

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

HEITOR GOMES TENAN

**FONTES E DOSES DE B NO CRESCIMENTO INICIAL DE DOIS CLONES DE
EUCALIPTO**

UBERLÂNDIA

2020

HEITOR GOMES TENAN

**FONTES E DOSES DE B NO CRESCIMENTO INICIAL DE DOIS CLONES DE
EUCALIPTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção de grau de Engenheiro Agrônomo.

Área de concentração: Fitotecnia

Orientador: Prof. Dr. Wedisson Oliveira Santos

UBERLÂNDIA

2020

HEITOR GOMES TENAN

**FONTES E DOSES DE B NO CRESCIMENTO INICIAL DE DOIS CLONES DE
EUCALIPTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção de grau de Engenheiro Agrônomo.

Área de concentração: Fitotecnia

Prof. Dr. José Geraldo Mageste
Membro da Banca

Profa. Dra. Araújo Hulmann Batista
Membro da Banca

Prof. Dr. Wedisson Oliveira Santos
Orientador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por chegar até aqui.

Agradecer grandemente ao meu orientador Prof. Dr. Wedisson O. Santos, por aceitar e disponibilizar seu tempo para desenvolver este trabalho.

Agradecer ao Prof. Dr. José Geraldo Mageste por disponibilizar os dados da pesquisa. Também à empresa Rio Tinto por viabilizar a realização do estudo.

E por fim, à Fazenda Eldorado por ceder a área para instalação do experimento e conduzi-lo com esmero.

RESUMO

O eucalipto é cultivado, geralmente, em solos de baixa fertilidade natural, inclusive para micronutrientes como o boro (B). Assim, adubações boratadas têm sido recomendadas na implantação e desenvolvimento da cultura, com doses do nutriente em geral padronizadas, não havendo considerações em variações de condições edafoclimáticas, de clones ou fontes do nutriente. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de duas fontes de B de contrastantes solubilidades (baixa e elevada solubilidade), em diferentes doses, no desenvolvimento inicial de clones de eucalipto no campo. O experimento foi conduzido em área experimental da empresa Eldorado Brasil Celulose S. A., no município de Três Lagoas – MS. Foram utilizados os clones E50 e E13, sendo o primeiro considerado muito exigente em B e o segundo, pouco exigente. Os ensaios (um para cada clone) foram estabelecidos obedecendo o esquema fatorial $2 \times 5+1$, sendo duas fontes de B (ulexita 10% B e tetraborato de sódio 15% B), cinco doses do nutriente (0,4; 0,6; 0,8; 1,0 e 1,2 kg ha⁻¹) e um tratamento adicional (controle, sem adição de B). Os tratamentos foram distribuídos na área em blocos casualizados, com quatro e cinco repetições, para o clone E50 e E13, respectivamente. Avaliou-se o experimento até 266 dias após o plantio, através do crescimento inicial em altura e do diâmetro do caule das plantas. Foram determinados os teores foliares de B até 2,8 meses após o plantio. Para o clone E50 não foram observados efeitos de fontes ou doses de B no crescimento das plantas. Já para o clone E13, o tetraborato de sódio promoveu diminuição de altura e no diâmetro do caule. Houve efeito de fontes e doses de B no teor foliar do nutriente para ambos os clones. Para o clone E13, ao longo do tempo, modelos quadráticos e lineares descreveram o efeito de doses de tetraborato e ulexita, respectivamente, nos teores foliares de B. Constatou-se que o suprimento de B pelo sistema (solo e resíduos na área), mostrou-se suficiente para atendimento à demanda inicial das plantas. De fato, o suprimento adicional de B pelo tetraborato (fonte de elevada solúvel) promoveu efeito negativo no crescimento em altura para o clone E13. Portanto, o efeito causado pelo tetraborato foi atribuído a sua elevada solubilidade, o que certamente elevou sobremaneira, de forma localizada, os teores de B no solo, causando toxidez ou desequilíbrios nutricionais afetando o crescimento das plantas. O aumento da taxa de incremento no teor foliar do B ao longo do tempo, quando a fonte foi a ulexita, sugere que a liberação do nutriente desta fonte, é mais lenta comparado ao tetraborato. Objetivando avançar na recomendação de adubação boratada para eucalipto, considerando os resultados aqui obtidos, recomenda-se a continuidade de pesquisas com o mesmo foco, porém considerando variações de épocas de plantio (regimes hídricos), de solos (diferentes texturas e mineralogias) e de clones (variação de exigência), a partir das quais certamente ter-se-á recomendações com caráter mais locais.

Palavras-chave: Nutrição de eucalipto. Tetraborato de sódio. Ulexita.

ABSTRACT

Eucalyptus is generally cultivated in soils with low natural fertility, including for micronutrients such as boron (B). Thus, boron fertilization has been recommended in the implantation and development of the culture, with doses of the nutrient in general standardized, without considering variations in edaphoclimatic conditions, clones or sources of the nutrient. The objective of this work was to evaluate the effect of two B sources with contrasting solubilities (low and high solubility), at different doses, on the initial development of eucalyptus clones in the field. The experiment was conducted in an experimental area of the company Eldorado Brasil Celulose S. A., in Três Lagoas – MS. Clones E50 and E13 were used, the first being considered very demanding in B and the second not very demanding. The assays (one for each clone) were established following a 2 x 5+1 factorial scheme, with two sources of B (10% B ulexite and 15% B sodium tetraborate), five nutrient doses (0.4; 0, 6; 0.8; 1.0 and 1.2 kg ha⁻¹) and an additional treatment (control, without addition of B). The treatments were distributed in the area in randomized blocks, with four and five replications, for clone E50 and E13, respectively. The experiment was evaluated up to 266 days after planting, through the initial growth in height and stem diameter of the plants. Leaf B contents were determined up to 2.8 months after planting. For clone E50, no effects of B sources or doses on plant growth were observed. As for clone E13, sodium tetraborate caused a decrease in height and stem diameter. There was an effect of B sources and doses on the leaf nutrient content for both clones. For clone E13, over time, quadratic and linear models described the effect of doses of tetraborate and ulexite, respectively, on leaf B contents. proved to be sufficient to meet the initial demand of the plants. In fact, the additional supply of B by tetraborate (high soluble source) had a negative effect on height growth for clone E13. Therefore, the effect caused by tetraborate was attributed to its high solubility, which certainly increased, in a localized way, the levels of B in the soil, causing toxicity or nutritional imbalances affecting plant growth. The increase in the rate of increase in leaf B content over time, when the source was ulexite, suggests that the release of the nutrient from this source is slower compared to tetraborate. Aiming to advance in the recommendation of borate fertilization for eucalyptus, considering the results obtained here, it is recommended to continue research with the same focus, but considering variations in planting times (water regimes), soils (different textures and mineralogies) and clones (requirement variation), from which we will certainly have more local recommendations.

Keywords: Eucalyptus nutrition. Sodium tetraborate. Ulexite.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo nas profundidades 0 a 20 e 20 a 40 cm. Fazenda Rosana, Três Lagoas, MS. 2020.	16
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plantio manual realizado no dia 09 de dezembro de 2019. Três Lagoas, MS. 2020. ... **Erro! Indicador não definido.**

Indicador não definido.

Figura 2 - Fontes de B utilizadas no experimento. Grânulos de Ulexita (à esquerda) e de Tetraborato de Sódio (à direita)..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 3 - Colocação dos fertilizantes boratados em covetas laterais, a cerca de 20 cm das mudas, no sentido da linha, logo após o plantio. Três Lagoas, MS. 2020. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 4 - Precipitação pluviométrica mensal registrada entre novembro/2019 e junho/2020 em propriedade próxima a área experimental. Três Lagoas, MS. 2020. ... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 5 – Efeito de fontes (Tetraborato de Sódio e Ulexita) e doses de B no crescimento primário (altura) de plantas de eucalipto (clones E50 e E13) aos 60 e 266 dias após plantio (dap). Barras verticais representam o erro padrão da média ($EP = \sigma/\sqrt{n}$). *** significativo a 0,1% pelo teste t, respectivamente.....20

Figura 6 - Efeito de fontes (Tetraborato de Sódio e Ulexita) e doses de B no crescimento secundário inicial (diâmetro a 1,3 m_DAP) de clones de eucalipto (E50 e E13) aos 60 e 266 dias após plantio. Barras verticais representam o erro padrão da média ($EP = \sigma/\sqrt{n}$). *,** significativo a 5 e 1% pelo teste t, respectivamente.21

Figura 7 – Efeito de fontes (Tetraborato de Sódio) e doses de B no teor foliar do nutriente em plantas de eucalipto (clone E50). Barras verticais representam o erro padrão da média ($EP = \sigma/\sqrt{n}$). *,** e *** significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste t, respectivamente.....22

Figura 8 – Efeito de fontes (Tetraborato de Sódio) e doses de B no teor foliar do nutriente em plantas de eucalipto (clone E13). Barras verticais representam o erro padrão da média ($EP = \sigma/\sqrt{n}$). *,** e *** significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste t, respectivamente.....23

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	OBJETIVOS	11
2.1.	Objetivo Geral.....	11
2.2.	Objetivos Específicos.....	11
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1.	Cultura do eucalipto (<i>Eucalyptus</i> sp.).....	12
3.2.	Boro na cultura do eucalipto	12
3.3.	Dinâmica do boro no solo	14
4.	MATERIAL E MÉTODOS	16
5.	RESULTADOS.....	20
5.1.	<i>Efeito de fontes e doses de B no crescimento primário (Altura)</i>	20
5.2.	<i>Efeito de fontes e doses de B no crescimento secundário (DAC e DAP)</i>	20
5.3.	<i>Efeito de fontes e doses de B no teor foliar do nutriente</i>	22
6.	DISCUSSÕES.....	24
6.1.	<i>Efeito de fontes e doses de B no crescimento das plantas</i>	24
6.2.	<i>Efeito de fontes e doses de B nos teores foliares do nutriente</i>	25
7.	CONCLUSÕES	27
	REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

Até a primeira metade do século passado no Brasil, a necessidade de madeira era suprida exclusivamente pelo desmatamento de florestas nativas. Apesar da ocorrência de desmatamentos ilegais no país, a regulamentação da extração de madeira nativa, aumento da demanda brasileira e mundial por produtos madeireiros (celulose, madeira e carvões) e incentivos fiscais à atividade fomentaram o cultivo e expansão florestal no país (PERES et al., 2006). Com crescimento de cerca de 1,1 % ao ano, a área cultivada com florestas plantadas no Brasil se aproxima de 10 milhões de ha, sendo que cerca de 70% dessa área é povoada com eucalipto (IBA, 2019). Assim, o cultivo de eucalipto surge como atividade que além de gerar divisas para o país diminui a pressão sobre as florestas nativas.

Originário da Austrália, Tasmânia e ilhas da Oceania o eucalipto adaptou-se bem às condições edafoclimáticas brasileiras apresentando elevadas taxas de crescimento e grande potencial econômico devido a utilização diversificada da sua madeira, como para a produção de estacas, lenha, dormentes, moirões, carvão vegetal, geração de energia e movelaria (ABRAF, 2012; BRITO et al., 2015; EMBRAPA, 2019).

Cultivos de eucalipto têm se expandido no Brasil em solos com grande variação de fertilidade, incluindo em áreas de cerrado, caracterizadas pela ocorrência de solos de baixa fertilidade natural, elevada acidez e, em por vezes, com grande irregularidade pluviométrica. Comparado a culturas agrícolas, espécies de eucalipto têm sido consideradas de baixa exigência nutricional, em parte devido a capacidade dessas espécies de se desenvolverem em solos ácidos com elevados teores de acidez trocável (NOVAIS et al., 1990; LOPES, 2013).

Em estágios iniciais de crescimento, tipicamente em solos mais arenosos, em períodos de déficits hídricos intensos, é comum a ocorrência de sintomas morfológicos severos, característicos de deficiência de micronutrientes como Zn e B, em materiais menos adaptados, como morte do meristema apical, condicionando à superbrotamentos e encurtamento de entrenós, respectivamente (NOVAIS et al., 1990; MASULLO, 2018). De fato, disponibilidades hipossuficientes de B ou limitações de transporte no solo em períodos secos, condicionam a desordens nutricionais nas plantas já que esse nutriente apresenta, em geral, baixa mobilidade floemática (SILVA et al., 2015).

Apesar da “suposta” baixa exigência nutricional do eucalipto e elevada tolerância ao Al^{3+} a cultura tem apresentado grande variação de resposta a fertilização com micronutrientes (BARROS; NOVAIS, 1993; BARROS et al., 1981; SIF, 1980; RAMOS et al., 2009). Para

micronutrientes, como B e Zn, independentemente do tipo de solo e cultivares, respostas a adubação não têm sido observadas quando não há restrições hídricas (NOVAIS et al., 1990). De fato, em condições ótimas de umidade a dinâmica de mineralização da matéria orgânica e de decomposição de resíduos (principal fonte de B no solo) associada a baixa restrição de transporte de íons ou moléculas no solo, parecem ser suficientes para o suprimento adequado desses nutrientes para o eucalipto.

Entre as principais fontes de B utilizadas como fertilizantes destacam-se o bórax ($\text{Na}_3\text{B}_3\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), a colemanita ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), ulexita ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), sasolita (H_3BO_3), datolita (CaBSiO_4OH), boracita ($\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$) e tetraborato de sódio ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Essas fontes apresentam grandes variações de solubilidade, portanto espera-se que apresentem taxas diferenciadas de liberação de B no solo, o que pode afetar expressivamente a disponibilidade do nutriente para as plantas ao longo do tempo (CARVALHO, 2002).

A ulexita é uma das fontes de B mais utilizadas como fertilizante e caracteriza-se por apresentar baixa solubilidade (1,09 g/100 ml) e variável concentração de B (~ 10%). Uma fonte recente no mercado é o tetraborato de sódio, mais concentrada em B (~15%) e de elevada solubilidade em água (2,65 g/100ml). Portanto, o principal objetivo deste estudo foi avaliar a performance dessas duas fontes, de contrastantes solubilidades, no crescimento inicial de clones de eucalipto em solo arenoso, na região de Três Lagoas-MS.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar, em condições de campo, o efeito de fontes (tetraborato de sódio e ulexita) e doses de B (0,4; 0,6; 0,8; 1,0 e 1,2 kg ha⁻¹) no crescimento inicial de clones de eucalipto (E50 e E13), em solo arenoso, na região de Três Lagoas-MG.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a ulexita e o tetraborato de sódio, como fontes de B, no crescimento em altura e no diâmetro do caule dos clones de eucalipto E50 e E13;
- Avaliar ao longo do tempo o efeito de doses de ulexita e de tetraborato de sódio no teor foliar de B, nos clones de eucalipto E50 e E13.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cultura do eucalipto (*Eucalyptus* sp.)

O eucalipto pertence à divisão Angiospermae, classe Dicotyledonea, ordem Myrtales, família Myrtaceae, destacando-se em número de espécies e híbridos comerciais os gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* (CELESTRINO, 2014). Os gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* possuem como centros de origem ou de dispersão a Austrália, Tasmânia e ilhas da Oceania. Não há exatidão temporal e espacial para a introdução do eucalipto no Brasil, mas há forte indicação de que tenha sido trazido para o país na segunda metade do século XIX (EMBRAPA, 2019). Atualmente, existem mais de 600 espécies, distribuídas pelas várias regiões e climas brasileiros, com utilização bastante diversificada, no setor de perfumaria, desinfetantes, construção civil, movelaria, produção de celulose, lenha, carvão, estacas, etc. (ABRAF, 2012; MARTINS; PEREIRA; LOPES, 2014).

A competitividade internacional do setor florestal brasileiro é crescente, em razão das condições edafoclimáticas favoráveis a produção de eucalipto no país, da evolução tecnológica do setor e aumento mundial de demandas por produtos derivados dessa atividade florestal (TIBURCIO et al., 2012). De fato, o gênero *Eucalyptus* apresentou boa adaptação às condições edafoclimáticas do Brasil, com rápido crescimento, ampla plasticidade e elevada qualidade dos seus produtos (BELTRAME et al., 2012; FERREIRA et al., 2017).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de celulose e carvão vegetal e está entre os 10 maiores produtores de papel (IBA, 2020). Em 2019, a área total de árvores plantadas no país totalizou 9,0 milhões de ha, com aumento de 2,4% em relação ao ano anterior. Cerca de 77% desta área é cultivada com eucalipto. Os estados de MG, SP, MS, PR, RS e SC detêm as maiores áreas plantadas de florestas no país (IBA, 2019).

3.2. Boro na cultura do eucalipto

A produtividade das plantações comerciais de eucalipto no Brasil é bastante variável, dependente principalmente dos regimes hídricos regionais e da fertilidade dos solos (JESUS, 2012). A baixa fertilidade da maioria dos solos onde se cultiva eucalipto no Brasil, como em solos arenosos em área de cerrado, aliada ao curto ciclo de corte e elevadas taxas de acúmulo

de nutrientes pela cultura, sugere a necessidade de adoção de manejo adequados da fertilidade do solo (ALVES et al., 2012; TAVANTI et al., 2018), visando maior sustentabilidade econômica ou ambiental da atividade.

Há maior concentração de pesquisas com o suprimento de macronutrientes na cultura do eucalipto, certamente em função do maior dispêndio financeiro e a maior frequência de respostas a adição desses nutrientes à micronutrientes. De fato, há grande defasagem na recomendação de doses de micronutrientes para culturas florestais no geral, incluindo o eucalipto, havendo geralmente recomendações genéricas (CELESTRINO; BUZETTI; NAKAYAMA, 2017).

Em regiões com maior ocorrência de solos arenosos ou que apresentem períodos de déficits hídricos acentuados é comum a o aparecimento de sintomas típicos de deficiência nutricional de micronutrientes em plantios clonais mais exigentes, dentre eles o B (SILVA et al., 2012). Entre as principais funções do B nas plantas, destaca-se seu envolvimento na produção de pectinas, fitoalexinas e ligninas, no transporte de fotoassimilados e na formação do tubo polínico (MASULLO, 2018).

No que tange às deficiências nutricionais no eucalipto, quando não há suprimento adequado de B, sintomas de “*fome*” de B podem ser constatados nas folhas, ramos jovens e meristemas apicais. Inicialmente, a falta do nutriente promove a degeneração dos tecidos meristemáticos gerando má formação das folhas e do caule, influenciando diretamente na forma da árvore. O sintoma começa com clorose nas margens das folhas, que pode evoluir para a necrose das gemas apicais, conhecida como “seca dos ponteiros” e se manifesta principalmente nos períodos de seca, com déficit hídrico acentuado, sendo facilmente constatado em plantações comerciais, devido a diminuição da mineralização da matéria orgânica, principal fonte de B no solo (TAVANTI et al., 2018; DA SILVA et al., 2015).

A deficiência de B em sistemas de produção florestal tem sido relatada em várias espécies de eucalipto. A baixa ciclagem bioquímica de B na planta (baixa mobilidade) sugere a necessidade de fornecimento constante do nutriente para atender as demandas da cultura ao longo do ciclo (DA SILVA et al., 2015). Sendo um nutriente pouco retido pelo solo, também fica sujeito a perdas por lixiviação. Portanto, a depender das condições edafoclimáticas, de cultivo e do clone cultivado o uso de fertilizantes solúveis pode ser efetivo no curto prazo, assim fontes de liberação gradual ou combinações (fontes solúveis + fontes de baixa solubilidade) podem ser mais efetivas para fornecimento do nutriente no médio-longo prazos (FERRANDO; ZAMALVIDE, 2012). Vale salientar aqui que as condições hídricas são preponderantes, mesmo quando do uso de fontes com liberação do nutriente mais em

sincronia com a demanda da cultura, já que a baixa disponibilidade de água no solo afetará o transporte até a superfície radicular, conseqüentemente limitando a absorção. Adicionalmente, a baixa mobilidade floemática limitará a ciclagem interna do nutriente.

Diferente da maioria dos nutrientes, o suprimento de B é mais delicado, já que limites entre teores ótimos e fitotóxicos podem ser estreitos (SILVEIRA; MOREIRA; HIGASHI, 2004), havendo assim necessidade de maior exatidão nas recomendações de adubação. A tolerância das plantas à toxidez de B parece depender diretamente da velocidade de translocação do elemento das raízes para a parte aérea. A fitotoxicidade de B tem sido comumente encontrada logo após o plantio ou nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura (SILVEIRA; HIGASHI, 2002). Visualmente, os sintomas caracterizam-se por clorose seguida de avermelhamento ou necrose das margens das folhas. As principais causas são aplicação localizada de fontes solúveis no plantio, como boratos de sódio ou ácido bórico, ou então, o uso de altas doses na primeira adubação de cobertura, entre 45 e 90 d após o plantio (SILVEIRA et al., 2020).

3.3. Dinâmica do boro no solo

Em solos arenosos, o B pode ser facilmente lixiviado durante períodos chuvosos. De fato, na faixa de pH normal dos solos (4,5-7,0) o H_3BO_3 representa a principal espécie química do elemento na solução do solo. A ausência de cargas na molécula dificulta a ocorrência de adsorção física de B em colóides do solo. Com o aumento do teor de argila no solo espera-se que a lixiviação de B diminua, pois apesar de o H_3BO_3 ser uma molécula eletricamente neutra, pode interagir quimicamente com minerais (argilominerais e óxidos) e com a matéria orgânica do solo (SOARES; ALLEONI; CASAGRANDE, 2005).

O B pode ser encontrado no solo sob cinco formas: minerais primários, como turmalina e micas ricas em B; em minerais secundários, como traço na estrutura das argilas; adsorvido às argilas minerais ou orgânicas; em solução como ácido bórico e como borato, e na biomassa microbiana. A matéria orgânica é considerada a principal fonte de B em solos tropicais. Como em solos de Cerrado os teores de matéria orgânica normalmente são baixos, o suprimento de B torna-se limitante ao cultivo exigentes, como o eucalipto, especialmente nos períodos de déficit hídrico (CELESTRINO, 2014).

Na maioria dos solos, é comum encontrar teores totais consideráveis de B, porém, como boa parte desse B é estrutural nos minerais, não está disponível para as plantas no curto

prazo, havendo necessidade de intemperismo para que seja liberado. De fato, como as taxas de intemperismo ocorre em escala pedológica, o B estrutural é pouco biodisponível. Diversos fatores edafoclimáticos e biológicos podem afetar a disponibilidade de B no solo, como pH, umidade, temperatura, matéria orgânica, quantidade e tipos de argila (CELESTRINO, 2014).

O fluxo de massa, que se estabelece por diferença no potencial total de água no solo, é o principal mecanismo de transporte de H_3BO_3 até a superfície radicular. Portanto, a ocorrência de déficit hídrico afetará fortemente o suprimento do nutriente às plantas, adicionalmente a insuficiência do nutriente nas plantas restringe a sua própria absorção, já que afeta o desenvolvimento radicular. Além disso, como o transporte do B para os diversos órgãos da planta depende da taxa transpiratória, fatores ambientais como temperatura e umidade do ar afetarão diretamente a absorção e alocação de B na planta (PORTELA; VALE; ABREU, 2015). Diante do entendimento da dinâmica do B no solo, a escolha de fontes e dose do nutriente para o plantio de eucalipto deve ser calçada em experimentos regionais, considerando clones, solos, época de plantio, regimes hídricos, etc.

Fertilizantes boratados apresentam grande variação de solubilidade. O uso de fontes solúveis incorre em maiores riscos de toxidez nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura. Diante disso, a utilização de fontes menos solúveis pode ser vantajosa (CELESTRINO; BUZETTI; NAKAYAMA, 2017), entretanto podem ser pouco efetivas para suprir B no curto prazo. Neste sentido, pode ser indagado se o uso de fontes menos solúveis deve ser compensado por maiores doses. Neste caso, visando fornecer adequadamente o nutriente, também na fase inicial de crescimento das plantas (DE ABREU et al., 2015), ou se faz mais sentido combinar fontes de variadas solubilidades. A colemanita, ulexita e o ácido bórico são as principais fontes de B usadas na silvicultura e até mesmo na maioria dos projetos agropecuários. A colemanita e a ulexita são fontes pouco solúveis em água, enquanto, o ácido bórico é altamente solúvel.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Rosana, pertencente ao grupo Eldorado Brasil Celulose S. A., no município de Três Lagoas – MS, em área com ocorrência de Neossolo Quartzarênico (Figura 1; Tabela 1). A classificação climática da região enquadra-se como Aw, segundo aproximação de Köppen e Geiger, com altitude média de 320 m



Figura 1 - Plantio manual realizado no dia 09 de dezembro de 2019. Três Lagoas, MS. 2020.

Tabela 1. Caracterização química do solo nas profundidades 0 a 20 e 20 a 40 cm. Fazenda Rosana, Três Lagoas, MS. 2020.

Profundidade (cm)	pH ¹	K	Ca	Mg	H+Al	P	S	B	Zn	Fe	Mn	Cu
		-----mmolc dm ⁻³ -----					-----mg dm ⁻³ -----					
0 a 20	4,8	0,4	5,0	2,0	27,0	1,3	7,0	0,3	0,1	47,0	19,5	0,3
20 a 40	4,8	0,3	4,0	1,0	27,0	0,8	7,0	0,2	0,1	49,0	13,1	0,2

¹pH em água. P, K-Mehlich; Ca, Mg- KCl 1,0 mol L⁻¹; H + Al - SMP a pH 7,5; S-Fosfato monocálcico 0,01 mol L⁻¹; B- BaCl₂. 2H₂O 0,125% à quente; Cu, Fe, Mn, Zn- DTPA em pH 7,3.

Foram utilizados os clones E50 e E13, sendo o primeiro considerado muito exigente em B e o segundo pouco exigente. Foram realizados dois ensaios, um para cada clone em estudo, seguindo o esquema fatorial $2 \times 5 + 1$, sendo duas fontes de B (ulexita e tetraborato de sódio), cinco doses do nutriente (0,4; 0,6; 0,8; 1,0 e 1,2 kg ha⁻¹) e um tratamento adicional (controle, sem adição de B). Os tratamentos foram distribuídos na área em blocos casualizados, com quatro e cinco repetições para o clone E50 e E13, respectivamente.

As parcelas foram constituídas de cinco fileiras de plantas (espaçadas em 3,4 m) com 10 plantas (espaçadas de 2,3 m na linha). Para as análises foram desconsideradas as fileiras externas e uma planta de cada extremidade, portanto a parcela útil (unidade experimental) foi constituída por 24 plantas ($A= 391 \text{ m}^2$).

Foi realizada adubação de plantio, no sulco, com 380 kg ha⁻¹ do formulado 9-18-15 + 6 S + 3 Cu + 3 Zn; 135 kg de Superfosfato Simples.

As fontes de B (ulexita 10% B, tetraborato de sódio 15%) (Figura 2) foram aplicadas em covetas laterais (2) a cerca de 20 cm das mudas, no sentido da linha, logo após o plantio (Figura 3).



Figura 2 - Fontes de B utilizadas no experimento. Grânulos de ulexita (à esquerda) e de tetraborato de sódio (à direita).



Figura 3 - Colocação dos fertilizantes boratados em covetas laterais, a cerca de 20 cm das mudas, no sentido da linha, logo após o plantio. Três Lagoas, MS. 2020.

A precipitação pluviométrica acumulada até os 266 dias de condução do experimento (novembro/2019 a junho/2020) foi de 1.339 mm, com boa distribuição até março/2020 (Figura 4).

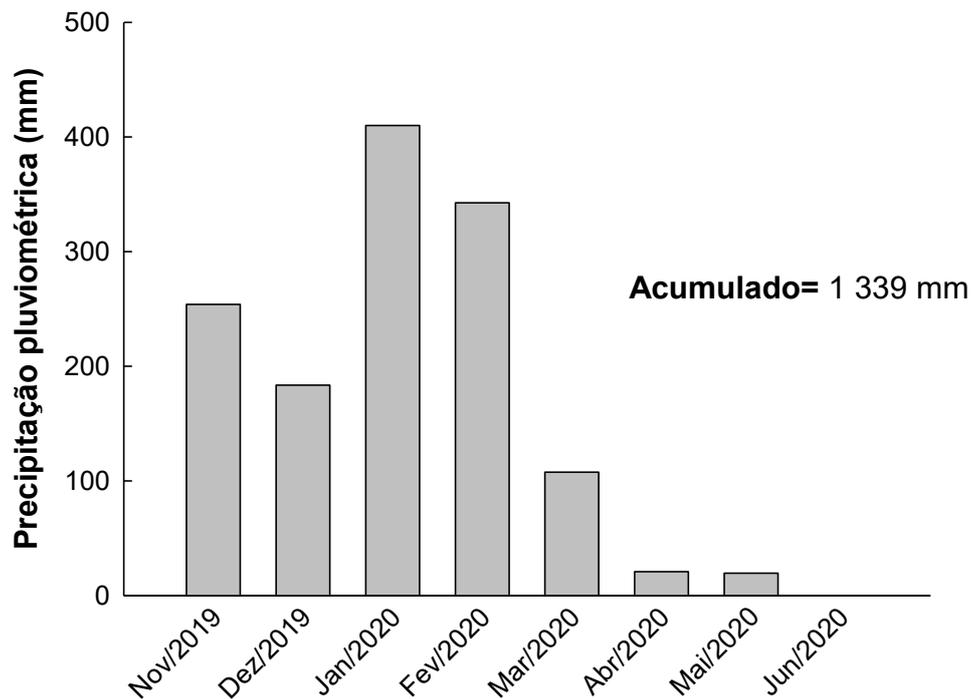


Figura 4 - Precipitação pluviométrica mensal registrada entre novembro/2019 e junho/2020 em propriedade próxima a área experimental. Três Lagoas, MS. 2020.

Foram realizadas três amostragens foliares, nos dias 09 de janeiro, 08 de fevereiro e 03 de março de 2020, visando a determinação dos teores de B em folhas de referência. As folhas foram coletadas nas plantas em quatro pontos (dois no sentido na linha e dois no sentido transversal) entre os terços médio e superior. Foram feitos dois inventários, nos dias 07 de fevereiro e 31 de agosto de 2020, onde foram efetuadas as medições de crescimento em altura e diâmetro do caule.

As folhas, após colhidas, foram lavadas com água destilada, em seguida secas em estufa com ventilação forçada de ar (65 °C) até estabilidade de massa. Em moinho tipo Wiley foi realizada a moagem do material vegetal. Para a quantificação de B, digeriu-se 0,5 g do material moído em solução nitroperclórica com aquecimento até 250 °C em bloco digestor, sendo a concentração do elemento no extrato determinada por meio de espectrofotometria de emissão atômica (ICP_OES).

5. RESULTADOS

5.1. Efeito de fontes e doses de B no crescimento em altura

A fertilização com B promoveu variados efeitos no crescimento inicial das plantas (Figura 5). De fato, para o clone E50 não foram observados efeitos diferenciais de fontes ou de doses do nutriente. Já para o clone E13, o tetraborato de sódio promoveu expressiva diminuição do crescimento em altura. Percebe-se que entre a dose 0 e 1,2 kg/ha houve decréscimo estimado em 11,0 e 16,8 cm para 60 e 217 dias após o plantio, respectivamente. Nesse mesmo clone não houve evidência de efeitos da fertilização quando a fonte foi a ulexita.

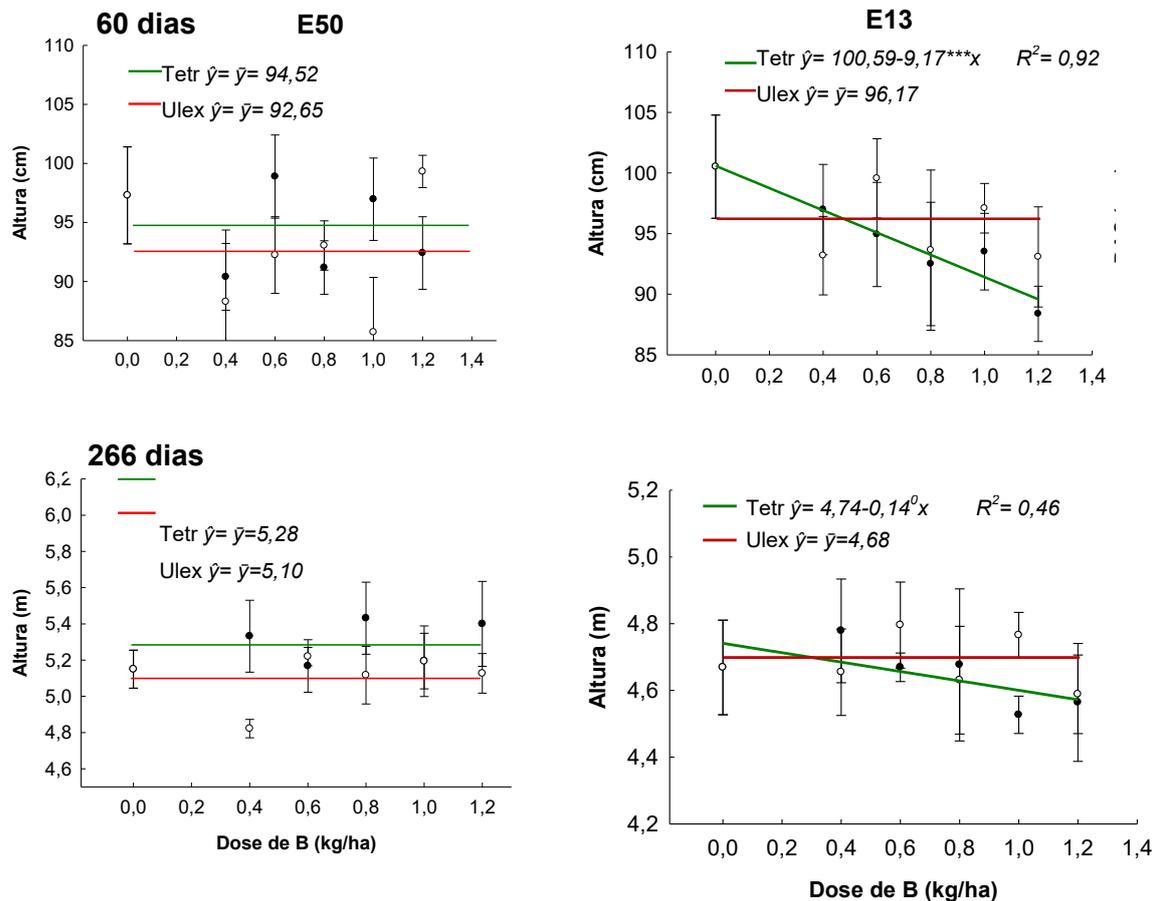


Figura 5 – Efeito de fontes (Tetraborato de Sódio e Ulexita) e doses de B no crescimento primário (altura) de plantas de eucalipto (clones E50 e E13) aos 60 e 266 dias após plantio (dap). Barras verticais representam o erro padrão da média ($EP = \sigma/\sqrt{n}$). *** significativo a 0,1% pelo teste t, respectivamente.

5.2. Efeito de fontes e doses de B no diâmetro do caule

Efeitos de fontes e doses de B no diâmetro do caule dos clones de eucalipto (Figura 6) seguiram as mesmas tendências do crescimento em altura, sendo evidenciado apenas o efeito negativo da fertilização com tetraborato de sódio no diâmetro do colo das plantas, para o clone E13, nos dois tempos de avaliação. Houve redução de diâmetro em 0,12 e 0,24 cm, entre a maior e menor dose aos 60 e 266 dias após plantio, respectivamente.

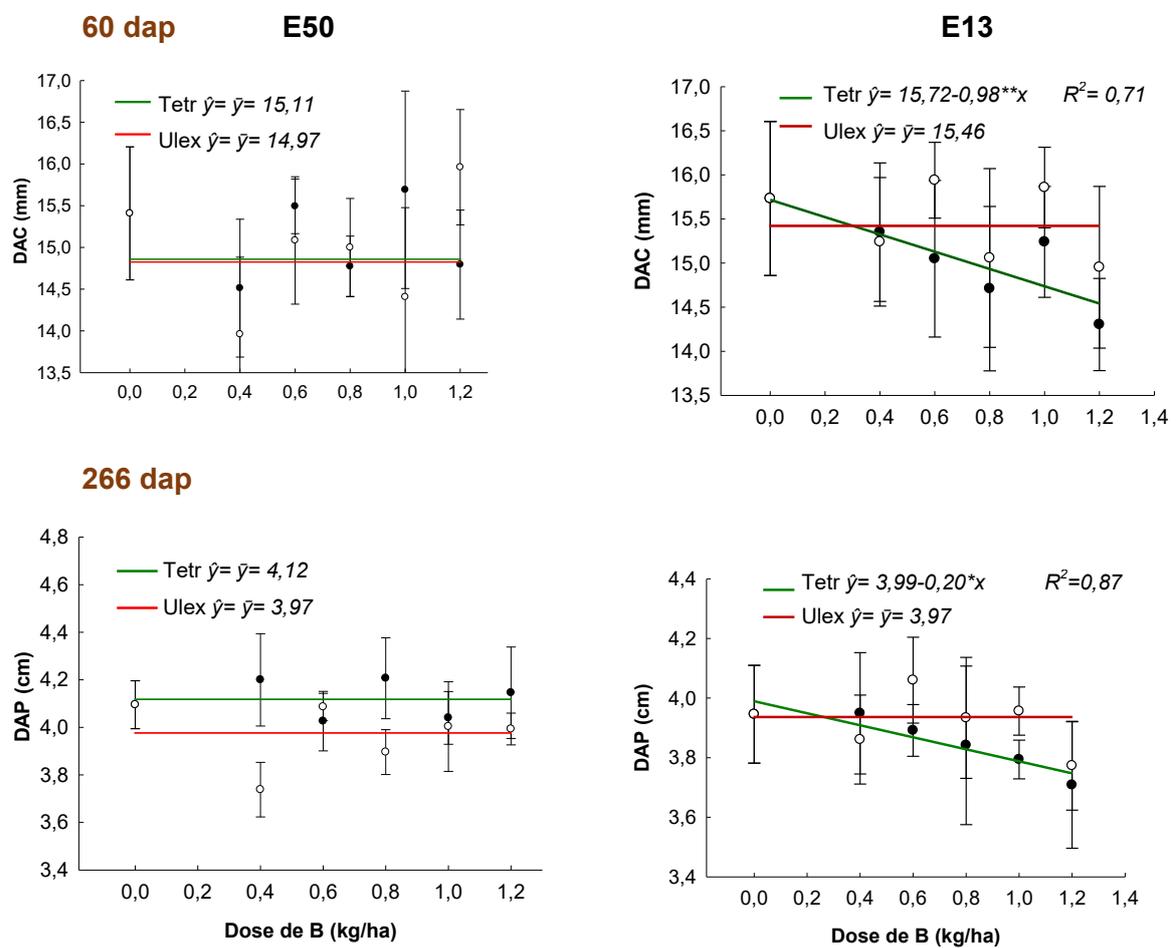


Figura 6 - Efeito de fontes (tetraborato de sódio e ulexita) e doses de B no diâmetro do caule de clones de eucalipto (E50 e E13) aos 60 e 266 dias após plantio. Barras verticais representam o erro padrão da média ($EP = \sigma/\sqrt{n}$). *,** significativo a 5 e 1% pelo teste t, respectivamente.

5.3. Efeito de fontes e doses de B no teor foliar do nutriente

A fertilização com B promoveu efeitos distintos nos teores foliares do nutriente para o clone E50. Percebeu-se que houve expressiva variação de respostas às doses de B, entre fontes, ao longo do tempo (Figura 7).

Teores iniciais de B (1,1 mês) não foram alterados, significativamente, quando a fonte foi o tetraborato, mas apresentaram tendência quadrática para a ulexita, com maior teor estimado de 111,23 mg kg⁻¹ para a dose 0,89 kg ha⁻¹. Aos 2,0 e 2,8 meses após plantio, modelos quadráticos descreveram melhor o comportamento dos teores de B em resposta às doses de tetraborato, indicando teores máximos de 205,46 mg kg⁻¹, 264,43 mg kg⁻¹ para as doses 0,85 kg ha⁻¹ e 0,95 kg ha⁻¹, respectivamente. Para a ulexita, o efeito de dose foi linear positivo aos 2,0 meses após plantio, e curiosamente não demonstrou qualquer tendência aos 2,8 meses.

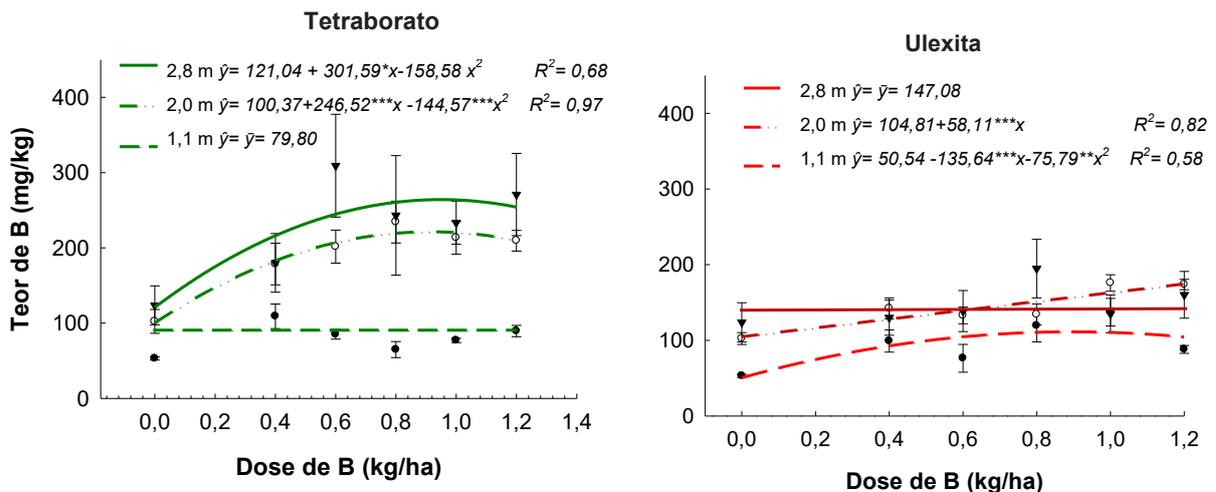


Figura 7 – Efeito de fontes (tetraborato de sódio e ulexita) e doses de B no teor foliar do nutriente em plantas de eucalipto (clone E50). Barras verticais representam o erro padrão da média ($EP = \sigma/\sqrt{n}$). *, ** e *** significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste t, respectivamente.

Para o clone E13, houve efeito de dose de B nos teores para ambas as fontes, em todos os tempos de avaliação, possibilitando ajustes robustos de modelos de regressão lineares ou quadráticos (Figura 8). Para o tempo inicial (1,1 mês) o tetraborato promoveu aumento linear dos teores de B, enquanto a ulexita, devido ao ajuste quadrático, promoveu aumento de teor até 81,64 mg kg⁻¹ com a dose 0,72 kg ha⁻¹ de B. Para os tempos posteriores (2,0 e 2,8 meses) evidenciaram-se comportamentos quadráticos e lineares para o tetraborato e ulexita, respectivamente. Para o tetraborato, ao longo do tempo (2,0-2,8 meses) houve deslocamento

da dose que promoveu o maior teor de B de $0,74 \text{ kg ha}^{-1}$ para $1,02 \text{ kg ha}^{-1}$. Já para a ulexita, a elevação do valor de β_1 entre 2,0 (50,83) e 2,8 meses (157,21), sugere um aumento de resposta ao fertilizante ao longo do tempo.

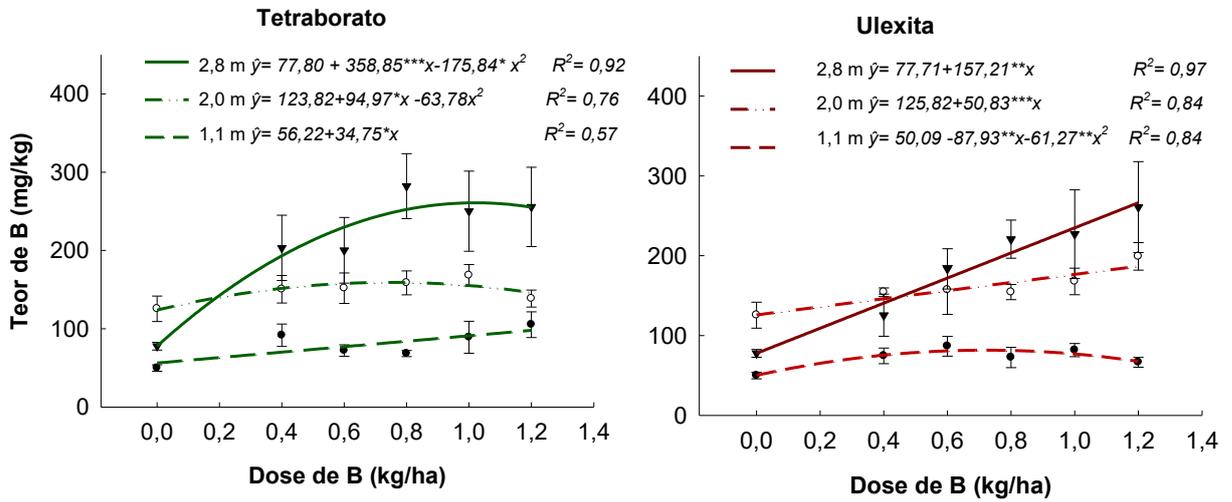


Figura 8 – Efeito de fontes (tetraborato de sódio e ulexita) e doses de B no teor foliar do nutriente em plantas de eucalipto (clone E13). Barras verticais representam o erro padrão da média ($EP = \sigma/\sqrt{n}$). *, ** e *** significativo a 5, 1 e 0,1% pelo teste t, respectivamente.

6. DISCUSSÕES

6.1. Efeito de fontes e doses de B no crescimento das plantas

A ausência de respostas ou respostas negativas à adição de B para o crescimento das plantas de eucalipto em altura ou em diâmetro, sugere que houve suprimento adequado de B pelo sistema (solo e resíduos), apesar da baixa disponibilidade inicial de B. Essa proposição poderia encontrar algum suporte já que não houve detecção de sintomas visuais de deficiência do elemento durante todo o período experimental para o tratamento controle, que é caracterizada por má formação das folhas e do caule e clorose nas margens das folhas seguidas de necrose das gemas apicais (TAVANTI et al., 2018; DA SILVA et al.; 2015). Entretanto, segundo Novais et al. (1990), sintomas de deficiência nutricional em eucalipto podem ser intensos em períodos de baixa disponibilidade de água no solo, mas podem não ocorrer em períodos chuvosos.

Como o B é considerado um elemento de baixa mobilidade floemática para o eucalipto, há geralmente grande acúmulo desse nutriente no “litter” e nas raízes das plantas, assim a ciclagem biogeoquímica desse nutriente torna-se mais relevante para seu suprimento em cultivos em áreas de reforma. De fato, nestas condições espera-se menor responsividade do eucalipto a fertilização de plantio com B em termos de crescimento, como foi observado. Adicionalmente, a ocorrência de considerável volume de chuvas durante o período (nov/2019 → junho/2020), totalizando cerca de 1 300 mm, com boa distribuição até final de março, não deve ter sido restritiva ao suprimento de B tanto em termos de efeitos sobre o fluxo de massa (principal mecanismo de transporte de H_3BO_3 no solo) quanto a manutenção de elevadas constantes de decomposição dos resíduos (K) ou mineralização da matéria orgânica.

Restrições ao suprimento de B às plantas são intensificadas em períodos de déficit hídrico pois como o esse elemento apresenta baixa mobilidade no floema (MALAVOLTA, 1980), baixa ciclagem interna, limitações de transporte no solo devido à falta de água afetam diretamente a nutrição boratada em órgãos emergentes, como meristemas apicais e radiculares e folhas novas (CELESTRINO, 2017; TAVANTI et al., 2018; DA SILVA et al.; 2015).

O clone E13 mostrou-se mais responsivo à fertilização boratada, contrastando-se com o E50. Diferenças de respostas entre clones de eucalipto a adição de qualquer nutriente são esperadas, já que clones podem se diferenciar expressivamente quanto a capacidade de aquisição de nutrientes no solo (crescimento radicular diferenciado; parâmetros cinéticos de

absorção variáveis: Km, Vmax, Cmin, exsudação radicular de prótons e ácidos orgânicos, associações biológicas, etc), na eficiência de utilização biológica (CUB) e na mobilidade interna de B (produção de açúcares transportadores de B) (LIMA et al., 2005). NOVELINO et al. (1982) demonstraram que concentrações de B em solução nutritiva relacionadas a máxima produção de matéria seca foram muito variáveis entre espécies de eucalipto: *E. paniculata* ($\approx 0,5 \mu\text{g/ml}$), *E. camaudulensis* (entre 0,0 e 0,2 $\mu\text{g/ml}$) e *E. citriodora e grandis* ($\approx 0,1 \mu\text{g/ml}$).

Efeitos do tetraborato na diminuição do crescimento do clone E13 sugere que houve maior liberação de B desse fertilizante em comparação a ulexita. Assim, como o suprimento de B pelo sistema mostrou-se suficiente, acréscimos nos teores devido a dissolução rápida do tetraborato podem ter promovido desequilíbrios nutricionais ou toxidez (excesso de B), afetando negativamente o crescimento das plantas. A fertilização localizada com a fonte solúvel (em covetas laterais) pode ter potencializado esse efeito, pois certamente elevou demasiadamente a concentração no elemento na solução para clone de maior capacidade de absorção.

Coutinho et al. (1995) e Morais (1999) observaram redução no crescimento primário do eucalipto com doses elevadas de fertilizantes boratados em solos arenosos. Coutinho et al. (1995) reportaram efeito depressivo na altura de *E. globulus* em Portugal, com a aplicação de 4,4 e 8,8 kg ha^{-1} B. Fitotoxicidade de B causando diminuição de crescimento em altura foi também verificado por Morais (1999) em *E. camaldulensis*. O teor de 55 mg kg^{-1} de B no solo provocou redução na altura da ordem de 24,6% em relação ao teor de 11 mg kg^{-1} .

6.2. Efeito de fontes e doses de B nos teores foliares do nutriente

Alterações nos teores foliares de B devido a efeito de fontes e doses, ao longo do tempo, evidenciam diferenças comportamentais entre clones. Para o clone E50, respostas detectadas apenas a partir de 2 meses, para o tetraborato, sugerem que a liberação de B desse fertilizante foi acessível pelo clone a partir do primeiro mês da aplicação. Por outro lado, para o clone E13, mais responsivo, tais efeitos já foram notórios no primeiro mês de avaliação, o que indica possivelmente, maior eficiência de aquisição de B por esse clone. Adicionalmente, o aumento das respostas ao longo do tempo (2 e 2,8 meses), inclusive com maiores teores para as mesmas doses, sugere crescimento da demanda nutricional.

Ajustes de modelos quadráticos para o efeito de doses do tetraborato nos teores de B sugerem que desequilíbrios nutricionais podem ter sido intensificados aos 2,8 meses, a partir

da dose de $0,95 \text{ kg ha}^{-1}$ com teor de B foliar estimado em $264,43 \text{ mg kg}^{-1}$ para o clone E50 e $1,02 \text{ kg ha}^{-1}$, alcançando $260,89 \text{ mg kg}^{-1}$ de B nas folhas para o clone E13, quando o aumento de dose do fertilizante promoveu diminuição no teor do nutriente. Efeitos de diluição e concentração de teores de nutrientes podem ocorrer devido a surtos de crescimento ou paralização, respectivamente, entretanto esta hipótese não parece ser plausível tendo em vista que o comportamento para a ulexita foi diferente e que não houve evidências de efeitos negativos de condições edafoclimáticas desfavoráveis (déficit hídrico, baixas temperaturas ou baixa incidência de radiação solar) ao crescimento no período. De fato, percebe-se que o crescimento das plantas foi vigoroso, alcançando valores próximos a 1,0 e 5,0 m aos 60 e 266 dias após o plantio, respectivamente.

A literatura é pobre em informar teores críticos máximos para os nutrientes nas diversas culturas, incluindo para o B em eucalipto. Percebe-se que, em geral, faixas ótimas de teores de B para a fase juvenil de espécies de eucalipto são muito variáveis, se situando entre 15 e 240 mg/kg (DELL et al., 1995, SILVEIRA et al., 1996; BOARDMAN et al., 1997). Para *E. globus* e *E. grandis* teores acima de 100 mg/kg já são considerados tóxicos (BOARDMAN et al., 1997). Considerando que para a ulexita não houve evidências de toxidez a partir de 2,0 meses, com teores foliares próximos a 260 mg/dm^3 (2,8 meses, E13, maior dose), mas ocorreram para o tetraborato com 282 mg/dm^3 B ($0,8 \text{ kg/ha}$), não pode-se pensar que os teores críticos (ótimo e excessivo) se situem dentro desta faixa, já que nas doses iniciais do tetraboratos ($0,4 \text{ kg ha}^{-1}$ B) a diminuição do crescimento foi notável. Com base nesses resultados, levanta-se a seguinte hipótese: mais importante que o teor final de B nas folhas na definição da deficiência, suficiência ou excesso do nutriente é a taxa de absorção do elemento (V_{max}). Estudos no campo da nutriômica, metabolômica ou proteômica são necessários para testar essa hipótese, que se confirmada, certamente promoverá quebra de paradigma na nutrição boratada do eucalipto.

A resposta à adição de ulexita como fonte de B contrastou os clones. Enquanto para o clone E50 a tendência foi de diminuição da resposta com o tempo, “curvilíneo \rightarrow linear \rightarrow nula”, para o clone E13 a resposta se intensificou, havendo considerável elevação de inclinação nas curvas de resposta (β_1). Tais tendências parecem indicar, para o clone mais responsivo (E13), que a liberação de B da ulexita tem se intensificado ao longo do tempo, especialmente a partir de 2,0 meses. Batista (2011) constatou em cultivo de trevo branco que a Ulexita apresenta liberação lenta de B no solo, sendo as maiores taxas de recuperação obtidas após seis meses da aplicação.

Face ao exposto, percebe-se que não foi possível estabelecer doses ótimas de B para cada fonte ou clone estudados. A não ocorrência de déficits hídricos no período de avaliação certamente favoreceu o pleno crescimento das plantas, especialmente do sistema radicular, e manutenção de elevadas taxas de decomposição dos resíduos e mineralização da matéria orgânica, tornando o sistema não restritivo a disponibilização de B. Assim, sugere-se que novos experimentos sejam realizados considerando variações de fontes (diferentes solubilidades), solos, regiões, clima (ocorrência de déficit hídrico) e cultivares (clones), visando estabelecer doses adequadas de B para o plantio de eucalipto, em condições responsivas.

7. CONCLUSÕES

Não foi possível estabelecer doses ótimas de B para os clones E13 e E50, utilizando o Tetraborato de Sódio ou Ulexita como fontes, em um solo arenoso na região de Três Lagoas, MS, em período sem ocorrência de acentuado déficit hídrico;

A falta de resposta positiva (visível nas variáveis respostas estudadas) a adição de B ou a suposta toxidez causada pelo tetraborato, em termos de crescimento, sugere que o suprimento de B no estágio da planta estudado (solo e resíduos) foi suficiente para atendimento a demanda inicial;

O clone E13 mostrou-se mais sensível a adição de B em comparação ao E50.

O efeito negativo causado pelo tetraborato de sódio foi atribuído a sua elevada solubilidade, o que certamente elevou sobremaneira os teores do elemento no solo, causando toxidez ou desequilíbrio nutricional;

O aumento da resposta à fertilização com ulexita nos teores foliares de B, ao longo do tempo, confirmam a liberação mais lenta do nutriente no solo para esta fonte comparativamente ao tetraborato e sugere um aumento da taxa de liberação ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, H. E. F.; GODOY, L.; PINOTTI, E.; MANJI, M.; MARQUES, D.; SAKATA, S. Desenvolvimento inicial de mudas de eucalipto submetidas a doses de fertilizantes fosfatados. *In: FERTIBIO*, 2012, Maceió. **Resumo expandido** [...]. Maceió, 2012, 4 p. Disponível em: <http://files.geban.webnode.com.br/200002326-d52ded5883/FERTBIO-1162%207.pdf>. Acesso em: 20 out. de 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Por dentro do eucalipto**. Três Lagoas, MS, 2012. Portal: florestalrs.com.br. Disponível em: <http://www.rsflorestal.com.br/arquivos/artigos/b/Por%20Dentro%20do%20Eucalipto.pdf>. Acesso em: 20 out. de 2020.
- BATISTA, C. B. **Boro em trevo**: eficiência de extratores e efeito sobre atributos químicos do solo, em área com e sem corte da parte aérea submetida a níveis de b. 2011. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/229>. Acesso em: 16 nov. de 2020.
- BELTRAME, R.; BISOGNIN, D. A.; MATTOS, B. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A.; SANTOS, G. A. D. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000600009>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2012000600009&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 20 out. de 2020.
- BRITO, K.; LOPES, A.; PACHECO, A.; SILVA, F. Correlação de sistemas de irrigação na cultura de eucalipto com nutrientes foliares e volume de madeira. **Anais do Enic**, v. 1, n. 7, 2015. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/enic/article/viewFile/2916/2980>. Acesso em: 22 out. de 2020.
- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Aspectos florestais e tecnológicos da matéria-prima para carvão vegetal. **Circular Técnica nº 67**, Piracicaba, SP, periodicidade irregular, 1977. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr067.pdf>. Acesso em: 19 nov. de 2020.
- CARVALHO, M. D. R. **Otimização do método para determinação do boro em fritas e minérios utilizando a técnica de espectrometria de absorção atômica por chama**. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/123456789/83606/1/220826.pdf>. Acesso em: 19 nov. de 2020.
- CELESTRINO, T. S. **Fontes e modos de aplicação de boro na cultura do eucalipto (clone I144)**. 2014. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira,

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/111099>. Acesso em: 21 out. de 2020.

CELESTRINO, T. S.; BUZETTI, S.; NAKAYAMA, F. T. Efeito residual e reaplicação de boro na cultura do eucalipto. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 6, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.17271/1980082713620171716>. Disponível em: http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/1716. Acesso em: 21 out. de 2020.

CELESTRINO, T. S. **Efeito Residual e Reaplicação de Boro na Cultura do Eucalipto (Clone I144)**. 2017. 117 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152742/celestrino_ts_dr_ilha_sub.pdf?sequence=7&isAllowed=y. Acesso em: 22 out. de 2020.

COUTINHO, J.; BENTO, J.; VALE, R. Efeito da aplicação de boro em povoamentos de *Eucalyptus globulus* no norte e no centro de Portugal. **2o Relatório intercalar do projeto de investigação do CEDR**. Vila Real: Soporcel, 1995. 31 p.

SILVA, P. H. M.; CAMPOE, O. C.; VIEIRA, I. G.; DE PAULA, R. C. Aplicação foliar de boro em eucalipto sob estresse hídrico. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 43, n. 106, p. 395-405, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/171935>. Acesso em: 21 out. de 2020.

ABREU, C. A.; SOUZA, C. P. C.; ALBERTO, C. Lixiviação e disponibilidade de boro em função de fontes e características de solos. 2015. 4 f. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXV., 2015, Natal, RN. **Anais [...]**. Natal, RN: [s. n.], 2015. p. 1-4. Disponível em: <https://www.sbc.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/2187.pdf>. Acesso em: 22 out. de 2020.

EMBRAPA. **Transferência de tecnologia florestal: eucalipto**. Colombo, PR, 2019. Portal: www.embrapa.br. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto>. Acesso em: 19 nov. de 2020.

FERRANDO, M. G.; ZAMALVIDE, J. P. Aplicação de boro em eucalipto: comparação de fontes. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1191-1197, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000600020>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622012000600020&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 21 out. de 2020.

FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. D. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. D.; PAULA, T. R.; COUTINHO, R. P.; SILVA, R. L. D. Crescimento e produção de eucalipto na região do Médio Paraíba do Sul, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 24, Seropédica, RJ, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.131315>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2179-80872017000100198&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 20 out. de 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2020**. São Paulo, 2020. Portal: www.iba.org. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 20 out. de 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2019**. São Paulo, 2019. Portal: www.iba.org. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 19 nov. de 2020.

JESUS, G. L.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; HENRIQUES, E. P.; LIMA, V. C.; FERNANDES, L. V.; SOARES, E. M. B. Doses e fontes de nitrogênio na produtividade do eucalipto e nas frações da matéria orgânica em solo da região do cerrado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 201-214, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100021>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832012000100021&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. de 2020.

LIMA, A. M. N.; NEVES, J. C. L.; SILVA, I. R.; LEITE, F. P. Cinética de absorção e eficiência nutricional de K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ em plantas jovens de quatro clones de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 903-909, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000600008>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832005000600008&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 16 nov. de 2020.

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

MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; LOPES, M. T. G. Germinação de sementes de eucalipto sob estresse hídrico e salino. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, Uberlândia, 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18058>. Acesso em: 20 out. de 2020.

MASULLO, L. S. **Crescimento, nutrição e fitossanidade de povoamentos de eucalipto fertilizados com boro, cobre e zinco na presença e ausência de resíduos florestais**. 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2018. DOI: 10.11606/D.11.2018.tde-03052018-171246. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-03052018-171246/en.php>. Acesso em: 22 out. de 2020.

MORAIS, E. J. O uso de boro em plantios de eucaliptos na região norte e noroeste de Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO SOBRE O USO DO BORO EM FLORESTAS DE EUCALIPTO, Piracicaba, SP, 1998. **Anais [...]**. Piracicaba, SP: IPEF, 1999. p. 2-46.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. *In*: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.

NOVELINO, J. O.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. D.; NOVAIS, R. D.; MUNIZ, A. S. Efeito de níveis de boro em solução nutritiva no crescimento de *Eucalyptus* spp. **Revista árvore**, v. 6, n. 1, p. 45-51, 1982.

SILVA, M. O. P.; CORREA, G. F.; COELHO, L.; RABELO, P. G. Avaliação de dois tratamentos de adubação em plantio de eucalipto clonal em solo arenoso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, 2012. Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13264>. Acesso em: 21 out. de 2020.

PORTELA, E.; VALE, R.; ABREU, M. M. Carências de boro no interior: norte e centro de Portugal. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 484-517, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15024>. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2015000400003. Acesso em: 22 out. de 2020.

RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; FERREIRA, R. M. A.; ARAÚJO, J. L.; CARVALHO, J. G. D. Crescimento e teores de boro em plantas de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) cultivadas em dois latossolos sob influência de doses de boro e disponibilidade de água. **Revista Árvore**, 33(1), 57-65, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000100007>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622009000100007&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 22 out. de 2020.

SOARES, M. R.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C. Parâmetros termodinâmicos da reação de adsorção de boro em solos tropicais altamente intemperizados. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 1014-1022, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000600016>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422005000600016&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 19 nov. de 2020.

SILVEIRA, R. L. V. A.; CASARIN, V.; PAULA, T. A.; SILVEIRA, R. I. **Nutrição e Adubação com Boro em *Eucalyptus***. Piracicaba, SP, 2020. Portal: RRAgroFlorestal. Disponível em: <http://www.rragroflorestal.com.br/images/downloads/103.pdf>. Acesso em: 22 out. de 2020.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MOREIRA, A.; HIGASHI, E. N. Crescimento e sobrevivência de mudas de eucalipto sob doses de boro cultivadas em condições de viveiro e de campo. **Ciência agrotecnica**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 366-371, mar./abr., 2004. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/979461/1/a17.pdf>. Acesso em: 19 nov. de 2020.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. **Nutrição e adubação de *Eucalyptus***. Piracicaba, SP, 2002. Portal: RR Agroflorestal. Disponível em: <http://www.rragroflorestal.com.br/>. Acesso em: 24 nov. de 2020.

TIBURCIO, R. A. S.; FERREIRA, F. A.; PAES, F. A. S. V.; MELO, C. A. D.; MEDEIROS, W. N. Crescimento de mudas de clones de eucalipto submetidos à deriva simulada de diferentes herbicidas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 65-73, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000100008>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622012000100008&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 20 out. de 2020.