



JANAINA DE PAULA FIALHO

**CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA DA ESPÉCIE
Guazuma ulmifolia SOB O EFEITO DA OMISSÃO DE
NUTRIENTES EM REJEITO DE MINERAÇÃO**

LAVRAS – MG

2021

JANAINA DE PAULA FIALHO

**CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA DA ESPÉCIE *Guazuma ulmifolia* SOB O
EFEITO DA OMISSÃO DE NUTRIENTES EM REJEITO DE MINERAÇÃO**

Monografia apresentada ao Colegiado do
Curso de Engenharia Florestal, para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Florestal.

Prof. Dr. Otávio Camargo Campoe

Orientador

Dra. Thiza Falqueto Altoé

Coorientadora

LAVRAS – MG

2021

JANAINA DE PAULA FIALHO

**CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA DA ESPÉCIE *Guazuma ulmifolia* SOB O
EFEITO DA OMISSÃO DE NUTRIENTES EM REJEITO DE MINERAÇÃO
COLOGICAL CHARACTERISATION OF THE SPECIES *Guazuma ulmifolia*
UNDER THE EFFECT OF NUTRIENT OMISSION ON MINING WASTE**

Monografia apresentada ao Colegiado do
Curso de Engenharia Florestal, para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Florestal.

APROVADA, em 18 de novembro de 2021.

Prof. Dr. José Roberto Soares Scolforo – UFLA
Prof. Dr. Lucas Amaral De Melo - UFLA
Profa. Dra. Soraya Alvarenga Botelho - UFLA

Prof. Dr. Otávio Camargo Campoe

Orientador

Dra. Thiza Falqueto Altoé

Coorientadora

LAVRAS – MG

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela diretriz, força e coragem em todo esse processo.

Minha mãe Helenice que sempre esteve comigo, agradeço pelo incentivo, compreensão e paciência em todos os momentos difíceis.

Ao meu irmão Vinícius pelo incentivo e motivação, em cada oportunidade que tive.

Aos meus amigos e amigas, desde os mais antigos (2016/2) aos mais recentes pelo companheirismo, carinho, atenção. Principalmente a Ana Clara, Isabela, Rafaela e Juliano vocês foram a minha fonte de energia e incentivo.

Ao professor Otávio Camargo Campoe, pela orientação e a Thiza Falqueto Altoé, pela coorientação, paciência e disposição me auxiliando durante todo tempo. Muito obrigada pela confiança, apoio, sugestões, correções e orientação.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização do curso e pela concessão da bolsa durante o projeto.

À FAPEMIG, a CAPES e ao CNPq. pelo financiamento do projeto.

[...] A todos os funcionários do DCF/UFLA e LEMAF. Em especial aos técnicos Kalill Pascoa e Thiago Magalhães e ao meu colega de curso Willian's Stacanelli pela colaboração na execução do projeto.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

No dia 5 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de rejeitos em Mariana-MG, da mineradora Samarco Mineração S.A., de domínio da Vale e da anglo-australiana BHP Billiton. O rompimento levou a uma liberação de aproximadamente 32 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração nos rios da bacia, poluindo o Rio Doce até a foz no Espírito Santo e conseqüentemente o oceano. A vegetação ciliar foi arrancada, os cursos d'água foram soterrados e o solo desestruturado. A escassez de experimentos e pesquisas feitas com rejeitos de mineração utilizando possíveis espécies arbóreas para intensificação da recuperação de áreas degradadas serviu como incentivo para realização desse projeto que teve como objetivo principal avaliar o desenvolvimento da espécie *Guazuma ulmifolia* em diferentes tratamentos com omissão de nutrientes plantadas em rejeito de mineração. O experimento foi montado com um sistema de omissão de nutrientes, no qual cada tratamento recebe os macros e micronutrientes, exceto um, com o objetivo de verificar o efeito da deficiência de cada nutriente sobre o desenvolvimento da espécie. As mudas estavam com 120 dias no dia da montagem e como substrato, foi utilizado o rejeito de mineração da barragem rompida de Mariana com a mesma quantidade de solo advindo também da região afetada. A adubação foi feita na implantação do experimento, porém fontes de nitrogênio e fosfatos tiveram suas aplicações divididas. As fontes de micronutrientes foram adicionadas em doses únicas somente no dia 13 de abril de 2020. Houve mudas de *Guazuma ulmifolia* (Mutambo) com clorose, necrose e mortas, além das saudáveis e a mortalidade foi vista somente em uma repetição da omissão de cálcio. O desenvolvimento da espécie *Guazuma ulmifolia* em diferentes tratamentos com omissão de nutrientes em rejeito de mineração obteve uma variabilidade analisando o crescimento em altura e diâmetro e principalmente a sanidade foliar e analisando os testes feitos concluímos que alguns tratamentos obtiveram resultados negativos, sendo eles, os tratamentos com 100% solo de mineração, 50% rejeito + 50% solo de mineração e omissão dos micronutrientes. O uso do indicador AFE não obteve resultados significativos enquanto a ferramenta SPAD em todos os testes feitos possuiu uma sensibilidade para a variação de tratamentos e também para a condição de fitossanidade da folha, se ela encontra-se saudável, com necrose e/ou com clorose.

Palavras chave: *Guazuma ulmifolia*, Omissão de nutrientes, restauração.

ABSTRACT

On November 5, 2015, there was the breakup of the tailings dam in Mariana-MG, which was operated by Samarco Mineração S.A., a mining company owned by Vale and the Anglo-Australian BHP Billiton. The breakup led to a release of approximately 32 million cubic meters of mining tailings in the rivers of the basin, polluting the Doce River to the mouth in Espírito Santo and consequently the ocean. The ciliary vegetation was uprooted, the watercourses were buried and the soil was unstructured. The scarcity of experiments and research done with mining rejects using possible tree species to intensify the recovery of degraded areas served as an incentive to carry out this project that had as main objective to evaluate the development of *Guazuma ulmifolia* species in different treatments with omission of nutrients planted in mining tailings. The experiment was set up with a nutrient omission system, in which each treatment receives macros and micronutrients, except one, to verify the effect of the deficiency of each nutrient on the development of the species. The seedlings were at 120 days on the day of the assembly and as substrate, the mining tailings of the Mariana dam ruptured with the same amount of soil also coming from the affected region. The fertilization was done in the implementation of the experiment, but sources of nitrogen and phosphates had their applications divided. Micronutrient sources were added in single doses only on April 13, 2020. There were seedlings of *Guazuma ulmifolia* (Mutambo) with chlorosis, necrosis, and death, in addition to healthy ones, and mortality was seen only in a repetition of calcium omission. The development of the species *Guazuma ulmifolia* in different treatments with omission of nutrients in mining waste obtained a variability analyzing the growth in height and diameter and mainly the leaf sanity and analyzing the tests made we concluded that some treatments have had negative results, being them, the treatments with 100% mining soil, 50% waste + 50% mining soil and omission of micronutrients. The use of the EFA indicator did not obtain significant results while the SPAD tool, in all the tests performed, had a sensitivity for the variation of treatments and also for the health condition of the leaf, if it is healthy, with necrosis and/or with chlorosis.

Keywords: *Guazuma ulmifolia*, Nutrient omission, restoration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Flores e folhas (a), frutos (b) e tronco (c) da <i>Guazuma ulmifolia</i> .	15
Figura 2. Procedimento de enchimento dos vasos (a) e organização na casa de vegetação (b).	18
Figura 3. Resultado da análise do solo da área afetada (a) e (b).	20
Figura 4. Medição dos nutrientes para serem aplicados no composto.	24
Figura 5. Vasos dispostos na casa de vegetação (a) e (b).	24
Figura 6. Mensuração dos dados de altura e diâmetro.	25
Figura 7. Mensuração com a ferramenta SPAD em uma folha saudável.	25
Figura 8. Folhas do mutambo sendo escaneadas (a) e folhas já digitalizadas (b).	27
Figura 9. Fitossanidade das folhas. (a) Sadia, (b) Clorose, (c) Clorose, (d) Clorose + Necrose e (e) Clorose+Necrose.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos aplicados no experimento de omissão de nutriente em casa de vegetação.	19
Tabela 2. Distribuição dos macronutrientes nos tratamentos.	22
Tabela 3. Distribuição dos micronutrientes nos tratamentos.	24
Tabela 4. ANAVA referente aos dados mensurados de altura.	28
Tabela 5. ANAVA referente aos dados mensurados de diâmetro.	28
Tabela 6. Médias de altura e diâmetro para a espécie com oito meses de experimento no viveiro, no dia 09 de novembro de 2020.	29
Tabela 7. Média e porcentagem de folhas da espécie <i>Guazuma ulmifolia</i> com oito meses de experimento no viveiro, no dia 09 de novembro de 2020. (continua)	30
Tabela 8. ANAVA referente aos dados de folhas saudáveis.	31
Tabela 9. Média das folhas saudáveis da espécie <i>Guazuma ulmifolia</i> com oito meses de experimento no viveiro, no dia 09; de novembro de 2020.	31
Tabela 10. Média das folhas saudáveis da espécie <i>Guazuma ulmifolia</i> com oito meses de experimento no viveiro, no dia 09; de novembro de 2020.	32
Tabela 12. Dados obtidos pela análise dos dados feitos utilizando o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade da interação tratamento x tempo para a espécie <i>Guazuma ulmifolia</i> no intervalo de 11 de maio a 09 de novembro de 2020.	34
Tabela 13. Dados mensurados com a ferramenta SPAD para a espécie <i>Guazuma ulmifolia</i> no intervalo de 11 de maio a 09 de novembro de 2020.	35
Tabela 14. Dados obtidos pela análise dos dados feitos utilizando o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade do SPAD Ponderado para a espécie <i>Guazuma ulmifolia</i> no intervalo de 11 de maio a 09 de novembro de 2020.	37

LISTA DE ABREVIATURAS

AF - Área Foliar

AFE - Área Foliar Específica

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

SPAD - Soil Plant Analysis Development

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Características importantes e efeitos do último rompimento ocorrido na Bacia do Rio Doce	12
2.2	Recuperação de áreas degradadas	13
2.3	Omissão de nutrientes	14
2.4	Espécie	15
2.5	Área Foliar – AF	16
2.6	Área Foliar Específica – AFE	17
2.7	Índice SPAD	17
3	MATERIAS E MÉTODOS	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

No dia 5 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de rejeitos em Mariana-MG, da mineradora Samarco Mineração S.A., de domínio da Vale e da anglo-australiana BHP Billiton. O rompimento levou a uma liberação de aproximadamente 32 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração nos rios da bacia, poluindo o Rio Doce até a foz no Espírito Santo e conseqüentemente o oceano. A enxurrada de rejeito arrastou tudo que estava em seu caminho por, aproximadamente, 120 quilômetros, onde foi contida pela barragem de Candonga. A vegetação ciliar foi arrancada, os cursos d'água foram soterrados e o solo desestruturado. A barragem de Fundão armazenava o rejeito de minério de ferro extraído do Complexo Minerador Germano-Alegria (SAMARCO, 2008).

Em relação aos cursos d'água, esses possuem a capacidade de se auto depurar, ou seja, restabelece o equilíbrio do meio aquático uma vez cessado a perturbação e preservada suas nascentes (SALLA et al., 2013). Para promover a recuperação dos recursos hídricos, além de promover o desassoreamento dos cursos d'água, é desejável que se reduza ao máximo a carga de sedimentos. Neste sentido, é extremamente desejável o reestabelecimento das matas ciliares e demais Unidades de Conservação da bacia.

Por sua vez a recuperação dessa vegetação está diretamente correlacionada à recuperação dos solos (SOUZA, 2004). Nesse contexto, a recuperação das áreas degradadas representa um grande desafio, pois deverão ser elaboradas propostas que sejam tecnicamente executáveis mantendo-se o rejeito na área, uma vez que levantamentos iniciais demonstram ser inviável do ponto de vista técnico, ambiental e financeiro a retirada total do mesmo (CÔRTEZ, 2015). Ademais as áreas afetadas são em sua maioria Áreas de Preservação Permanente que necessitam ser recobertas por vegetação nativa para o devido equilíbrio ambiental.

Áreas de mineração promovem a alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio (SOUZA, 2004). O substrato que ficou depositado na bacia após o rompimento apresenta características que não favorecem o desenvolvimento de plantas, tais como: baixa porosidade, baixa fertilidade e teores elevados de alumínio (SALLA et al., 2013). Porém pouco se sabe sobre o comportamento da vegetação nativa arbórea cultivada sobre esse rejeito.

A escassez de experimentos e pesquisas feitas com rejeitos de mineração utilizando possíveis espécies arbóreas para intensificação da recuperação de áreas degradadas serviu como incentivo para realização desse projeto que teve como objetivo principal avaliar o desenvolvimento da espécie *Guazuma ulmifolia* em diferentes tratamentos com omissão de nutrientes plantadas em rejeito de mineração. Como objetivo específico tem-se a análise nos diferentes tratamentos de omissão de nutrientes no desenvolvimento da espécie em relação à quantificação e sanidade foliar, Área Foliar (AF) e Área Foliar Específica (AFE), além do teor relativo de clorofila.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características importantes e efeitos do último rompimento ocorrido na Bacia do Rio Doce

Lage et al. (2005), relata que o Doce é um rio interestadual, com 875 Km, cuja nascente se localiza na Serra da Mantiqueira no município de Ressaquinha, Minas Gerais, a 1.200 metros de altitude acima do nível do mar onde esta região apresenta clima tropical de altitude com três subtipos: verões frios, nas altas elevações, brandos, nas altitudes médias, e quentes, nas áreas menos elevadas. Seus principais formadores são os rios: Xopotó, Piranga e Carmo.

No mesmo estudo ainda é relatado que o rio recebe o nome de Doce no encontro dos rios Carmo e Piranga, abaixo da cidade de Ponte Nova, Minas Gerais, e sua foz se localiza no município de Linhares, Espírito Santo e constitui a bacia hidrográfica do rio Doce, com uma área de drenagem de 83.400 Km², sendo 86% desta área localizada em Minas Gerais e 14 % no Estado do Espírito Santo. Os principais limites geográficos da bacia são: ao norte, as serras Negra e Aimorés; a oeste, a serra do Espinhaço; a sudoeste e ao sul, a serra da Mantiqueira; a sudeste, a serra do Caparaó; a leste o oceano Atlântico.

Segundo o Laudo Técnico do IBAMA (2015) o rompimento da Barragem de Fundão, localizada no distrito de Bento Rodrigues (Mariana-MG), ocorrido na tarde do dia 05/11/2015, lançou no ambiente, aproximadamente, 35 milhões de m³ de rejeitos de mineração de ferro, sendo 16 carreados pelo rio Doce em direção ao mar. Estes atingiram a barragem de Santarém logo a jusante, causando seu galgamento e forçando a passagem de uma onda de rejeito por 55 km no rio Gualaxo do Norte até desaguar no

rio do Carmo. Neste, os rejeitos percorreram outros 22 km até seu encontro com o rio Doce. Através do curso deste, foram carreados até a foz no Oceano Atlântico, chegando no município de Linhares, no estado do Espírito Santo, em 21/11/2015, totalizando 663,2 Km de corpos hídricos diretamente impactados, exercendo impactos sobre o estuário e região costeira de influência deste recurso hídrico.

O resíduo da barragem classificada como não perigoso e não inerte para ferro e manganês conforme NBR 10.004 provocou, em sua passagem, impactos sobre a vegetação natural e Áreas de Preservação Permanente (APP), a ictiofauna e a qualidade da água, além de evidentes repercussões socioeconômicas (PORTO, 2016; LACAZ et al., 2017; ESPINDOLA, FERREIRA, MIFARREG, 2017).

2.2 Recuperação de áreas degradadas

A recuperação de áreas degradadas pode ser conceituada como um conjunto de ações idealizadas e executadas por equipes multidisciplinares, constituídas por especialistas das mais diferentes áreas, que visa proporcionar, em última instância, o restabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente à atividade degradadora. A abordagem temática é holística, sendo necessário o envolvimento direto e indireto de técnicos das mais diferentes especializações (FERREIRA, 2000).

Miyazaki (2019) através de seus estudos relata que uma área degradada surge quando não são tomadas as medidas mitigadoras adequadas e necessárias ao longo e após as alterações promovidas pelo homem no processo de desestruturação do sistema a que ela pertence, de modo que se torna necessária uma nova intervenção antrópica específica para cessar os efeitos negativos resultantes dessa degradação para tornar a área útil e saudável novamente. A autora introduz também o conceito de que o estado ou estágio de degradação de uma área está ligado diretamente a fatores como o agente degradadores, a intensidade dos fatores de degradação, o período de exposição ao dano e o tipo de ações que provocam ou provocaram a perda, a introdução ou a troca dos componentes, causando o desequilíbrio do sistema ambiental.

Valcarcel e Silva (1997) relatam também que a reabilitação de áreas degradadas deve envolver um conjunto de fatores ambientais, de tal forma que propicie condições para que os processos ambientais sejam similares ao de uma vegetação secundária da

região, tanto nos aspectos hidrológicos, fitossociológico, ciclagem de nutrientes, “construção de solo”, filtragem de radiação solar, umidade, microclima em esofauna dos compartimentos do ecossistema: parte aérea, serapilheira e substrato. O uso da colonização espontânea de espécies vegetais, como variável de amostragem do nível de reabilitação do ecossistema degradado, reflete o grau de acerto da reabilitação do ecossistema degradado, pois as plantas só se estabelecem, sucedendo-se umas às outras, em função das próprias propriedades emergentes que elas mesmas geram no ecossistema: disponibilidade de água, luz, temperatura, matéria orgânica, radiação solar e construção do solo.

2.3 Omissão de nutrientes

Uma maneira rápida e econômica de se conhecer as exigências nutricionais de uma espécie é por meio da técnica do elemento faltante. Essa técnica envolve o crescimento de uma planta sob condições de campo ou casa de vegetação, em que é testado um tratamento completo (com todos os nutrientes necessários em doses adequadas) e uma série de tratamentos, nos quais é feita a omissão de um nutriente de cada vez (MORETTI et al., 2011). Empregando-se a técnica do elemento faltante, pode-se verificar a importância relativa da deficiência de cada nutriente para dada espécie (CHAMINADE, 1972).

Em seu experimento realizado com milheto, Prado e Vidal (2008) tiveram como conclusão que a deficiência de cada nutriente, além de promover diminuição de seu teor na parte aérea, causou desequilíbrio entre os demais nutrientes e, conseqüentemente, alterações traduzidas como sintomas típicos da respectiva deficiência.

Em outro estudo temos que o paricá (*Schizolobium amazonicum*) apresentou comportamento diferenciado na resposta à omissão de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Cu, Fe, Mn e Zn em relação ao tratamento completo. A redução do crescimento em função das omissões dos nutrientes e do Na foi sensivelmente mais evidente para os tratamentos com omissão de N e de Fe. A ausência de Mg, S e Cu e de Na apresentou menor redução na produção de matéria seca na fase inicial de crescimento da planta (MELO et al., 2004).

2.4 Espécie

A espécie *Guazuma ulmifolia* atualmente pertencente à família *Malvaceae* é conhecida popularmente com diversos nomes populares tendo como nomes mais tradicionais o mutambo e o chico-magro (BEZERRA, 2019). Possui ocorrência natural em toda a América Latina (BARBOSA; MACEDO, 1993) e no território brasileiro esta espécie tem abrangência desde a região Amazônica até o Pantanal, com grande abundância, principalmente, no bioma cerrado (RIZZINI, 1979) e em florestas latifoliadas semidecíduas (LORENZI, 1992).

Tem como suas características botânicas a grande altura, visto que a mutambo pode alcançar até 30 metros, porém é considerada uma árvore de pequeno a médio porte com diâmetro de tronco entre 30 e 60 centímetros, composta por folhas de base largas e pontas estreitas (Figura 1) e flores pequenas em tons amarelados com cinco pétalas, perfumadas e tem a floração no início do mês de setembro até novembro e em algumas regiões este período ocorre de janeiro a dezembro. A aparição dos frutos ocorre nos meses de setembro a fevereiro e sua maturação entre agosto a setembro e em algumas regiões essa maturação pode ocorrer entre junho a novembro (CARVALHO, 2007; PAIVA SOBRINHO e SIQUEIRA, 2008; PÉREZ, 2015; CASASOLA, 2015).

Figura 1. Flores e folhas (a), frutos (b) e tronco (c) da *Guazuma ulmifolia*.



Fonte: Projeto Verde.

A espécie é utilizada para fins ornamentais no paisagismo e em uso medicinal. No campo medicinal é usada como anti-inflamatório, antiulcerosa, antimicrobiana, antiviral, laxante e sudorífero, e no tratamento de doenças cutâneas, sífilis, infecções respiratórias e queda dos cabelos (NUNES et al., 2005; GALINHA et al., 2005). De acordo com as partes utilizadas da planta sua aplicação muda. Seu caule é utilizado em tratamentos de alopecia, contusões, asma, queimaduras, parto, tosse, constipação, dermatite, diarreia e emagrecimento. A infusão das cascas para diabetes enquanto os frutos auxiliam no tratamento de diarreia, hemorragia, infecção, cólica uterina e tem

ação antiobesidade. As folhas são utilizadas no combate dos mesmos tratamentos que a casca além de doenças que afetam a pele, rins e fígado. (RAMAKRISHNA, 2014; SINHA, 2014; KUMARI, 2014; ANDRADE-CETTO, 2005; HEINRICH, 2005; BRATTI et al., 2013; ISWANTINI et al., 2011; CARVALHO, 2007).

Economicamente falando o mutambo tem sua madeira utilizada na confecção de carrocerias, em marcenarias, nas caixotarias e na produção de pasta de papel e da casca do tronco tem-se a extração de fibras que são utilizadas na confecção de cordas e tecidos (NUNES et al., 2005).

Uma curiosidade sobre a espécie é que seus frutos quando verdes são consumidos por seus dispersores animais como porco, gado e cavalos e já maduros podem ser comestíveis por humanos, aves e primatas logo é considerada ecologicamente importante para regeneração de ambientes degradados (NUNES et al., 2005).

2.5 Área Foliar – AF

Conforme descrito no Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da EMBRAPA (2005) medir a área foliar de plantas é uma importante ação que permite ao pesquisador obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz, interfere na cobertura do solo, na competição com outras plantas e em várias outras características.

Diversas são as maneiras de se medir a área foliar das plantas, porém muitos métodos são inadequados por serem destrutivos e por depender de aparelhos que só estão disponíveis em laboratórios ou, ainda, por demandarem excessiva mão-de-obra para execução e para tornar mais fácil a obtenção da área foliar, geralmente são desenvolvidas relações matemáticas entre algumas dimensões das folhas e a área foliar total, de forma que a medida desejada possa ser obtida de maneira simples e sem dependência de aparelhos. Essas relações matemáticas já foram estudadas em diversas culturas (ASHLEY et al., 1963; OGA et al., 1994; SILVA et al., 1998; SILVA et al., 2002).

2.6 Área Foliar Específica – AFE

A determinação da área foliar específica, calculada a partir da razão entre área e massa seca foliar, pode ser um parâmetro para quantificar as estratégias de aclimação, principalmente a alocação diferencial de recursos para fotossíntese realizada em decorrência das condições ambientais (EVANS; POORTER, 2001; GÚZMAN, 2013; PINHEIROS et al., 2006; SULTAN, 2004).

Os valores de AFE podem indicar se os organismos preferencialmente utilizam de alternativas conservativas ou aquisitivas para a utilização dos recursos ambientais (LEMOS et al., 2011). A estratégia utilizada pela planta, conservativa ou aquisitiva, é determinada pelas necessidades e condições ambientais (LEMOS et al., 2011; WRIGHT et al., 2004), redistribuindo os recursos nutricionais e tecidos foliares para que os processos de crescimento, reprodução e defesa sejam mais eficientes na situação de estresse ambiental (LAMBERS; PONS; CHAPIN III, 1998).

2.7 Índice SPAD

O Índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) tem sido utilizado como um método alternativo aos procedimentos convencionais para a determinação do teor relativo de clorofila, desta forma é considerado um procedimento prático e de baixo custo, que permite a estimação dos teores de clorofila das folhas de forma rápida, precisa e de não destrutiva (SALLA; RODRIGUES; MARENCO, 2007).

Os valores de SPAD refletem os teores relativos de clorofila e nitrogênio, e são calculados a partir de certa quantidade de luz emitida pelo instrumento medidor e refletida pela folha. Os maiores valores das leituras SPAD são encontrados em folhas novas, por possuírem maior capacidade de síntese de clorofila e maior intensidade de verde (REIS et al., 2006). De acordo com Mendonça et al. (2010), o índice SPAD tem potencial para ser utilizado como indicador de estresse hídrico e nutricional para espécies florestais.

A ferramenta SPAD ainda não é muito utilizada no ramo florestal como fator de indicação para possível espécie de restauração, porém serve como instrumento, que possibilita através da leitura do teor de clorofila relacionar os teores obtidos com o aspecto nutricional da planta. Logo, conhecendo a relação e a importância da interferência do fator nutricional no crescimento de um povoamento se torna possível

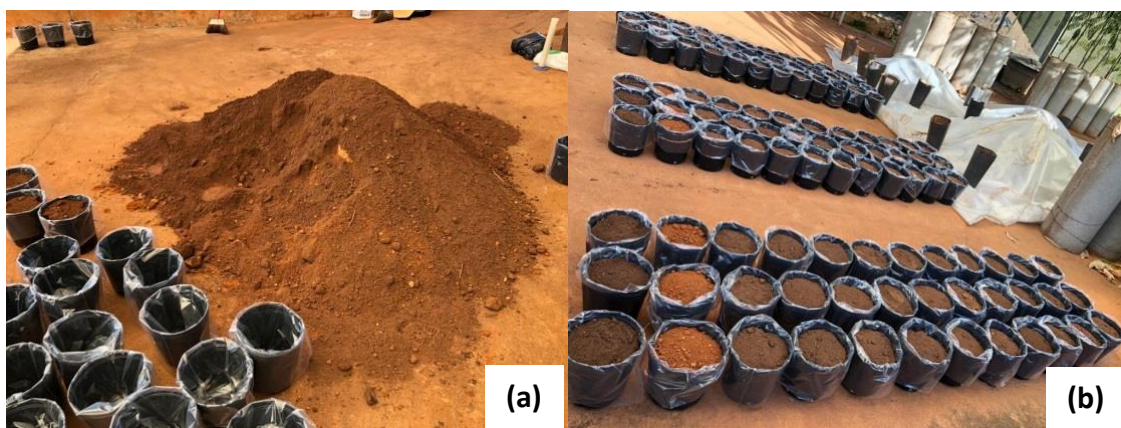
realizar um manejo adequado da área indicando espécies para serem implantadas em áreas de restauração.

Almeida et al. (2011) realizou um teste em alface e observou que as omissões de nutrientes afetaram a variáveis de crescimento e o índice SPAD. Já as omissões de macro nutrientes causaram prejuízos, pois afetaram a nutrição da hortaliça que refletiu em alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência de cada nutriente.

3 MATERIAS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido com a espécie florestal *Guazuma ulmifolia* (mutambo) implantado no dia 13 de março de 2020 (Figura 2), com mudas de 120 dias na casa de vegetação, localizada no Viveiro Florestal do Campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e instalado em delineamento em blocos casualizados, composto por 11 tratamentos, como mostra Tabela 1, por 3 repetições (vasos de 5 L) dentro de cada um dos três blocos. Na sequência foram implantadas as mudas da espécie selecionada.

Figura 2. Procedimento de enchimento dos vasos (a) e organização na casa de vegetação (b).



Fonte: Do autor.

Tabela 1. Tratamentos aplicados no experimento de omissão de nutriente em casa de vegetação.

Tratamento	Descrição
1	Solo da região, não afetado pelo rejeito da mineração
2	Rejeito da mineração
3	Solo+Rejeito (ambos da região de estudo, 1:1)
4	Solo+Rejeito (1:1) + Todos nutrientes e micronutrientes (completo)
5	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Nitrogênio
6	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Fósforo
7	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Potássio
8	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Micronutrientes
9	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Cálcio
10	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Magnésio
11	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Enxofre

Fonte: Do autor.

A partir do tratamento 3 foi utilizada a proporção de 1:1 de Solo+Rejeito, o que significa que o vaso foi preenchido com proporções iguais em volume de rejeito de mineração da barragem rompida em Mariana com a mesma quantidade de solo advindo também da região afetada. A adubação foi feita na implantação do experimento, porém fontes de nitrogênio e fosfatos tiveram suas aplicações divididas em dois momentos, sendo finalizadas após um mês da primeira aplicação. As fontes de micronutrientes foram adicionadas em doses únicas somente no dia 13 de abril de 2020.

O experimento foi montado com um sistema de omissão de nutrientes, no qual cada tratamento receberam os macros e micronutrientes, exceto três (com apenas solo, apenas rejeito e solo+rejeito na proporção 1:1), com o objetivo de verificar o efeito da deficiência de cada nutriente sobre o desenvolvimento da espécie.

No experimento tivemos 3 tratamentos chamados de controle e 8 tratamentos que sofreram omissão de nutrientes, presentes na Tabela 1. Abaixo, segue a Figura a3 com o resultado da análise do solo coletado na área afetada e as Tabelas 2 e 3 com a concentração, onde o número 1 ou 2 na coluna doses refere-se a forma de aplicação de cada fonte de nutrientes, se foi dose única ou dupla.

Figura 3. Resultado da análise do solo da área afetada (a) e (b).


Universidade Federal de Lavras

 Laboratório de Análises de Solo
 Departamento de Ciência do Solo

Nome: SORAYA ALVARENGA BOTELHO

Cidade: Lavras - MG

Endereço: PROPRIEDADE PARTICULAR EM MARIANA - MG

Telefone: 38291422

Bairro:
Município: Mariana - MG

Valor: 433,75

Entrada: 04/04/2018

Saída: 13/04/2018

CEP:

Resultados Analíticos

Protocolo	Identificação Amostra	pH(KCl)	pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al
				---- mg/dm ³ ----			---- cmolc/dm ³ ----			
3281	SOLO AMOSTRA 1	-	4,9	6,92	3,35	6,86	0,22	0,10	0,17	2,71
3282	SOLO AMOSTRA 2	-	4,9	7,94	4,08	7,89	0,22	0,10	0,23	2,27
3283	SOLO AMOSTRA 3	-	4,7	5,90	0,72	6,86	0,19	0,10	0,16	1,96
3284	MISTURA AMOSTRA 1	-	6,2	11,00	3,88	25,45	0,91	0,10	0,02	1,16
3285	MISTURA AMOSTRA 2	-	5,9	11,00	3,74	24,42	0,97	0,10	0,02	1,16

Protocolo	SB	t	T	V	m	M.O.	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	---- cmolc/dm ³ ----			---- % ----		dag/kg	mg/L	---- mg/dm ³ ----					
3281	0,34	0,51	3,05	11,07	33,33	0,63	10,18	1,20	50,29	4,43	21,73	0,03	25,83
3282	0,34	0,57	2,61	13,04	40,35	0,62	11,21	0,62	41,15	3,38	58,26	0,06	22,23
3283	0,31	0,47	2,27	13,44	34,04	0,53	9,19	0,16	40,54	3,18	0,80	0,07	54,54
3284	1,04	1,06	2,20	47,19	1,89	0,49	20,84	0,50	127,68	88,11	24,24	0,10	26,78
3285	1,10	1,12	2,26	48,59	1,79	0,48	24,82	0,51	96,06	77,80	0,84	0,10	26,88

Protocolo	Classificação do Solo	Argila	Siite	Areia	Areia(Grossa)	Areia(Fina)
		---- dag/kg ----				
3281	solo tipo3	56	13	31	-	-
3282	solo tipo3	58	11	31	-	-
3283	solo tipo3	54	15	31	-	-
3284	solo tipo2	32	29	39	-	-
3285	solo tipo2	35	26	39	-	-

 pH em água, KCl e CaCl₂ - Relação 1:2,5

Ca - Mg- Al- Extrator: KCl - 1 mol/L

SB= Soma de Bases Trocáveis

CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

m= Índice de Saturação de Alumínio

P-rem: Fósforo Remanescente

S - Extrator - Fosfato monocalcício em ácido acético

P- Na - K- Fe - Zn- Mn- Cu- Extrador Mehlich 1

H + Al- Extrator: SMP

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

V= Índice de Saturação de Bases

 Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N+ H₂SO₄ 10N

B- Extrator água quente

Solo Tipo 1: Textura Arenosa

Solo Tipo 2: Textura Média

SoloTipo 3: Textura Argilosa

(a)



Universidade Federal de Lavras

Laboratório de Análises de Solo
Departamento de Ciência do Solo



Nome: SORAYA ALVARENGA BOTELHO

Cidade: Lavras - MG

Endereço: PROPRIEDADE PARTICULAR EM MARIANA - MG

Telefone: 38291422

Bairro:

Município: Mariana - MG

Valor: 2.013,50

Entrada: 04/04/2018

Saida: 13/04/2018

CEP:

Resultados Analíticos

Protocolo	Identificação Amostra	pH(KCl)	pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H+Al
				---- mg/dm ³ ----			---- cmolc/dm ³ ----			
3286	MISTURA AMOSTRA 3	-	6,0	12,02	2,96	25,45	1,05	0,10	0,02	1,22
3287	REJEITO AMOSTRA 1	-	8,4	15,08	8,77	27,52	1,31	0,10	0,02	0,56
3288	REJEITO AMOSTRA 2	-	8,3	14,06	9,05	29,59	1,30	0,10	0,02	0,62
3289	REJEITO AMOSTRA 3	-	8,2	17,12	9,21	30,62	1,29	0,10	0,02	0,60
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Protocolo	SB	t	T	V	m	M.O.	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	---- cmolc/dm ³ ----			---- % ----		dag/kg	mg/L	---- mg/dm ³ ----					
3286	1,18	1,20	2,40	49,20	1,67	0,47	25,03	0,41	92,64	66,97	0,91	0,09	34,23
3287	1,45	1,47	2,01	72,07	1,36	0,40	43,76	3,27	131,88	110,99	70,50	0,12	7,81
3288	1,44	1,46	2,06	69,71	1,37	0,51	49,37	0,57	164,92	123,04	0,62	0,13	9,56
3289	1,43	1,45	2,03	70,64	1,38	0,31	44,97	0,65	172,41	134,59	0,47	0,17	7,03
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Protocolo	Classificação do Solo	Argila	Silte	Areia	Areia(Grossa)	Areia(Fina)
		---- dag/kg ----				
3286	solo tipo2	32	27	41	-	-
3287	solo tipo1	9	41	50	-	-
3288	solo tipo1	9	40	51	-	-
3289	solo tipo1	7	33	60	-	-
-	-	-	-	-	-	-

pH em água, KCl e CaCl₂ - Relação 1:2,5

Ca - Mg - Al- Extrator: KCl - 1 mol/L

SB= Soma de Bases Trocáveis

CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

m= Índice de Saturação de Alumínio

P-rem: Fósforo Remanescente

S - Extrator - Fosfato monocalcário em ácido acético

P- Na - K- Fe - Zn- Mn- Cu- Extrador Mehlich 1

H + Al- Extrator: SMP

CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

V= Índice de Saturação de Bases

Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N+ H₂SO₄ 10N

B- Extrator água quente

Solo Tipo 1: Textura Arenosa

Solo Tipo 2: Textura Média

SoloTipo 3: Textura Argilosa

(b)

Fonte: Do autor.

A coleta do solo e do rejeito foi feita pela Fundação Renova. O rejeito coletado foi exatamente em um dos pontos de maior concentração, em uma área bastante afetada e já o solo foi coletado em um local próximo da região afetada.

A partir do material cedido pela Fundação Renova foi retirado amostras para realização de análises químicas e de fertilidade conforme visto acima na Figura 3, que é o resultado da análise química do solo, da mistura solo e rejeito e somente do rejeito da região de Mariana – MG.

Tabela 2. Distribuição dos macronutrientes nos tratamentos.

(continua)

Tratamento	Descrição	Composto	Concentração (g/dose)	Doses
1	Solo da região, não afetado pelo rejeito da mineração	-	-	-
2	Rejeito da mineração	-	-	-
3	Solo+Rejeito (ambos da região de estudo, 1:1)	-	-	-
4	Solo+Rejeito (1:1) + Todos nutrientes e micronutrientes (completo)	Fosfato de Amônio	5.4	2
		Sulfato de Amônio	4.6	2
		Ureia	10.8	2
		Nitrato de Magnésio	14.4	1
		Micronutrientes*		
5	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Nitrogênio	Fosfato de Amônio	2.8	2
		Fosfato de Sódio	17.1	2
		Sulfato de Magnésio	6.9	1
		Sulfato de Cálcio	3.6	1
		Sulfato de Potássio	3.9	1
		Micronutrientes*		
6	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Fósforo	Sulfato de Amônio	4.4	2
		Ureia	9.9	2
		KCl	6.3	2
		Nitrato de Cálcio	19.8	1
		Nitrato de Magnésio	7.2	1
Micronutrientes*				
7	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Potássio	Fosfato de Amônio	15.3	2
		Sulfato de Amônio	4.6	2
		Ureia	8.1	2
		Nitrato de Magnésio	7.2	1
		Micronutrientes*		

Tabela 2. Distribuição dos macronutrientes nos tratamentos.

Tratamento	Descrição	Composto	Concentração (g/dose)	(conclusão)
				Doses
8	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Micronutrientes	Fosfato de Amônio	10.8	2
		Sulfato de Amônio	9.3	2
		Ureia	21.6	2
		Nitrato de Magnésio	14.4	1
9	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Cálcio	Fosfato de Amônio	25.2	2
		Sulfato de Amônio	4.6	2
		Ureia	5.4	2
		KCl	6.3	2
		Nitrato de Magnésio Micronutrientes*	7.2	1
10	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Magnésio	Fosfato de Amônio	5.4	2
		Sulfato de Amônio	4.6	2
		Ureia	11.7	2
		Micronutrientes*		
11	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Enxofre	Fosfato de Amônio	5.4	2
		Ureia	13.1	2
		Nitrato de Magnésio	7.2	1
		Micronutrientes*		

*A especificação das fontes e quantidades de micronutrientes que foram adicionados, está presentes na Tabela 3.

Fonte: Do autor.

Conforme pode ser observado na Tabela 3, as fontes dos micronutrientes não foram utilizadas nos tratamentos 1, 2, 3 e 8. Neste último tratamento (8) tivemos a presença somente dos macronutrientes, em dose única ou dupla.

Tabela 3. Distribuição dos micronutrientes nos tratamentos.

Tratamentos	Descrição	Composto	Concentração (mg)/dose	Doses
4, 5, 6, 7, 9, 10 e 11	Micronutrientes	Ácido Bórico	45	1
		Cloreto de Cobre	45	1
		Cloreto de Ferro	45	1
		Molibdato de amônio	45	1
		Sulfato de Zinco	45	1

Fonte: Do autor.

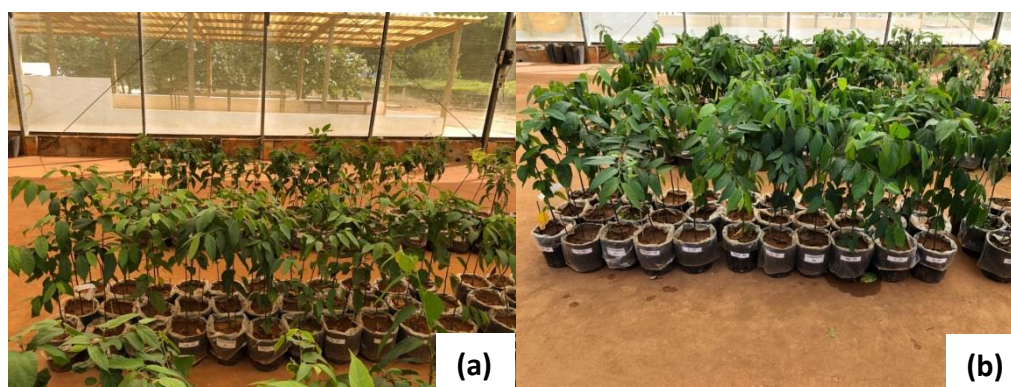
A Figura 4 mostra a dosagem de nutrientes realizada com auxílio de balança de precisão. Já a Figura 5 indica a disposição dos vasos organizados em linhas com três repetições dentro de cada bloco alocados de forma paralela entre si.

Figura 4. Medição dos nutrientes para serem aplicados no composto.



Fonte: Do autor.

Figura 5. Vasos dispostos na casa de vegetação (a) e (b).



Fonte: Do autor.

A coleta dos dados, de altura total (Figura 6) utilizando uma fita métrica e diâmetro do coleto com um paquímetro, foi feita durante todo o período de

experimento, do dia 13 de março a 09 de novembro de 2020, sendo realizadas quinzenalmente. Entretanto os dados mensurados somente no dia 09 de novembro foram utilizados nas análises, onde as mudas estavam com 331 dias, aproximadamente 11 meses de desenvolvimento.

Figura 6. Mensuração dos dados de altura e diâmetro.



Fonte: Do autor.

As avaliações com o SPAD (Figura 7) foram realizadas em três folhas por planta e tiveram início em 11 de maio de 2020 onde as mudas estavam com 149 dias, aproximadamente 5 meses. Foram contempladas as seguintes condições das folhas: sadia, com necrose e com clorose em cada repetição dos 11 tratamentos. As avaliações com o SPAD foram realizadas quinzenalmente até o dia 09 de novembro de 2020.

Figura 7. Mensuração com a ferramenta SPAD em uma folha saudável.



Fonte: Do autor.

Os dados serão submetidos à Análise de Variância (ANOVA), considerando o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas no tempo e

empregando o teste de Scott-Knott para comparação de médias a 95% de probabilidade. As análises estatísticas serão processadas com o auxílio do SISVAR (FERREIRA, 2008). Esta análise será possível apenas para as folhas saudáveis, pois os dados de folhas com necrose e/ou com clorose não aconteceram em todas as plantas gerando dados desbalanceados.

Pensando em gerar um valor comparativo do índice SPAD que englobasse todas as condições de folhas, será considerado um valor ponderado para cada planta de dada repetição, de cada tratamento, em cada bloco e por data de medição. Essa ponderação será realizada pelo número de folhas em cada condição, de acordo com a fórmula que se segue.

$$IS_{pond} = \frac{(IS_s \times NF_s) + (IS_c \times NF_c) + (IS_n \times NF_n)}{NF_s + NF_c + NF_n}$$

Em que,

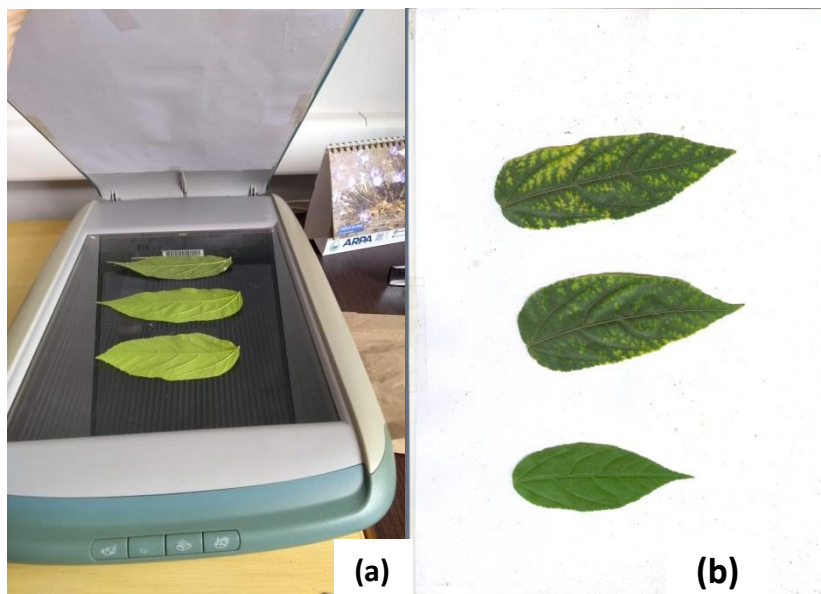
IS_{pond} : índice SPAD ponderado; IS: índice SPAD para cada condição de folhas saudáveis (s), com clorose (c) ou com necrose (n) e NF indica o número de folhas pelas mesmas condições supracitadas.

Estes dados também serão submetidos à Análise de Variância (ANOVA), considerando o delineamento em blocos casualizado com parcelas subdivididas no tempo e empregando o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para a determinação da área foliar específica (AFE), foram utilizadas as mesmas folhas mensuradas pela ferramenta SPAD. Após a coleta em campo as amostras foram levadas para o laboratório, seguindo o protocolo de Determinação de Área Foliar Específica do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF, 2012). Com apoio de uma impressora, foram digitalizadas em formato .jpg com resolução de 300 DPI (Figura 8). Os nomes dos arquivos seguiram uma sequência lógica para facilitar o processamento. A Área Foliar (AF) foi calculada com o auxílio do pacote leafArea (KATABUCHI, 2015) no software R (versão 3.5.0) e em seguida calculamos a AFE ($m^2/kg-1$) com auxílio da fórmula abaixo.

$$AFE = \left(\frac{AF}{10000}\right) / \left(\frac{Peso Seco}{1000}\right)$$

Figura 8. Folhas do mutambo sendo escaneadas (a) e folhas já digitalizadas (b).



Fonte: Do autor.

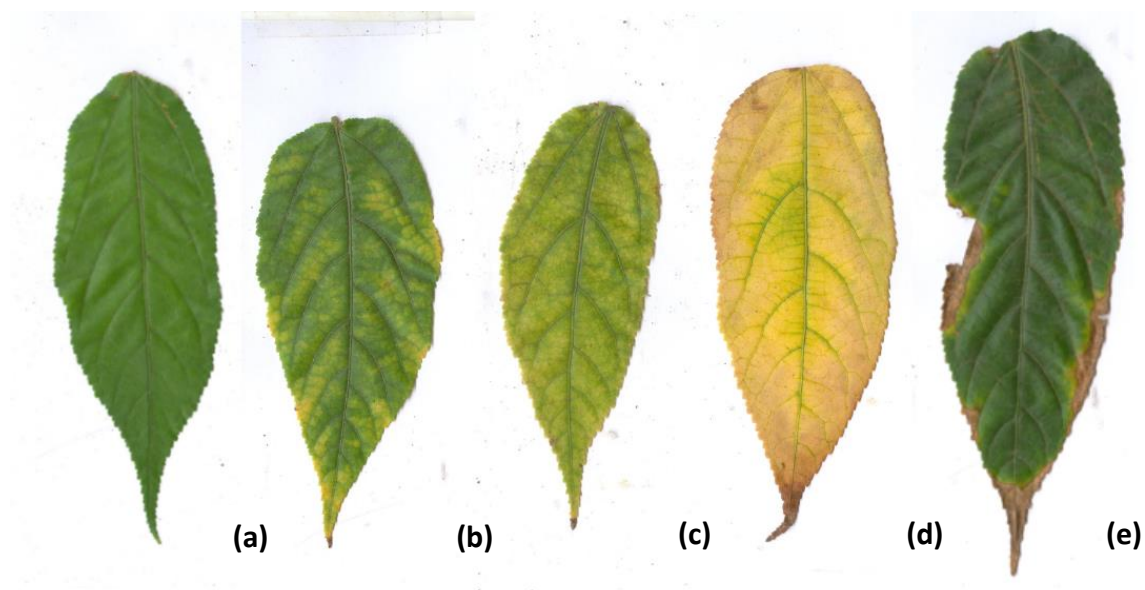
Os dados de AFE foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), considerando o delineamento em blocos casualizados e empregando o teste de Scott-Knott, para comparação de médias a 95% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve mudas de *Guazuma ulmifolia* com clorose, necrose e mortas, além das saudáveis (Figura 9). Conforme a Tabela 6 o desenvolvimento eficiente em tratamentos com a omissão dos nutrientes como o de enxofre, completo e cálcio. Já em tratamentos com 100% solo de mineração, 50% rejeito + 50% solo de mineração e omissão dos micronutrientes tiveram médias inferiores.

Conforme pode ser visto nas Tabelas 4 e 5 os tratamentos foram significativos, dessa forma temos que pelo menos um dos tratamentos de omissão de nutrientes apresentou sensibilidade em relação aos dados mensurados de altura e diâmetro.

Figura 9. Fitossanidade das folhas. (a) Sadia, (b) Clorose, (c) Clorose, (d) Clorose + Necrose e (e) Clorose+Necrose.



Fonte: Do autor.

Tabela 4. ANAVA referente aos dados mensurados de altura.

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	10	7191.297980	719.129798	4.224	0.0001
Bloco	2	379.641414	189.820707	1.115	0.3326
Erro	86	14642.247475	170.528692		
Total corrigido	98	22213.186869			
CV (%)	11.06				

Fonte: Do autor.

Tabela 5. ANAVA referente aos dados mensurados de diâmetro.

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	10	46.774141	4.677414	4.798	0.0000
Bloco	2	2.008687	1.004343	1.030	0.3613
Erro	86	83.844646	0.974938		
Total corrigido	98	132.627475			
CV (%)	8.48				

Fonte: Do autor.

Tabela 6. Médias de altura e diâmetro para a espécie com oito meses de experimento no viveiro, no dia 09 de novembro de 2020.

Tratamento	Descrição	<i>Guazuma ulmifolia</i>	
		Média da altura total (cm)	Média do diâmetro do coleto (mm)
1	Solo (solo não afetado da região)	102.45 a	10.57 a
2	Rejeito da mineração	111.56 a	11.98 b
3	Solo+Rejeito (ambos da região afetada, 1:1)	110.56 a	11.04 a
4	Solo+Rejeito (1:1) + Todos nutrientes e micronutrientes (completo)	121.67 b	11.94 b
5	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Nitrogênio	115.78 a	12.51 b
6	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Fósforo	122.67 b	11.24 a
7	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Potássio	116.33 a	12.14 b
8	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Micronutrientes	112.11 a	10.69 a
9	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Cálcio	130.06 b	12.73 b
10	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Magnésio	132.78 b	11.32 a
11	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Enxofre	122.33 b	11.98 b

As médias seguidas da mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

Através da última mensuração foi possível quantificar o número médio de folhas por tratamento, diante da sua condição de fitossanidade (Tabela 7). A condição de médias de folhas com necrose afetou diretamente o tratamento com omissão de cálcio, enquanto o com clorose não foi presente apenas nos tratamentos com omissão de fósforo e cálcio.

Como foi utilizado o número médio de folhas por tratamento utilizou-se somente os dados mensurados no dia 09 de novembro de 2020.

Tabela 7. Média e porcentagem de folhas da espécie *Guazuma ulmifolia* com oito meses de experimento no viveiro, no dia 09 de novembro de 2020.

(continua)

Tratamento	Descrição	Média de folhas saudáveis	Folhas saudáveis (%)	Média de folhas com clorose	Folhas com clorose (%)	Média de folhas com necrose	Folhas com necrose (%)
1	Solo (solo da região não afetado)	44	80	11	20	0	0
2	Rejeito da mineração	61.3	94.9	3.3	5.1	0	0
3	Solo+Rejeito (ambos da região afetada, 1:1)	74.7	96.5	2.7	3.5	0	0
4	Solo+Rejeito (1:1) + Todos nutrientes e micronutrientes (completo)	78.3	97.9	1.7	2.1	0	0
5	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Nitrogênio	73.7	93.6	5	6.4	0	0
6	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Fósforo	74.7	100	0	0	0	0
7	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Potássio	96.7	97.3	2.7	2.7	0	0
8	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Micronutrientes	100.3	86.8	15.3	13.2	0	0
9	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Cálcio	95	98.6	0	0	1,33	1.4
10	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Magnésio	83.7	98.8	1	1.2	0	0

Tabela 7. Média e porcentagem de folhas da espécie *Guazuma ulmifolia* com oito meses de experimento no viveiro, no dia 09 de novembro de 2020.

(conclusão)							
Tratamento	Descrição	Média de folhas saudáveis	Folhas saudáveis (%)	Média de folhas com clorose	Folhas com clorose (%)	Média de folhas com necrose	Folhas com necrose (%)
11	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Enxofre	78.3	97.1	2.3	2.9	0	0

Fonte: Do autor.

Na Tabela 9, após realizar somente na condição saudável das folhas o teste de Scott-Knott (Tabela 8), foi possível observar que os tratamentos solo, rejeito, solo+rejeito e omissão do nutriente nitrogênio diretamente ligado à composição de aminoácidos e proteínas, constituinte de macromoléculas e enzimas apresentaram médias inferiores referentes aos demais tratamentos se tratando apenas das folhas saudáveis. Já os tratamentos com omissão dos nutrientes como o de fósforo, potássio, cálcio, enxofre, magnésio, completo e de micronutrientes apresentam melhores médias comparados aos demais.

Tabela 8. ANAVA referente aos dados de folhas saudáveis.

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	10	19360.222222	19360.222222	2.949	0.0031
Bloco	2	5542.080808	2771.040404	4.221	0.0178
Erro	86	56452.141414	656.420249		
Total corrigido	98	81354.444444			
CV (%)	33.47				

Fonte: Do autor

Tabela 9. Média das folhas saudáveis da espécie *Guazuma ulmifolia* com oito meses de experimento no viveiro, no dia 09; de novembro de 2020.

(continua)

Tratamentos	Médias
Solo	45.56 a
Rejeito	63.22 a
Solo+Rejeito	64.56 a
N	71.33 a
P	76.89 b
S	76.89 b
Mg	85.11 b
Completo	85.22 b
Micro	85.89 b

Tabela 10. Média das folhas saudáveis da espécie *Guazuma ulmifolia* com oito meses de experimento no viveiro, no dia 09; de novembro de 2020.

Ca	90.89 b
K	96.56 b

(conclusão)

As médias seguidas da mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

Em relação aos dados obtidos referentes à área foliar específica (AFE), notou-se que o teste não teve significância conforme a Tabela 10 logo, os diferentes tipos de tratamentos não afetou diretamente o AFE, visto que as médias permanecem em um intervalo, conforme visto na Tabela 11.

Tabela 10. ANAVA dos dados de AFE.

Tabela de análise de variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	10	48.360.073	4836007	1.282	0.3041
Bloco	2	12456915	6228454	1.651	0.2170
Erro	20	75453818	3772691		
Total corrigido	32	136270806			
CV (%)	10.89				

Fonte: Do autor.

Tabela 11. Média dos valores obtidos referentes à AFE da espécie *Guazuma ulmifolia* com oito meses de experimento no viveiro, no dia 09 de novembro de 2020.

Tratamentos	Médias
Solo	19.89 a
Rejeito	18.71 a
Solo+Rejeito	20.31 a
N	17.63 a
P	16.43 a
S	17.63 a
Mg	17.00 a
Completo	17.44 a
Micro	16.66 a
Ca	17.42 a
K	17.08 a

As médias seguidas da mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

Foi possível notar que a espécie *Guazuma ulmifolia* teve bom desempenho em seu desenvolvimento durante o experimento (Tabela 6) e quando analisamos os dados da ferramenta SPAD nas folhas com condição saudável, através da análise dos dados feitas no teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade observou-se que apenas uma interação, a dos blocos não apresentou significância logo, podemos concluir que mesmo se tivéssemos mais blocos no experimento, mais tempo de mensuração e dias de experimento no viveiro o resultado obtido seria o mesmo.

Vale ressaltar que a interação tratamentos e data de mensuração foi significativa. Dessa forma notamos que alguns tratamentos com passar do tempo sofreram algumas mudanças. Essa variabilidade pode ser observada na Tabela 12 abaixo, onde a partir de certa data, o tratamento começa a se comportar de forma mais uniforme logo, é possível obter uma faixa de valores obtidos com o uso da ferramenta SPAD em folhas classificadas com saudáveis.

Tabela 11. Dados obtidos pela análise dos dados feitos utilizando o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade da interação tratamento x tempo para a espécie *Guazuma ulmifolia* no intervalo de 11 de maio a 09 de novembro de 2020.

Tratamento	Datas de mensuração													
	11/05/2020	25/05/2020	08/06/2020	22/06/2020	08/07/2020	20/07/2020	03/08/2020	19/08/2020	02/09/2020	14/09/2020	28/09/2020	16/10/2020	28/10/2020	09/11/2020
Solo	48.78 a	46.07 a	47.78 a	46.49 a	39.96 a	44.77 a	44.77 a	44.17 a	42.45 a	42.97 a	44.38 a	42.74 a	41.95 a	43.17 a
Rejeito	47.83 a	48.21 a	45.33 a	43.84 a	41.94 a	41.26 a	41.26 a	43.74 a	44.97 a	44.04 a	44.27 a	41.98 a	38.21 a	39.65 a
Solo+Rejeito	48.6 a	48.56 a	47.56 a	49.48 a	48.37 b	48.42 b	48.42 b	47.74 a	50.03 b	47.73 a	47.38 a	44.68 a	41.66 a	39.54 a
N	45.95 a	45.67 a	44.87 a	46.02 a	46.23 b	42.91 a	42.91 a	44.90 a	43.19 a	43.59 a	44.39 a	43.78 a	37.90 a	41.70 a
P	47.16 a	48.76 a	46.55 a	51.27 a	47.94 b	48.48 b	48.48 b	45.20 a	46.02 a	46.75 a	48.17 a	49.10 b	49.11 b	47.20 b
S	47.16 a	46.86 a	45.76 a	49.39 a	51.97 b	49.09 b	49.09 b	51.27 b	52.14 b	51.93 b	51.60 b	50.81 b	45.99 b	49.06 b
Mg	47.03 a	47.46 a	49.00 a	48.17 a	46.80 b	49.70 b	49.70 b	50.22 b	50.11 b	52.46 b	51.47 b	52.98 b	46.16 b	49.63 b
Completo	46.68 a	47.65 a	48.56 a	48.83 a	49.43 b	50.22 b	50.22 b	53.75 b	50.09 b	52.06 b	51.56 b	52.40 b	50.11 b	49.33 b
Micro	48.99 a	48.55 a	48.85 a	49.86 a	51.01 b	48.85 b	48.85 b	48.29 a	53.36 b	52.44 b	54.94 b	53.23 b	44.78 b	45.16 a
Ca	46.46 a	44.15 a	48.63 a	46.98 a	49.10 b	49.84 b	49.84 b	47.23 a	52.31 b	51.70 b	53.29 b	46.12 a	48.86 b	49.39 b
K	47.98 a	49.31 a	49.18 a	51.15 a	51.21 b	47.99 b	48.00 b	49.76 b	51.25 b	52.68 b	53.29 b	52.83 b	48.18 b	50.32 b

As médias seguidas da mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

Através da avaliação feita utilizando como base as médias obtidas nas mensurações (Tabela 13) obtiveram-se valores de folhas saudáveis mensurados entre o intervalo médio de 43 a 51, folhas com clorose entre 21 a 29 e com necrose entre 31 a 42 além de baixa concentração de perda das folhas, comparando a média das folhas na primeira mensuração até a data final do experimento.

Tabela 12. Dados mensurados com a ferramenta SPAD para a espécie *Guazuma ulmifolia* no intervalo de 11 de maio a 09 de novembro de 2020.

Tratamento	Descrição	Média do SPAD Saudável	Média do SPAD com clorose	Média do SPAD com necrose
1	Solo (solo da região não afetado)	44	25.4	31.4
2	Rejeito da mineração	43.2	21.1	35.7
3	Solo+Rejeito (ambos da região afetada, 1:1)	46.7	21.1	34
4	Solo+Rejeito (1:1) + Todos nutrientes e micronutrientes (completo)	50.2	28.1	38.7
5	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Nitrogênio	46.5	23.1	31.5
6	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Fósforo	47.7	26.5	41.5
7	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Potássio	50.9	26	41.7
8	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Micronutrientes	50.1	28.5	36.3
9	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Cálcio	49.7	22.4	41
10	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Magnésio	50.6	25.4	37.2
11	Solo+Rejeito (1:1) + Omissão de Enxofre	50.1	28.8	38.8

Fonte: Do autor.

Abaixo na Tabela 14 temos a análise feita para o SPAD Ponderado utilizando as mensurações coletas em folhas saudáveis. Podemos observar que após a análise todas as interações foram não significativas logo, o tempo de experimento, tempo de mensuração

dos dados não afetaram as médias finais que conforme pode ser visto não variaram com aumento de dias de experimento.

Tabela 13. Dados obtidos pela análise dos dados feitos utilizando o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade do SPAD Ponderado para a espécie *Guazuma ulmifolia* no intervalo de 11 de maio a 09 de novembro de 2020.

Tratamento	Datas de mensuração													
	11/05/2020	25/05/2020	08/06/2020	22/06/2020	08/07/2020	20/07/2020	03/08/2020	19/08/2020	02/09/2020	14/09/2020	28/09/2020	16/10/2020	28/10/2020	09/11/2020
Solo	43.61 a	44.25 a	42.23 a	44.60 a	38.32 a	40.81 a	40.27 a	37.06 a	36.29 a	36.71 a	38.03	32.50 a	32.91 a	30.62 a
Rejeito	46.91 a	47.46 a	42.84 a	42.24 a	41.77 a	39.88 a	42.10 a	42.16 a	42.30 a	41.73 a	39.71 a	36.78 a	37.46 a	36.66 a
Solo+Rejeito	47.13 a	38.75 a	38.68 a	48.41 a	44.42 a	41.87 a	41.50 a	43.88 a	43.98 a	42.06 a	42.56 a	34.57 a	35.05 a	32.38 a
N	44.52 a	42.67 a	42.80 a	43.50 a	44.51 a	40.26 a	42.67 a	41.94 a	41.10 a	41.13 a	39.28 a	28.85 a	34.93 a	32.20 a
P	43.26 a	20.50 a	42.80 a	48.94 a	46.17	45.13 a	41.86 a	42.55 a	40.18 a	45.06 a	45.79 a	44.79 a	45.58 a	43.95 a
S	36.94 a	35.28 a	31.75 a	37.29 a	41.46 a	41.79 a	42.40 a	41.04 a	41.31 a	42.11 a	48.90 a	43.96 a	47.48 a	49.76 a
Mg	42.95 a	38.96 a	36.51 a	39.51 a	45.33 a	42.80 a	46.39 a	47.87 a	46.55 a	49.98 a	48.28 a	41.08 a	43.06 a	49.09 a
Completo	36.40 a	34.53 a	30.70 a	33.94 a	34.23 a	47.40 a	46.73 a	47.87 a	49.57 a	50.54 a	50.70 a	43.66 a	46.11 a	45.65 a
Micro	36.97 a	40.39 a	45.29 a	45.89 a	48.94 a	43.21 a	44.76 a	47.17 a	45.67 a	47.39 a	47.50 a	39.60 a	35.78 a	40.40 a
Ca	38.61 a	38.13 a	31.99 a	37.50 a	47.00 a	46.87 a	46.06 a	45.80 a	48.78 a	47.09 a	43.15 a	32.88 a	42.00	50.06 a
K	42.21 a	45.93 a	46.51 a	46.37 a	47.15 a	43.56 a	39.91 a	48.21 a	48.72 a	49.40 a	51.02 a	45.13 a	48.31 a	46.90 a

As médias seguidas da mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor.

De forma geral pode-se notar que após a realização da análise dos estudos tendo como fonte os dados mensurados, que alguns tratamentos de omissão de nutrientes foram afetados diretamente. A análise nos diferentes tratamentos de omissão de nutrientes no desenvolvimento da espécie em relação à quantificação teve piores médias obtidas nos tratamentos solo, rejeito, Solo+Rejeito e omissão do nutriente nitrogênio e melhores médias nos tratamentos de omissão de fósforo, potássio, cálcio, enxofre, magnésio, completo e de micronutrientes. Quando analisamos a sanidade foliar das mudas encontramos condições saudáveis, com clorose e com necrose onde quando se analisado as médias de números de folhas os tratamentos de omissão, a condição com necrose foi encontrada no nutriente cálcio e a condição com presença de clorose só não foi diagnosticada nos tratamentos de fósforo e cálcio. Vale ressaltar que quando realizamos o estudo das médias nenhum tratamento de omissão apresentou porcentagens nas três condições simultaneamente.

Para testarmos o uso da ferramenta SPAD na espécie *Guazuma Ulmifolia* cuja finalidade foi compreender através dos testes realizados a relação e a importância da interferência do fator nutricional no crescimento de um povoamento é possível verificar que os valores obtidos nas médias possuem uma sensibilidade para a variação de tratamentos e também para a condição de fitossanidade da folha. Outro fator importante foi o tempo de dias de experimentos, consequentemente os dias de mensuração onde foi visível que em alguns tratamentos, com passar dos dias, apresentaram alterações nas médias. Dessa forma, obtiveram-se faixas de valores de folhas saudáveis mensurados entre o intervalo médio de 43 a 51, folhas com clorose entre 21 a 29 e com necrose entre 31 a 42 além de baixa concentração de perda das folhas, comparando a média das folhas na primeira mensuração até a data final do experimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da espécie *Guazuma Ulmifolia* em diferentes tratamentos com omissão de nutrientes em rejeito de mineração obteve uma variabilidade de crescimento em altura e diâmetro e principalmente referente a sanidade foliar. Desta forma, concluímos que os tratamentos com 100% solo de mineração, 50% rejeito + 50% solo de mineração e omissão dos micronutrientes apresentaram maior influência da omissão dos nutrientes. Quando se observado a média das folhas saudáveis observou que os tratamentos 100% solo de mineração, 100% lama, 50% rejeito + 50% solo de

mineração e omissão do nitrogênio foram mais afetados pela omissão. O uso do indicador AFE não obteve resultados significativos, logo não teve influência direta. Enquanto a ferramenta SPAD em todos os testes feitos possuiu uma sensibilidade para a variação de tratamentos e também para a condição de fitossanidade da folha, se ela encontra-se saudável, com necrose e/ou com clorose.

Vale ressaltar que o uso da ferramenta SPAD demonstrou valores inferiores nos tratamentos 100% solo de mineração, 100% lama, 50% rejeito + 50% solo de mineração, assim estes tratamentos tiveram uma influência direta da omissão dos nutrientes. Portanto, identificamos que a aplicação dos nutrientes, a omissão dos nutrientes foi significativa quando se analisado todos os índices utilizados, assim é indicado para utilização da espécie uma adubação que possua uma boa concentração dos macro e micronutrientes visto que no local se encontram em deficiência.

5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, T.B.F.; PRADO, R.M.; CORREIA, M.A.R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J.C.. **Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes.** *Revista Biotemas*, 10 P, junho de 2011.
- ANDRADE-CETTO, A.; HEINRICH, M. **Mexican plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes.** *Journal of Ethnopharmacology*, v99, n3, p.325-348, 2005.
- ASHLEY, D.A.; DOSS, B.D.; BENETT, O.L. **A method of determining leaf área in cotton.** *Agronomy Journal*, v. 55, p. 584-585, 1963.
- BARBOSA, J.M.; MACEDO, A.C. **Essências florestais nativas de ocorrência no Estado de São Paulo: informações técnicas sobre sementes, grupo ecológico, fenologia e produção de mudas.** São Paulo: Instituto de Botânica e Fundação Florestal, p.125, 1993.
- BEZERRA, J. P. **Efeitos do extrato etanólico dos frutos de *Guazuma ulmifolia* Lam. no modelo animal de artrite gotosa.** 2019. 65 f. Monografia (Graduação em Farmácia) - Escola de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- BRATTI, C.; VIEIRA, M.C.; ZÁRETE, N.A.H.; OLIVEIRA, A.P.A.; MARAFIGA, B.G.; FERNANDES, S.S.L. **Levantamento de Plantas Mediciniais Nativas da Fazenda Azulão em Dourados-MS.** *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.15, n.4, supl.1, p.675-683, 2013.
- CARVALHO, P. E. R. **Circular Técnica 141 – Mutamba – *Guazuma ulmifolia*. Embrapa Florestas.** Colombo, PR. Novembro, 2007.

CHAMINADE, R. **Recherches sur fertilité et la fertilisation des sols dans les regions tropicales**. Agronomie, Paris, v. 27, n. 9, p. 8891-8904, 1972.

CÔRTEZ, P. L., **As lições do desastre ambiental de Mariana – Seminário Desastre Ambiental da Samarco: Impactos e Recuperação**. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/noticias/desastre-ambiental-de-mariana>; Acesso: set 2021.

DIAS, C. A. *et al.* **Impactos do rompimento da barragem de Mariana na qualidade da água do rio Doce**. Revista *Espinhaço* | UFVJM, [S.l.], p. 21-35, aug. 2018. ISSN 2317-0611.

EMBRAPA ALGODÃO. **Método para Determinação da Área Foliar da Mamoneira por Liv Soares Severino e outros**. Campina Grande, 2005. 20p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55). 1.Mamona - Medidas Foliares. I. Severino, L.S. II.Cardoso, G.D. III. Vale, L.S. do. IV. Santos, J.W. dos. V. Título. VI. Série.

EVANS, J. R.; POORTER, H. **Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain**. *Plant, Cell & Environment*, v. 24, n. 8, p. 755–767, 2001.

FERREIRA, C. A.G. **Recuperação de áreas degradadas**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.127-130, jan./fev. 2000.

FERREIRA, D. F. **SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística**. Revista *Symposium* (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.

GALINA, K. J.; SAKURAGUI, C. M.; ROCHA, J. C. B.; LORENZETTI, E.R.; MELLO, J. C. P. de. **Contribuição ao estudo farmacognóstico da mutamba (*Guazuma ulmifolia* – Sterculiaceae)**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) – Pós-graduação em ciências farmacêuticas – Campus de 42, Araraquara, SP; Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Biologia & Pós-graduação em ciências farmacêuticas, PR. *Acta Farm. Bonaerense* v. 24, n. 2 , p. 225-233, 2005.

GUZMÁN, L. C., BAKKER, Y. V.; RODRIGUES, A. C. **Convergência de Atributos Funcionais e Plasticidade Fenotípica entre diferentes Fitofisionomias dos Cerrados**. *Ecologia*, São Paulo: UNICAMP, p. 111–124, 2013.

IBAMA. 2015. **Laudo Técnico Preliminar**. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf. Acesso em: out 2021.

ISWANTINI, D.; SILITONGA, R. F.; MARTATILOFA, E.; DARUSMAN, L. K. **Zingiber cassumuna, Guazuma ulmifolia, and Murraya paniculata extracts as antiobesity : In vitro inhibitory effect on pancreatic lipase activity**. Biopharmaca Research Center, Bogor Agricultural University, Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16151, Indonesia. Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Bogor Agricultural University, Darmaga Campus, Bogor, 16680, Indonesia. *HAYATI Journal of biosciences*, v. 18, n. 1, p. 6-10, 2011.

LACAZ FAC, PORTO MFS, PINHEIRO TMM. 2017. **Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco**. Revista *Brasileirade Saúde Ocupacional*.42(9): 1-12.

- LAGE, M. R.; CUPOLILLO, F.; ABREU, M. L. **Aspectos climáticos da bacia do rio Doce**. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, XI, 2005, São Paulo.
- LAMBERS, H.; PONS, T. L.; CHAPIN III, F. S. **Plant physiological ecology**. 2. ed. Nova Iorque: *Springer*, 1998.
- LEMOS, P. *et al.* **Folhas caras ou baratas? Estratégias de aquisição e uso de recursos de uma hemiepífita**. Prática da pesquisa Ecologia da Mata Atlântica, São Paulo, Universidade de São Paulo, 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2ªEd. Nova Odessa: *Plantarum*, 1992.
- MARENCO, R.A. & LOPES, N.F. 2005. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa-MG, *Editora UFV*. 451p.
- MARQUES, T. C. L. L. S. M., CARVALHO, J. G., LACERDA M. P. C. L., MOTA P. E. F. **Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva**. CERNE [en linea]. 2004, 10 (2), 184-195. ISSN: 0104-7760.
- MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G. **Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a estresse salino**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 255-267, 2010.
- MIYAZAKI, S. L. **Recuperação de áreas degradadas**. Brasil, *Editora Senac* São Paulo, 188p., 2019.
- MORETTI, B.S.; NETO, A.E.F.; PINTO, S.I.C.; FURTINI, I.V.; MAGALHÃES, C.A.S. **Crescimento e Nutrição mineral de mudas de Cedro australiano (*Toona Ciliata*) sob omissão de nutrientes**. Cerne, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453-463, out./dez. 2011.
- NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, M.; SANTOS, R. M.; DOMINGUES, E. B.S. ; ALMEIDA, H. S.; GONZAGA, A. P. D. **Atividades fenológicas de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) em uma floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais**. Laboratório de Ecologia e Propagação Vegetal - Departamento de Biologia Geral, Universidade Estadual de Montes Claros, MG, Brasil. Revista: *Lundiana*, p. 99-105, 2005.
- OGA, F.M.; FONSECA, C.E.L. **Um método rápido para estimar área foliar em mudas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* D.C.)**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 29, n. 4, p. 571-577, abr. 1994.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetal**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 33 p. (Boletim Técnico, 114).
- PINHEIROS, T. F. *et al.* **Relação entre área específica da folha (SLA) e herbívora em clareira e sub-bosque em uma floresta de terra firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA, 2006.
- PORTO MFS. 2016. **A tragédia da mineração e do desenvolvimento no Brasil: desafio para a saúde coletiva**. *Cad. Saúde Pública* 32(2): 1-3.

PRADO, R.M.; VIDAL, A.A. **Efeitos da Omissão de Macronutrientes em solução Nutritiva sobre o crescimento e a Nutrição do Milheto.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 38, n. 3, p. 208-214, jul./set. 2008.

PROJETO VERDE. **Mutamba – Guazuma Ulmifolia.** 2005. Disponível em:<<https://appverde.wordpress.com/2015/11/05/mutamba-guazuma-ulmifolia/>>. Acesso em: set 2021.

RAMAKRISHNA, U.V.; SINHA, S.N.; KUMARI, N. **A Review on Pharmacognostic, Phytochemical, Chemical Profile and Apoptosis Induction in yeast cells of Guazuma Ulmifolia.** *Pharmanest*, v.5, n.3, 2014.

REIS, A. R.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, D.; ANDREOTTI, M. **Metodologia e técnicas experimentais diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila.** *Bragantia*, v. 65, n. 1, p. 163-171, 2006.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil.** São Paulo: *Hucitec*, v.2, p.374, 1979.

SALLA, L.; RODRIGUES, J. C.; MARENCO, R. A. **Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502.** *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 159-161, 2007.

SALLA, M. R.; PEREIRA, C. E.; FILHO, J. E. A; PAULA, L. M.; PINHEIRO, A. M. **Estudo da Aautodepuração do Rio Jordão, localizado na bacia hidrográfica do rio Dourados.** *Eng. Sanit. Ambient*, 18 (2), p.105-114, 2013.

SAMARCO. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2007.** Belo Horizonte. 2008

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Relatório: avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da barragem de fundão em Mariana-MG.** Disponível em: http://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/770/relatorio_final_ft_03_02_2016_15h5min.pdf. Acesso em: set 2021.

SILVA, L.C.; SANTOS, J.W.; VIEIRA, D.J.; BELTRÃO, N.E.M.; ALVES, J.; JERÔNIMO, J.F. **Um método simples para se estimar área foliar de plantas de gergelim (Sesamum indicum).** *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*. Campina Grande, PB. v. 6, n. 1, p. 491-496, jan-abr. 2002.

SILVA, N.F.; FERREIRA, F.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A. **Modelos para estimar a área foliar de abóbora por meio de medidas lineares.** *Revista Ceres* v. 45, n. 259, p. 287-291, 1998.

SOUZA, M.N. **Degradação e Recuperação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável.** 371p. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa –MG, 2004.

SULTAN, S. E. **Promising directions in plant phenotypic plasticity. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 6, n. 4, p. 227–233, 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. **Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCCs, monografias, dissertações e teses.** *Biblioteca*

Universitária. 2. ed. rev., atual. e ampl. Lavras, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11017>>. Acesso em: set 2021.

VALCARCEL, ARICARDO; SILVA, ZILANDA DE SOUZA. **A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica**. *Floresta*, [S.l.], v. 27, n. 1/2, dez. 1997. ISSN 1982-4688. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/2303/1923>>. Acesso em: out 2021.

WATSON, D. J. **The physiological basis of variation in yield**. *Advances in Agronomy*, San Diego, v. 4, p. 101- 144, 1952.

WRIGHT, I. J *et al.* **The worldwide leaf economics spectrum**. *Nature*, v. 428, n. 6985, p. 821–827, 2004.