ABREU, C. M. P. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.1, p.112-117, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/y445whRQZtHM75rk3G5Cxss/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 24 nov. 2022.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v.9, n.3, p.95-106. 2018. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6789234.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2022.

SOUZA, F. F. et al. Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia. **Documento técnico**. Porto Velho, RO: Embrapa, 2004. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54346/1/Doc93-cafe.pdf>>. Acesso em 10 out. 2022.

SOUZA FILHO, A. P.; DUTRA, S. Germinação de sementes de calopogônio (*Calopogonium mucunoides*). **Pasturas Tropicais**, n.20, n. 3, p. 26-30. 1998 . Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/995769/1/Calopogonio.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

STEFANELLO, R., GOERGEN, P.C.H. Toxicidade de alumínio na germinação de sementes de *Cynara scolynus* L. **Cultura Agrônômica**, v.28, n.1, p. 42 - 49. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355>>. Acesso em 18 dez. 2022.

STEINER, F. et al. *Effects of aluminum on plant growth and nutrient uptake in young physic nut plants*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1779-1788, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/278060727_Effects_of_aluminum_on_plant_growth_and_nutrient_uptake_in_young_physic_nut_plants#:~:text=The%20increasing%20level%20of%20Al%2B,toxicity%20caused%20by%20this%20metal.>. Acesso em: 10 out. 2022.

SUZUKI, T.; WALLER, G.R. *Allelopathy due to purine alkaloids in tea seeds during germination*. **Plant Soil, Dordrecht**, v.98, n.1, p.131-136, 1987. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/42936401>>. Acesso em: 10 out. 2022.

VIEIRA, A.R. Efeitos de compostos fenólicos na dormência de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) e eficiência de tratamentos pré-germinativos. 1991. 58f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 1991.

Disponível em:

<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/34984/1/DISSERTA%20c3%87%20c3%83O_Efeitos%20de%20compostos%20fen%20lic%20na%20dorm%20c3%aancia%20de%20sementes%20de%20arroz%20%28Oryza%20sativa%20L.%29%20e%20efici%20c3%aancia%20de%20tratamentos%20pr%20c3%a9-germinativos.pdf>. Acesso em 03 out. 2022.

VIEIRA, H. D. **Café rural: noções da cultura**. 2nd. ed. Interciência, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2017.

VITORELLO, V. A.; CAPALDI, F. R.; STEFANUTO, V. A. *Recent advances in aluminum toxicity and resistance in higher plants*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 17, n. 1, p. 129-143, 2005. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/bjpp/a/BQFgbrchfL7FHcfDQtFpNhm/?lang=en>>. Acesso em: 23 nov. 2022.

XAVIER, T. C.; OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E.S. Análise das condições de conforto térmico da cidade de Vitória, ES. **Revista Do Departamento De Geografia**, v. 41, n. 1, p.15. 2021. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/172471/169751>>. Acesso em: 30 out. 2022.

ZIKMUND, W. G. **Business research methods**. 5.ed. Fort Worth, TX: Dryden, 2000.

APÊNDICES**APÊNDICE 1 – SEMENTES GERMINADAS DO TRATAMENTO 0 (SEM APLICAÇÃO DO CLORETO DE ALUMÍNIO)****APÊNDICE 2 – SEMENTES GERMINADAS DO TRATAMENTO DE 100% DA SOLUÇÃO COM CLORETO DE ALUMÍNIO**

APÊNDICE 3 – SEMENTES GERMINADAS DO TRATAMENTO DE 50% DA SOLUÇÃO COM CLORETO DE ALUMÍNIO



APÊNDICE 4 – SEMENTES GERMINADAS DO TRATAMENTO DE 10% DA SOLUÇÃO COM CLORETO DE ALUMÍNIO



APÊNDICE 5 – SEMENTES GERMINADAS DO TRATAMENTO DE 5% DA SOLUÇÃO
COM CLORETO DE ALUMÍNIO

