



CARLOS EDUARDO SIQUEIRA TEIXEIRA

**POLÍMERO HIDRORRETENTOR E
FERTILIZAÇÃO MINERAL NA
IMPLANTAÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS**

LAVRAS - MG

2018

CARLOS EDUARDO SIQUEIRA TEIXEIRA

**POLÍMERO HIDRORRETENTOR E FERTILIZAÇÃO MINERAL NA
IMPLANTAÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo

Orientador

LAVRAS - MG

2018

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Teixeira, Carlos Eduardo Siqueira.

Polímero hidrorretentor e fertilização mineral na implantação de
espécies florestais / Carlos Eduardo Siqueira Teixeira. – 2018.
98 p. : il.

Orientador: Lucas Amaral de Melo.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Hidrogel. 2. Adubação. 3. Nutrição florestal. I. Melo, Lucas
Amaral de. II. Título.

CARLOS EDUARDO SIQUEIRA TEIXEIRA

**POLÍMERO HIDRORRETENTOR E FERTILIZAÇÃO MINERAL NA
IMPLANTAÇÃO DE ESPÉCIES FLORESTAIS**

**HIDRORRETENTOR POLYMER AND MINERAL FERTILIZATION
IN THE IMPLANTATION OF FOREST SPECIES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 02 de março de 2018.

Profa. Dra. Maria Ligia de Souza Silva	UFLA
Prof. Dr. Régis Pereira Venturin	EPAMIG

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo
Orientador

LAVRAS - MG
2018

AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa finalizada, mais um sonho realizado: o Mestrado! É com muita honra e alegria que olho pra trás e vejo o quão vitoriosa foi mais essa jornada. Cada passo caminhado, cada degrau subido, cada desafio, tudo valeu a pena. Nesse momento eu vejo que a fé e a força de vontade podem mesmo quebrar barreiras e nossos próprios limites. Com toda certeza, não teria chegado até aqui sem o fundamental apoio de muitos, por isso, tenho a satisfação de agradecer àqueles que estiveram presentes comigo nessa caminhada.

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e proteção.

Aos meus pais, Artêmio (*in memoriam*) e Marize, a razão de tudo, pelo amor incondicional, apoio, e principalmente por me mostrarem que a fé é o alicerce de nossas vidas.

À minha irmã Taciana, pelo companheirismo e cumplicidade.

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Ciências Florestais, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal e ao Laboratório de Silvicultura, por toda a base e recursos oferecidos.

Ao meu orientador, Professor Dr. Lucas Amaral de Melo, pelo conhecimento obtido, dedicação, companheirismo e por ser verdadeiramente um exemplo a ser seguido por todos nós da Engenharia Florestal.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos do Laboratório de Silvicultura, mestrandos, doutorandos e alunos de iniciação científica, pelo imenso aprendizado compartilhado.

Aos meus tios e primos, pelo imenso apoio em todos os momentos.

Aos amigos de Lavras e da UFLA, por tantos momentos bons que passamos.

A todos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal, muito obrigado!

RESUMO GERAL

A produtividade florestal é influenciada, entre outros fatores, pela disponibilidade hídrica e nutricional. O uso dos polímeros hidrorretentores é uma alternativa para o suprimento de água no período inicial de desenvolvimento das plantas, podendo reter e disponibilizar também os nutrientes nela presentes. Estes, por sua vez, diante de um cenário onde a maioria dos solos brasileiros têm baixa fertilidade natural, são disponibilizados principalmente via fertilização mineral nos povoamentos florestais. Diante disso, o objetivo geral deste trabalho foi verificar o efeito do uso do polímero hidrorretentor e da fertilização mineral no crescimento de espécies florestais na fase de implantação. Em um primeiro experimento foi analisado o efeito do uso do polímero e de diferentes combinações de doses de fertilização mineral no crescimento de mudas de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, além de ser analisado o teor e acúmulo de nutrientes das folhas das mudas. Em um segundo experimento foi analisado o efeito do polímero e da fertilização no crescimento, sobrevivência e teor de nutrientes de mudas de *Toona ciliata*. Já em um terceiro experimento foi verificado o efeito do polímero hidrorretentor e de doses de fertilização mineral fosfatada no crescimento de *Pinus caribaea* e *Pinus elliottii*. A partir da análise dos dados foi verificado que não houve interação entre os fatores analisados nos experimentos. O uso do polímero influenciou no crescimento das mudas do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* e na sobrevivência das mudas de *Toona ciliata*, não influenciando no crescimento das espécies de *Pinus*. A maior dosagem de fertilizante utilizada foi a responsável pelo maior crescimento das mudas, além de obter maior acúmulo de nutrientes nas mudas híbridas. O fósforo se mostrou ser um nutriente limitante ao crescimento das mudas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* e de *Toona ciliata*, não influenciando no crescimento das espécies de *Pinus*. A espécie *Pinus caribaea* apresentou maior crescimento no período avaliado em comparação à *P. elliottii*.

Palavras-chave: Hidrogel. Adubação. Nutrição florestal.

GENERAL ABSTRACT

Forest productivity is influenced, among other factors, by water and nutritional availability. The use of hidrorretentor polymers is an alternative for water supply in the initial period of development of plants, and can retain and make available the nutrients present in them. These, in turn, face a scenario where most Brazilian soils have little natural fertility, are available mainly through mineral fertilization in forest stands. Therefore, the general objective of this work was to verify the effect of the use of hidrorretentor polymer and mineral fertilization on the growth of forest species in the implantation phase. In a first experiment the effect of the use of the polymer and different combinations of mineral fertilization doses on the growth of *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* hybrid seedlings was analyzed, in addition to analyzing the content and accumulation of nutrients of the leaves of the seedlings. In a second experiment the effect of polymer and fertilization on growth, survival and nutrient content of *Toona ciliata* seedlings was analyzed. Already in a third experiment the effect of the hidrorretentor polymer and doses of phosphate mineral fertilization on the growth of *Pinus caribaea* and *Pinus elliottii* were verified. From the analysis of the data it was verified that there was no interaction between the factors analyzed in the experiments. The use of the polymer influenced the growth of the *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* hybrid seedlings and the survival of the *Toona ciliata* seedlings, without influencing the growth of the pine species. The higher fertilizer dosage used was responsible for the greater growth of the seedlings, besides obtaining greater accumulation of nutrients in the hybrid seedlings. Phosphorus was shown to be a nutrient limiting the growth of *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* and *Toona ciliata* seedlings, without influencing the growth of *Pinus* species. The species *Pinus caribaea* showed higher growth in the period evaluated in comparison to *P. elliottii*.

Keywords: Hydrogel. Fertilizing. Forest nutrition.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL	9
1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	<i>Eucalyptus</i> spp.	13
2.2	<i>Toona ciliata</i> M. Roemer.....	14
2.3	<i>Pinus</i> spp.	15
2.4	O uso do hidrogel em espécies florestais	17
2.5	Nutrição florestal.....	19
	REFERÊNCIAS	23
	CAPÍTULO 2 POLÍMERO HIDRORRETENTOR E FERTILIZAÇÃO MINERAL NA IMPLANTAÇÃO DE UM HÍBRIDO DE <i>Eucalyptus urophylla</i> X <i>E. grandis</i>	31
1	INTRODUÇÃO	33
2	MATERIAL E MÉTODOS	35
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4	CONCLUSÕES	51
	REFERÊNCIAS	53
	CAPÍTULO 3 POLÍMERO HIDRORRETENTOR E FERTILIZAÇÃO MINERAL NA IMPLANTAÇÃO DE <i>Toona ciliata</i> M. Roemer	57
1	INTRODUÇÃO	59
2	MATERIAL E MÉTODOS	63
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4	CONCLUSÕES	77
	REFERÊNCIAS	79
	CAPÍTULO 4 POLÍMERO HIDRORRETENTOR E FERTILIZAÇÃO MINERAL FOSFATADA NA IMPLANTAÇÃO DE <i>Pinus elliottii</i> E <i>Pinus caribaea</i>	83
1	INTRODUÇÃO	85
2	MATERIAL E MÉTODOS	89
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
4	CONCLUSÕES	95
	REFERÊNCIAS	97

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro contribui significativamente para a economia do país, gerando produtos para o consumo interno e para exportação, empregos, impostos, além de sua importância na preservação dos recursos naturais (VITAL, 2007).

O país possui uma área de 7,84 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo que os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares, os de pinus 1,6 milhão de hectares, e o restante é ocupado por outras espécies como Acácia, Teca, Seringueira, Paricá, entre outras. De acordo com dados da Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ (2017), o setor é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais, sendo os 9% restantes vindos de florestas nativas manejadas legalmente.

Por possuir boas características de solo e clima, além do desenvolvimento tecnológico obtido em sua silvicultura, o Brasil apresenta grande competitividade no mercado de produtos florestais, e, em razão de tais condições, expandiram-se os reflorestamentos com eucalipto e pinus na região do Cerrado nas décadas de 1970 e 1980 (JUVENAL; MATTOS, 2002).

Segundo Balbino et al. (2011), a busca por tecnologias na área florestal e por mais estudos sobre os impactos dos plantios no meio ambiente é crescente, já que, ao longo dos anos, a demanda mundial por produtos derivados da madeira vem aumentando, além da possibilidade de se buscar fontes alternativas e sustentáveis de uso da terra, como os sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta e o uso de florestas para o sequestro de carbono.

Em relação aos aspectos sociais, o setor florestal é capaz de demandar grande quantidade de mão de obra, o que gera uma melhor distribuição de renda

para a população, além da melhoria de condições de transporte e comunicação entre as comunidades, questões estas observadas quando é realizado o manejo florestal sustentável (BINKOWSKI, 2009).

A disponibilidade de água e nutrientes no solo é fator primordial para a elevação da produtividade e melhoria da qualidade de plantas e cultivares (AOUADA et al., 2008), sendo necessário desenvolver procedimentos que visem a melhoria das condições de solo e conseqüentemente elevem a sobrevivência e o desempenho das mudas no campo (NAVROSKI et al., 2014).

Diante disso, os polímeros hidrorretentores, também conhecidos como hidrogéis, surgem como uma alternativa que possibilita a retenção de água e posterior liberação de forma gradual para a planta, podendo apresentar um melhor aproveitamento da irrigação, reduzindo o risco de perda na implantação do povoamento florestal, além de reduzir a perda de nutrientes por lixiviação, melhorando assim o meio onde as plantas irão se desenvolver (BUZETTO; BIZON; SEIXAS, 2002; CÂMARA et al., 2011).

Segundo Cottem (1998), é importante saber não só a quantidade de água retida pelo polímero, mas também se são capazes de aumentar a retenção de nutrientes, surgindo como alternativa para otimizar as aplicações de fertilizantes, minimizando a poluição do solo e da água subterrânea.

Apesar da grande importância de se inserir novas tecnologias no meio florestal, a utilização de forma incorreta do produto pode ser prejudicial ao crescimento das plantas, sendo necessários mais estudos que visem buscar a correta dosagem, formulação e forma de aplicação. Além disso, é necessário estabelecer a melhor fase do plantio para se utilizar, buscando melhores resultados em relação ao manejo e maior retorno econômico (BUZETTO; BIZON; SEIXAS, 2002; VERVLOET FILHO, 2011).

Além da disponibilidade hídrica, é fundamental que se disponibilize os nutrientes essenciais para o crescimento vegetal. As práticas de correção da

acidez e fertilização mineral do solo contribuem significativamente para a melhoria da fertilidade dos solos (BERNARDI et al., 2002).

A fertilização mineral é a ferramenta mais usada para alterar a qualidade do sítio, aumentando a taxa de crescimento e de produtividade das florestas (SILVA; POGGIANI; STAPE, 2008), e é necessária porque os nutrientes são necessários em muitos processos fisiológicos das plantas, controlando o crescimento e desenvolvimento (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000). Porém, o emprego de fertilizantes minerais, sem a observação de outras técnicas de implantação e manejo florestal, pode não favorecer os resultados esperados (BALLONI, 1978).

Desta forma, de maneira geral, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do polímero hidrorretentor e de diferentes dosagens de fertilização mineral no crescimento de mudas de *Eucalyptus spp.*, *Toona ciliata* e *Pinus spp.* na fase de implantação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Eucalyptus* spp.

Os plantios de eucalipto ocupam uma área de 5,7 milhões de hectares e estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (15%). A indústria brasileira de base florestal é mundialmente reconhecida pela alta produtividade de suas áreas plantadas, sendo que o setor brasileiro apresenta a maior, medida em madeira produzida por unidade de área ao ano, e a menor rotação do mundo, ou seja, o menor tempo entre o plantio e a colheita das árvores. Isso se deve tanto pelas condições favoráveis de clima e solo, quanto aos investimentos contínuos destinados ao setor. Dados de 2016 mostram que o Brasil liderou o ranking global de produtividade florestal, apresentando os plantios de eucalipto uma média de 35,7 m³/ha ao ano (IBÁ, 2017).

Florestas de eucalipto apresentam alta demanda de nutrientes advindos do solo, principalmente nitrogênio, até a formação da copa. Após o estabelecimento desta, a ciclagem de nutrientes da serrapilheira para o solo é a via mais importante de fornecimento de nutrientes para a floresta (NOVAIS et al., 1990). Em geral, os florestamentos e reflorestamentos de eucalipto estão localizados em solos com baixa fertilidade natural e submetidos a períodos de déficit hídrico (GAVA, 1997), se fazendo necessário utilizar da fertilização mineral nesses povoamentos, visando modificar a qualidade do sítio, aumentando a produtividade da floresta (VALE et al., 2000; SILVA; POGGIANI; STAPE, 2008).

Dentre as possibilidades de manejo e condução de florestas de eucalipto, espécies de eucalipto vêm sendo utilizadas consorciadas com outras espécies, mostrando-se esta uma técnica promissora para uso múltiplo dos recursos

naturais (KLEINPAUL et al., 2010). Esta forma de manejo e condução aumenta a quantidade de nitrogênio do solo pela fixação biológica quando se utiliza espécies da família Fabaceae, propiciando a utilização do solo de forma mais eficiente (BOUILLET et al., 2008; COELHO et al., 2007).

2.2 *Toona ciliata* M. Roemer

O cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) é uma espécie pertencente à família Meliaceae, originária das regiões tropicais da Austrália, que se adaptou muito bem às condições edafoclimáticas brasileiras, principalmente no sul da Bahia e região sudeste (PINHEIRO et al., 2003). A espécie possui rápido crescimento e chega a atingir oito metros de altura e 15 cm de diâmetro com três anos de idade (PINHEIRO et al., 1994).

As principais vantagens da espécie em relação aos cedros brasileiros são seu curto ciclo de produção e ausência de ataques pela broca *Hypsipyla grandella*, praga que ataca a gema apical de espécies pertencentes à família Meliaceae, prejudicando o crescimento regular em altura das mesmas (FERREIRA et al., 2012).

Sua reprodução se dá, principalmente, por sementes, mas devido à sazonalidade de produção e rápida perda do poder germinativo quando conservadas em temperatura ambiente, há investimentos por parte de empresas florestais em mudas clonais, principalmente pelo método de miniestaquia (SOUZA et al., 2009).

Uma das principais limitações para a utilização da espécie em plantios comerciais é a carência de informações referentes às suas exigências nutricionais em implantações em campo. Em condições controladas de casa de vegetação, o N, P, K e S são os macronutrientes que mais afetam o crescimento das mudas (MORETTI et al., 2011). Devido à carência de estudos em relação às exigências

da espécie, para condições de campo, muitas vezes é utilizado o mesmo manejo adotado para o cedro brasileiro e o eucalipto, que, segundo Vilela e Stehling (2012), é inadequado devido ao fato da espécie ser mais exigente em nutrientes e não tolerar solos ácidos.

Segundo Mangialavori et al. (2003), o cedro australiano é uma espécie promissora para plantios comerciais, devido principalmente à qualidade da madeira. Os autores destacam que a cada dia a espécie atrai mais a atenção de produtores e ganha espaço no mercado brasileiro.

2.3 *Pinus* spp.

No Brasil, os plantios com espécies do gênero *Pinus* ocupam 1,6 milhão de hectares, principalmente nos estados do Paraná e Santa Catarina. A área plantada, nos últimos anos, vem caindo devido principalmente à substituição por eucalipto, com exceção da região sul, onde a área plantada se manteve constante (IBÁ, 2017).

Os principais produtos obtidos com a madeira de árvores do gênero são a madeira serrada, celulose de fibra longa, compensados, pasta de alto rendimento, MDF, aglomerado (DOSSA et al., 2002), além de um produto de exudação denominado de resina ou óleo-resina, que fornece subprodutos usados na indústria química e farmacêutica, além de ser matéria prima na produção de lubrificantes, vernizes, plásticos, adesivos, entre outros (BRITO et al., 1978).

É válido destacar que, apesar de algumas espécies estarem sendo substituídas no sudeste pelo eucalipto para a produção de celulose de fibra curta (IBÁ, 2017), as espécies *Pinus caribaea* e *P. elliottii* apresentam destaque por terem grande potencialidade para a produção de resina e ainda são cultivadas amplamente na região.

As duas espécies são consideradas aptas para serem plantadas na maior parte do território mineiro (GOLFARI, 1978), e a adoção de práticas silviculturais adequadas as tornam importante fonte dessa matéria prima (KRONKA et al., 2005). Devido às boas condições edafoclimáticas do território brasileiro, as florestas de *Pinus* apresentam rápido crescimento, apresentando, assim como o eucalipto, a maior média de produtividade por unidade de área, chegando a $30,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Valor esse bem superior ao comparado com a média dos EUA, onde a cultura é nativa e apresenta uma produtividade média de aproximadamente $13 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (IBÁ, 2017).

As espécies de *Pinus*, de maneira geral, são consideradas pouco exigentes em nutrientes, pois normalmente os plantios são implantados em sítios de baixa fertilidade, em condições adversas para o desenvolvimento de espécies nativas (WITSCHOREK et al., 2005). Neste sentido, Reissmann e Wisniewski (2005) afirmam que as espécies do gênero têm grande capacidade de usar de forma eficiente os recursos nutricionais em solos com baixa fertilidade natural, sem apresentarem sintomas de deficiência, dando a falsa expectativa que não são necessários muitos cuidados com a fertilização. Porém, Viera e Schumacher (2009) ressaltam que plantas crescidas sob essas condições não apresentam desenvolvimento economicamente satisfatório.

Trabalhos realizados por Santos Filho et al. (1987) mostraram que os piores crescimentos de *Pinus* foram obtidos em plantios com solos arenosos, em posições da paisagem que favorecem a lixiviação e a baixa capacidade de retenção de água.

Alguns estudos realizados nos EUA em relação à fertilização mineral em *Pinus* (KYLE et al., 2005; WILL et al., 2006; ALBAUGH et al., 2008) mostraram efeitos positivos sobre o crescimento das plantas, porém no Brasil os estudos ainda são escassos e antigos, o que torna necessária a busca por novas pesquisas relacionadas à resposta à fertilização e exigências nutricionais das espécies.

2.4 O uso do hidrogel em espécies florestais

A quantidade de projetos de reflorestamentos que buscam altas produtividades, juntamente com a conservação da natureza tem aumentado de forma significativa. Isso fez com que aumentassem também os estudos que busquem alternativas ecologicamente sustentáveis para minimizar impactos danosos à natureza, assim como redução dos custos de implantação (MONTEIRO, 2014).

Diante disso, os polímeros hidrorretentores, também conhecidos como hidrogéis, surgem como uma alternativa que possibilita a retenção de água e posterior liberação de forma gradual para a planta, podendo apresentar um melhor aproveitamento da irrigação e reduzir o risco de perda na implantação do povoamento florestal (BUZETTO; BIZON; SEIXAS, 2002).

A quantidade de água disponível no solo é fator essencial no desenvolvimento das plantas, já que a mesma participa de diversas reações no solo e nas culturas. Porém, grandes quantidades da água proveniente da chuva e irrigação são perdidas por infiltração e evaporação, contribuindo também para lixiviação e percolação de nutrientes (DUZI, 2005). Nesse sentido, segundo Câmara et al. (2011), entre os benefícios diretos e indiretos gerados pelo uso dos hidrogéis, está a redução da perda de nutrientes por lixiviação, podendo assim melhorar o meio onde as plantas irão se desenvolver.

Os polímeros hidrorretentores, também chamados de polímeros hidroabsorventes ou hidrogéis, são produtos naturais, quando derivados do amido, ou sintéticos, quando derivados do petróleo, sendo ambos utilizados pela sua capacidade de absorver e armazenar água (MORAES et al., 2001). Segundo os autores, uma vez no solo, o polímero retém a água proveniente da chuva ou irrigação e disponibiliza-a de forma lenta ao sistema radicular da planta, sendo

capaz de diminuir o processo de dessecação das raízes em períodos de seca e permitir o desenvolvimento da planta mesmo em condições de estresse hídrico.

Segundo Koupai, Eslamian e Kazemi (2008) qualquer tentativa de melhorar a capacidade de retenção da água no solo é válida, visto que a falta do recurso reduz a transpiração e a fotossíntese, prejudicando o desenvolvimento das plantas.

Entre as formas de aplicação do produto estão a incorporação no substrato das mudas em viveiros, a imersão do sistema radicular em solução de hidrogel antes do plantio para evitar dessecação e a incorporação do polímero no solo, evitando mortalidade das mudas (LANDIS; HAASE, 2012).

Vale ressaltar que, apesar de sua aplicação ser relativamente simples, é fundamental que se utilize da dosagem correta do produto, uma vez que dosagens além do indicado causam uma expansão demasiada do polímero, capaz de empurrar a planta para cima e impedir seu contato com o solo ou substrato, aumentando, conseqüentemente, a taxa de mortalidade das mudas (SARVAS; PAVLENDÁ; TAKACOVA, 2007).

As doses a serem aplicadas em plantios florestais geralmente são indicadas pelo fabricante do produto, sem distinção do clima ou tipo de solo da região (ALVES, 2009). Porém, segundo Prevedello e Loyola (2007), visto que o produto foi difundido para suprir a demanda hídrica de regiões secas, é fundamental a busca por mais estudos que alcancem a correta dosagem para os diferentes tipos de clima e solos.

Para Garcia, Padilha e Dias (2011) bons resultados podem ser obtidos com o uso do polímero em diversas regiões, sobretudo naquelas onde a cultura tem dificuldade durante sua implantação, devido ao clima seco e presença de solos arenosos.

Em estudo sobre a eficiência do uso de hidrogel no crescimento de mudas de café, Azevedo et al. (2002) verificaram que tanto a altura total quanto

a massa seca da parte aérea e a massa seca total foram diretamente afetadas. Os autores afirmam que a utilização do polímero permitiu aumentar o intervalo das irrigações e quanto menor o fornecimento de água para as mudas, maior a importância do polímero. Sanches (2013), realizando estudo sobre a sobrevivência de mudas de *Eucalyptus grandis*, verificou que o polímero favoreceu a sobrevivência das mudas, reduziu o número de irrigações aumentando o intervalo entre elas, reduzindo também o custo com a operação.

Segundo Cotthem (1998), o polímero é capaz de reter também os nutrientes presentes na solução do solo, e surge como alternativa para otimizar a aplicação de fertilizantes. Nesse sentido, Bernardi (2012), em estudo sobre o crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e fertilização mineral, verificou que houve efeito positivo para as variáveis altura e diâmetro de coleto com o uso do polímero e que o mesmo pode reduzir em até 40% a fertilização mineral de base e cobertura. Navrosky et al. (2016) ao avaliarem a qualidade do substrato e a redução da fertilização mineral na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*, verificaram que o polímero pode reduzir a fertilização mineral de 25 a 50%, sem que a qualidade das mudas seja afetada.

Segundo Oliveira et al. (2004), o conhecimento científico do uso dos polímeros hidrorretentores ainda é escasso, sendo fundamental a busca por mais estudos principalmente referentes à sua aplicação em diferentes tipos de solos e sua real contribuição na disponibilidade hídrica para as plantas.

2.5 Nutrição florestal

O desenvolvimento dos estudos em nutrição florestal no Brasil está atrelado, principalmente, à expansão das áreas de plantio de eucalipto (FERREIRA, 1993). A sustentabilidade produtiva das florestas ainda é um dos

desafios da silvicultura, sobretudo pela rápida taxa de crescimento das florestas plantadas e conseqüentemente elevada demanda de recursos do solo, como água e nutrientes (BELLOTE, 2008).

Para se adotar as estratégias corretas de manejo em longo prazo, os silvicultores devem conhecer a quantidade de nutrientes que é exportada e a disponibilidade de nutrientes no sítio de cultivo, e assim elaborar técnicas que visem o manejo sustentável por várias rotações (SANTANA, 2008).

Inúmeros trabalhos foram feitos com fertilização mineral em eucalipto no Brasil, mostrando que adubações realizadas de forma correta contribuem para o aumento do incremento médio das plantas (BARROS et al., 1992).

O manejo nutricional de um povoamento florestal é realizado visando obtenção de maior produtividade com o menor custo possível (SILVA; POGGIANI; BRITO, 2009). Nesse sentido, nitrogênio, fósforo e potássio são nutrientes com grande proeminência no desenvolvimento vegetal e representam valores significativos no planejamento de custo da fertilização florestal (SILVA, 2017).

O nitrogênio (N) destaca-se dos demais nutrientes por possuir grande dinamismo no solo e por ser, geralmente, o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas. Esse nutriente apresenta grande mobilidade no solo e tem diversas transformações em reações mediadas por microorganismos. Devido ao seu alto dinamismo, à grande dificuldade de ser mantido no solo ao alcance das raízes, baixo efeito residual e grande exigência pelas culturas, a fertilização mineral com esse nutriente precisa ser feita de forma mais elevada e constante que a dos demais nutrientes (FURTINI NETO et al., 2001).

A maior absorção de nitrogênio, na fase inicial do ciclo vegetativo, resulta em maior área foliar e conseqüentemente maior fixação de CO₂, já que participa da síntese de clorofilas, como componente dos sistemas energéticos na planta e dos ácidos nucléicos e aminoácidos, os quais formam as proteínas

(DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Segundo Neves, Gomes e Novais (1990), nessa fase de crescimento, esse nutriente controla o ritmo de crescimento, tamanho e vigor das plantas, promovendo ganhos no crescimento.

O fósforo (P) é o nutriente que mais limita a produção vegetal no Brasil, e isso se deve tanto pela sua baixa disponibilidade nos solos brasileiros, quanto à alta capacidade de reagir com componentes do solo e formar compostos de baixa solubilidade (FURTINI NETO et al., 2001). Os autores ressaltam que, diferentemente do que ocorre com os demais nutrientes, a fertilização mineral com P deve ser feita em quantidade maior do que aquela exigida pela planta.

O suprimento de P no início do crescimento é muito importante, visto que o mesmo estimula o crescimento de raízes e a taxa de crescimento inicial da parte aérea (MALAVOLTA, 1980). De maneira geral, Lopes (1989) resalta que o P é um elemento essencial ao desenvolvimento vegetal, por estar envolvido em processos como fotossíntese, respiração, divisão e crescimento celular e transferência de energia nas células.

O potássio (K) é um nutriente absorvido em grandes quantidades pelas plantas, e, além da produção propriamente dita, é um elemento associado à resistência das plantas a condições adversas, como baixa disponibilidade de água e extremos de temperatura (FURTINI NETO et al., 2001). O nutriente atua também na ativação de muitas enzimas que participam do metabolismo da planta e na fotossíntese, e, em condições de deficiência, reduz a fotossíntese, aumenta a respiração e diminui a concentração de carboidratos, regula a abertura e fechamento estomático, atua nos processos de transporte através das membranas e transporte no floema (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Trabalhos pioneiros de Brasil Sobrinho et al. (1961), Mello (1968) e Knudson, Correa e Yai-iner (1967) foram extremamente relevantes para se elaborar formulações de fertilizantes NPK, que passaram a ser usados para suprir

a demanda pelos nutrientes nos plantios de eucalipto e contribuir diretamente com o aumento da produtividade das florestas.

REFERÊNCIAS

- ALBAUGH, T.J., ALLEN, H.L.; FOX, T.R. Nutrient use and uptake in *Pinus taeda*. **Tree Physiol.**, 28:1083-1098, 2008.
- AOUADA, F. A.; MOURA, M. R. D.; MENEZES, E. D. A; NOGUEIRA, A. R. D. A.; MATTOSO, L. H. C. Síntese de hidrogéis e cinética de liberação de amônio e potássio. **Rev. Bras. Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 8, p. 1643-1649, 2008.
- AZEVEDO, TÉDSON L. DE F.; BERTONHA, ALTAIR; GONÇALVES, ANTÔNIO C. A. Uso de Hidrogel na Agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.1, n.1, p.23-31, 2002.
- BALBINO, Luiz Carlos et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 0-0, 2011.
- BALLONI, E. A. Fertilização florestal. INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS, 1978.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, I.C.L.; LEAL, P.G.L. Fertilizing Eucalypt plantations on the Brazilian savannah soils. **South African forestry journal**, v. 160, n. 1, p. 7-12, 1992.
- BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A.; DA SILVA, H. D. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 31, 2008.
- BERNARDI, A.C. C.; MACHADO, P.L.O. A.; SILVA, C.A. Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J.R.R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.61-77, 2002.
- BERNARDI, M. R., SPEROTTO JUNIOR, M., DANIEL, O.; TADEU VITORINO, A. C. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e fertilização mineral. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, jan./mar. 2012.

BINKOWSKI, P. Conflitos ambientais e significados sociais em torno da expansão da silvicultura de eucalipto na “Metade Sul” do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Porto Alegre, 2009.

BOUILLET, J.P.; LACLAU, J.P.; GONÇALVES, J.L.M.; MOREIRA, M.Z.; TRIVELIN, P.; JOURDAN, C.; GALIANA, A. Mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil. In: WORKSHOP ON SITE MANAGEMENT AND PRODUCTIVITY IN TROPICAL PLANTATION FORESTS, 7., Bogor. **Proceedings**. Bogor: Center for International Forestry Research, p.1-13, 2006.

BRASIL SOBRINHO, M. O.C., MELLO, F. A. F., RODRIGUES, N.; MELLO, H.A. Competição entre diferentes tipos de localização de fertilizantes no plantio de *E. saligna* Smith. **2ª Conferência Mundial do Eucalipto**. São Paulo: 2, p.919-923, 1961.

BRITO, J. O., BARRICHELO, L. E. G., GUTIERREZ, L. E.; TREVISAN, J. F. Resina de *Pinus* implantados no Brasil: resinagem e qualidade de resinas de pinheiros tropicais: comparações entre espécies e época de resinagem. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais; ESALQ-USP, circular técnica 35, 1978.

BUZETTO, F. A.; BIZON, J. M. C.; SEIXAS, F. **Avaliação de hidrogel no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus* em pós-plantio**. Piracicaba:IPEF, 2002. 8p. (Circular Técnica, 195).

CÂMARA, G. R.; REIS, D. F.; ARAÚJO, G. L.; CAZOTTI, M. M.; DONATELLI JUNIOR, E. J. Avaliação do desenvolvimento do cafeeiro *Conilon robusta* tropical mediante uso de polímeros hidro-retentores e diferentes turnos de rega. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13; p. 135 - 146, 2011.

COELHO S.R.F; GONÇALVES J.L.M.; MELLO S.L.M.; MOREIRA R.; SILVA E.V.; LACLAU J. Crescimento, nutrição e fixação biológica de nitrogênio em plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 759-768, 2007.

COTTHEM, W. V. O papel de Terracottem como um absorvente universal. Bélgica: **Ghent**, 1998.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 91 – 132, 2007.

DOSSA, D. Produção e rentabilidade de pínus em empresas florestais. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2002.

DUZI, D.M. Efeito da adição do polímero hidrorretentor na eficiência da fertilização mineral nitrogenada no crescimento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em dois diferentes substratos. 2005. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005.

FERREIRA, C. A. Nutrição mineral de florestas plantadas: o estado atual e as tendências da pesquisa e da prática. In: **Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. Floresta para o Desenvolvimento: Política, Ambiente, Tecnologia e Mercado: anais. São Paulo: SBS;[SI]: SBEF, 1993. v. 3, p. 157-162., 1993.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. D., RESENDE, Á. V. D.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. D. A. (2001). Fertilidade do solo. (Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a Distância – Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio). Lavras: UFLA/FAEPE. 261 p.

GARCIA, A. L. A.; PADILHA, L.; DIAS, A. S. Uso de polímero hidrorretentor no plantio de cafeeiros em ambiente protegido. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. 2011. Araxá, **Anais...** UFV, 2011.

GAVA, J. L. Efeito de fertilização mineral potássica em plantios de *E. grandis* conduzidos em segunda rotação em solos com diferentes teores de potássio trocável. **Série técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 84-94, 1997.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. IPEF: Piracicaba, 2000, 427p.

IBÁ: INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Brasília, DF, 2017. 80 p. Relatório IBÁ.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES setorial, Rio de Janeiro**, n. 16, 2002.

KLEINPAUL I.S.; SCHUMACHER M.V.; VIEIRA M.; NAVROSKI M.C. Plantio misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agroflorestal: I - produção de biomassa. **Revista Ciência Florestal**, v.20, n.4, p.621-627, 2010.

KNUDSON. D., CORREA. H.; YAI-INNER.J.E. Fertilização mineral de *E. saligna* em solos do cerrado de Minas Gerais. In: Reunião Brasileira de Cerrado (2ª). **Anais**, p.101-125, 1967.

KOUPAI, J. A.; ESLAMIAN, S. S.; KAZEMI, J. A. Enhancing the available water content in unsaturated soil zone using hydrogel, to improve plant growth indices. **Ecology & Hydrobiology**, Lodz, v. 8, n. 1, p. 67-75, 2008.

KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R.H. **A Cultura do Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. 160p.2005.

KYLE, K.H.; ANDREWS, L.J.; FOX, T.R.; AUST, M.; BURGER, J.A.; HANSEN, G.H; LANDIS, T. D.; HAASE, D. L. Applications of Hydrogels in the Nursery and During Outplanting. 2012. In: HAASE, D. L.; PINTO, J. R.; RILEY, L. E. (Org.). **National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations**. Fort Collins: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Proceedings RMRS. p. 53-58, 2012.

LOPES, A. S. **Manual de Fertilidade do Solo**. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989 . 153p.

MANGIALAVORI A. Growth measurements in commercial plantations of Australian red Redar (*Toona ciliata* var. *australis*) in Salta province, Argentina. **SAGPyA Forestal**, 26: 2-6, 2003.

MELLO, H.A. **Aspectos do emprego de fertilizantes minerais no reflorestamento de solos de cerrado do Estado de São Paulo, com *E. saligna***. Tese Prof. Catedrático, ESALQ/USP: Piracicaba, 1968.

MONTEIRO, M. M. Efeito do hidrogel em plantios de mudas nativas do cerrado para recuperação de área degradada pela mineração no Distrito Federal.2014. xi, 90 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)— Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

MORAES, O.; BOTREL, T. A.; DIAS, C. T. S. Efeito do uso de polímero hidroretentor no solo sobre intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 12, p. 73 - 80, 2001.

MORETTI, B. S.; FURTINI NETO, A. E.; 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, 2011.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; CUNHA, F. S.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Influência do polímero hidrorretentor na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus dunnii* sob diferentes manejos hídricos. **Revista Nativa**, v.2, n.2, p.108 - 113, 2014.

NAVROSKI, M. C., MACHADO ARAÚJO, M., DA SILVA CUNHA, F., PASQUETTI BERGHETTI, Á. L., DE OLIVEIRA PEREIRA, M. Redução da fertilização mineral e melhoria das características do substrato com o uso do hidrogel na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1155-1165, 2016.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação solo-eucalipto**. ViçosaMG: Folha de Viçosa, p. 100–124, 1990.

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

OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M. A.; MIRANDA, G. V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, p.160-163, 2004.

PREVEDELLO, C. L.; LOYOLA, J. M. T. Efeito de polímeros hidrorretentores na infiltração da água no solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 313-317, 2007.

REISSMANN, C.B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V., eds. **Nutrição e fertilização florestal**. 2.ed. Piracicaba, IPEF, 2005. p.135-166.

SANCHES, L. V. C. Aplicação de polímero hidrorretentor no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus grandis*. 2013. xiv, 97 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2013.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. D.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B.. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, 2008.

SANTOS FILHO, A.; ROCHA, H. O. Principais características dos solos que influem no crescimento de *Pinus taeda* L. no 2º Planalto Paranaense. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**. V 9(1-2). P. 107-111, 1987.

SARVAS, M.; PAVLENDÁ, P.; TAKÁCOVA, E. Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations, **J. FOR.SCI.**, Praga, v. 53, n. 5, p. 204-209, 2007.

SILVA, N. F. Eficiência nutricional e seus biomarcadores em eucalipto para nitrogênio, fósforo e potássio. 2017. 124 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; BRITO, J. O. Produção de óleo essencial e balanço nutricional em *Corymbia citriodora* adubado com lodo de esgoto em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, v. 15, p. 346-354, 2009.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; STAPE, J. L. Crescimento de *Eucalyptus grandis* tratado com diferentes doses de lodos de esgoto úmido e seco, condicionados com polímeros. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, p. 79-88, 2008.

SOUZA, J.C.A.V.; BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G.A.; TEIXEIRA, S.L.; BALBINOT, E. Propagação vegetativa de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista árvore**, v.25, 205-213, 2009.

VALE, A.T.V.; BRASIL, M.A.M.; CARVALHO, C.M.; VEIGA, R.A.A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de fertilização mineral. **Cerne**, Lavras, v.6, p.83-88, 2000.

VERVLOET FILHO, R. H. **Utilização de hidroretentor em substrato semisaturado na produção de mudas de eucalipto**. 2011. 95 f. Dissertação(Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Jerônimo Monteiro, 2011.

VILELA, E. S.; STEHLING, E. C. **Recomendações de plantio para cedro australiano**. Campo Belo: Bela Vista Florestal, 23 p., 2012.

VITAL, M. H. F. "Impacto ambiental de florestas de eucalipto." *Revista do BNDES, Rio de Janeiro* 14.28 (2007): 235-276.

WILL, R.E.; MARKEWITZ, D.; HENDRICK, R.; MEASON, D.F.; CROCKER, T.R.; BORDERS, B.E. Nitrogen and phosphorus dynamics for 13-year-old loblolly pine stands receiving complete competition control and annual N fertilizer. **For. Ecol. Manage.**, 227:155-168, 2006.

WITSCHORECK, R., STORCK, L., SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M. Crescimento Inicial de *Pinus taeda* L. relacionado a doses de N, P e K. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 2, p. 199-206, 2005.

**CAPÍTULO 2 POLÍMERO HIDRORRETENTOR E FERTILIZAÇÃO
MINERAL NA IMPLANTAÇÃO DE UM HÍBRIDO DE *Eucalyptus
urophylla X E. grandis***

RESUMO

O uso de polímeros hidrorretentores surge como uma alternativa para disponibilizar água de forma adequada na fase de implantação de povoamentos florestais, além de reter nutrientes necessários para o estabelecimento e desenvolvimento destes. No presente trabalho, objetivou-se avaliar o efeito do polímero hidrorretentor e a influência de diferentes dosagens de fertilização mineral no crescimento, teor e acúmulo de nutrientes de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla x E. grandis*, na fase de implantação. O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados completos, em esquema fatorial 2 x 5, sendo duas doses do polímero (0 e 1 g) e cinco combinações de fertilização mineral (N0P0K0, N0P1K0, N1P0K1, N1P1K1 e N2P2K2), em três repetições com cinco plantas por parcela. As avaliações foram realizadas aos 30, 60, 120 e 150 dias pós-plantio, quando foram medidos a altura total e o diâmetro do colo, além da análise química nutricional, aos 150 dias. A partir dos dados obtidos, observou-se que não houve interação entre o efeito do polímero e doses de fertilização mineral. Para o diâmetro do colo, o uso do polímero proporcionou maior crescimento às mudas somente nos 30 primeiros dias de avaliação, e para altura houve maior crescimento nas avaliações aos 30, 60 e 120 dias de plantio. Os tratamentos contendo fósforo obtiveram maior incremento em diâmetro em relação aos demais nos primeiros 60 dias após o plantio. Nas outras avaliações, a maior dosagem de fertilizante (N2P2K2) foi responsável pelo maior crescimento em diâmetro e altura. A maior dosagem de fertilização mineral promoveu maior acúmulo dos três macronutrientes na parte aérea das plantas. Portanto, o polímero proporcionou maior crescimento às mudas na fase inicial de desenvolvimento, e o fósforo se mostrou essencial para o crescimento em diâmetro e altura na fase de implantação do híbrido utilizado.

Palavras-chave: Hidrogel. Nutrição florestal. Eucalipto.

ABSTRACT

The use of hidrorretentor polymers appears as an alternative to provide adequate water in the phase of implantation of forest stands, besides retaining nutrients necessary for the establishment and development of these. The objective of this study was to evaluate the effect of the hidrorretentor polymer and the influence of different mineral fertilization rates on the growth, content and nutrient accumulation of a clonal hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, during the implantation phase. The experiment was carried out in a randomized complete block design in a 2 x 5 factorial scheme, with two polymer doses (0 and 1 g) and five mineral fertilization combinations (N0P0K0, N0P1K0, N1P0K1, N1P1K1 and N2P2K2) in three replications with five plants per plot. The evaluations were performed at 30, 60, 120 and 150 days after planting, when total height and neck diameter were measured, as well as the nutritional chemical analysis, at 150 days. From the obtained data, it was observed that there was no interaction between the effect of the polymer and doses of mineral fertilization. For the diameter of the colon, the use of the polymer provided higher growth to the seedlings only in the first 30 days of evaluation, and for height there was a higher growth in the evaluations at 30, 60 and 120 days of planting. The treatments containing phosphorus obtained a bigger increment in diameter in relation to the others in the first 60 days after planting. In the other evaluations, the higher fertilizer dosage (N2P2K2) was responsible for the greater growth in diameter and height. The higher dosage of mineral fertilization promoted greater accumulation of the three macronutrients in the aerial part of the plants. Therefore, the polymer gave a higher growth to the seedlings in the initial phase of development, and the phosphorus was shown to be essential for the growth in diameter and height in the phase of implantation of the hybrid used.

Keywords: Hydrogel. Forest nutrition. Eucalyptus.

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica e nutricional durante a fase de implantação de povoamentos florestais é primordial para o estabelecimento e desenvolvimento das mudas, sendo que a utilização de polímeros hidrorretentores surge como alternativa para proporcionar maior umidade ao solo no período inicial de estabelecimento das mudas (MALAVASI et al., 2005; THOMAS, 2008).

Diante de um cenário voltado à racionalização do consumo de água nas várias etapas da produção florestal, os polímeros hidrorretentores (hidrogel) podem melhorar propriedades físico-químicas dos solos, reduzir a frequência de irrigações, reduzir a perda de nutrientes por lixiviação, reduzir a mortalidade de mudas e, conseqüentemente, reduzir os custos de produção (SHAINBERG; LEVY, 1994; OLIVEIRA et al., 2004).

Os polímeros hidrorretentores, também chamados de polímeros hidroabsorventes ou hidrogéis, são produtos naturais, quando derivados do amido, ou sintéticos, quando derivados do petróleo, sendo ambos utilizados pela sua capacidade de absorver e armazenar água (MORAES et al., 2001). A solução obtida tem capacidade de fornecer água para as raízes por um tempo variável em função das condições climáticas, do solo e da planta (GARCIA et al., 2011).

Os benefícios gerados pelos polímeros hidrorretentores podem ser verificados nas condições físicas do solo, uma vez que esse pode influenciar de forma significativa na permeabilidade do solo, em sua estrutura, densidade e nas taxas de infiltração de água, redução da chance de compactação, escoamento e erosão, além de favorecer sua aeração e atividade microbiana. Em relação à química do solo, acredita-se que o produto favoreça a redução na perda de nutrientes por lixiviação, pois parte desses nutrientes estaria retida dentro da rede polimérica do produto (EL-REHIM et al., 2004; ZOHURIAAN- MEHR;

KABIRI, 2008; XIE; WANG, 2009; CÂMARA et al., 2011; EKEBAFE et al., 2011).

As influências do polímero hidrorretentor são constatadas nos estudos de Sanches (2013), ao verificar que o uso do polímero favoreceu a sobrevivência de mudas de *Eucalyptus grandis* em campo e aumentou o intervalo entre irrigações, de modo a reduzir os custos com essa operação. Enquanto, Bernardi (2012) em estudo sobre o crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e fertilização mineral, verificou que houve efeito positivo para as variáveis altura e diâmetro de colo com o uso do polímero e que o mesmo pode reduzir em até 40% a fertilização mineral de base e cobertura. Navrosky et al. (2016) ao avaliarem a qualidade do substrato e a redução da fertilização mineral na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*, verificaram que o polímero pode reduzir a fertilização mineral em 25 a 50%, sem que a qualidade das mudas seja afetada, sendo esta avaliada a partir das variáveis altura total e diâmetro do colo.

Além da grande necessidade de água na fase de implantação de povoamentos florestais, um fator primordial é a correta fertilização mineral realizada. Os efeitos dessa prática, habitualmente aplicada apenas na implantação, ainda são pouco estudados quando se analisa até a idade de rotação (SCHREINER; BARONI, 1986). Porém, Barros et al. (1984) destacam a importância da fertilização mineral na fase de implantação, já que, em estudo com *E. saligna* até os 6,5 anos de idade, observaram que os crescimentos absolutos em madeira foram sempre crescentes ao longo dos anos.

Como verificado na literatura, nota-se poucos trabalhos voltados ao efeito do hidrogel e fertilização mineral na fase de implantação florestal. Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito do polímero hidrorretentor e a influência de diferentes dosagens de fertilização mineral no crescimento, teor e acúmulo de nutrientes de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* na fase de implantação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em dezembro de 2016 no município de Lavras/MG, em local situado em clima com aspecto tropical de altitude, verões suaves, mesotérmico úmido do tipo Cwb, segundo classificação de Köppen, sendo que a região representa temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e a média entre 18 °C e 19 °C. A precipitação média anual é de 1511 mm, variando de 16,9 mm no mês mais seco, a 293,9 mm no mês com maior precipitação (ALVARES et al., 2013; INMET, 2014).

O sitio experimental foi classificado, após amostragem da área, como Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (66% de argila) (EMBRAPA, 2013), sendo coletada amostra composta para análise química (TABELA 1).

Tabela 1 - Resumo da análise química do solo da área experimental.

Prof.	pH	MO	K	P	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V	m
(cm)	(H ₂ O)	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			%		
0-20	5,4	1,35	37,02	1,22	1,36	0,3	0,1	2,27	4,02	43,65	5,41

Fonte: Do autor (2018).

*MO: matéria orgânica; T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: índice de saturação por base; m: índice de saturação de alumínio.

As mudas utilizadas no experimento foram clones de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* e apresentavam padrão de qualidade adequado para o plantio em campo (25 a 30 cm de altura).

O controle de formigas e plantas daninhas foi realizado periodicamente de forma manual. Antes da implantação do experimento realizou-se a limpeza da área de forma mecanizada por meio de trator (4x2TDA) com grade de corte. O preparo do solo envolveu a escarificação do solo com o mesmo trator.

O desenho experimental utilizado foi em esquema fatorial 2 x 5 (duas doses de polímero hidrorretentor e cinco combinações de fertilização mineral) em delineamento de blocos casualizados completos, com três repetições e cinco mudas por parcela em arranjo de 3 x 2 m. As doses de polímero hidrorretentor corresponderam a 0 e 1 g por planta, sendo estas diluídas em 400 ml de água e sua aplicação em cova de dimensão 20 x 20 x 20 cm. Os níveis de fertilização mineral foram denominados como N0P0K0, N0P1K0, N1P0K1, N1P1K1 e N2P2K2, correspondendo a dosagens de N (N0 = 0, N1 = 62 e N2 = 124 g do fertilizante por planta), P (P0 = 0, P1 = 75 e P2 = 150 g do fertilizante por planta) e K (K0 = 0, K1 = 62 e K2 = 124 g do fertilizante planta).

As doses de P foram disponibilizadas no momento do plantio, na cova, sendo usado como fonte o adubo superfosfato simples (18% de P_2O_5). Já as doses de N e K foram disponibilizadas em cobertura, aos 60 dias pós-plantio, sendo utilizado como fonte o fertilizante NPK 20:0:20 (20% de N e 20% de K_2O).

As variáveis respostas utilizadas foram o diâmetro à altura do colo (DC) e a altura total, mensurados aos 30, 60, 120 e 150 dias de idade. Além dessas, realizou-se a análise química foliar aos 150 dias pós-plantio com o objetivo de obter os teores de nutrientes nas folhas de acordo com as dosagens de fertilizantes utilizados. Para tal procedimento, foi seguida metodologia de Malavolta (2006), coletando-se folhas recém maduras de ramos primários de todas as plantas. Após a coleta das amostras, estas foram divididas por tratamento e em sub-amostras para serem levadas para análise. As sub-amostras foram levadas ao Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras, onde foram submetidas à análise química foliar.

Com o objetivo de estimar o acúmulo de N, P e K nas diversas partes da planta, foi realizada a multiplicação dos valores de teores destes elementos pelos

valores de matéria seca de cada tratamento, conforme metodologia de Prezotti e Bragança (2013). Para a determinação da matéria seca, foram coletadas folhas, ramos e caule das mesmas plantas utilizadas para coleta das amostras, sendo esse material armazenado em sacos de papel e submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante. Posteriormente, procedeu-se à pesagem da massa seca desse material.

Os dados de altura, diâmetro e acúmulo de nutrientes foram submetidos à análise de normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk. Ao conferirem normalidade, realizou-se a análise de variância e quando significativos (p -value $< 0,05$) realizou-se o teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. As análises foram feitas por meio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na avaliação da altura e do diâmetro do colo das mudas, percebeu-se que não houve interação significativa entre os fatores analisados (TABELA 2). No entanto, tanto a utilização do polímero hidrorretentor, quanto de doses diferentes de fertilização mineral interferiram significativamente no crescimento das plantas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*.

Os tratamentos com a presença do polímero hidrorretentor foram diferentes significativamente dos demais em altura das mudas do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* nos primeiros 120 dias de idade (TABELA 2), uma vez que, segundo Gonçalves e Benedetti (2005), nesse período as raízes das mudas primárias e secundárias iniciam o seu desenvolvimento e necessitam que o solo disponibilize nutrientes e umidade para favorecer o crescimento.

Azevedo et al. (2002), ao estudarem a eficiência do hidrogel no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.), concluíram que o uso do polímero é fundamental para o desenvolvimento significativo em altura nos primeiros meses de estabelecimento das mudas. Navrosky et al. (2016) também observaram que o polímero influencia de forma significativa o incremento em altura na fase inicial de crescimento de mudas de *Eucalyptus dunnii*.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para altura e diâmetro do colo de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* aos 30, 60, 120 e 150 dias de idade.

FV ¹	GL ²	30 dias	60 dias	120 dias	150 dias
		Quadrado médio (Altura)			
BLOCO	2	37,820481*	0,011560 ^{ns}	0,279576*	3638,15278*
HIDROGEL (H)	1	139,82407*	0,001470*	0,161504*	3,900009 ^{ns}
DOSE (D)	4	156,509384*	0,092461*	0,525550*	5338,808296*
(H)*(D)	4	3,516282 ^{ns}	0,001733 ^{ns}	0,017956 ^{ns}	402,002324 ^{ns}
ERRO	18	12,8928	0,00455	0,02353	487,821
CV ³ (%)		7,74	10,1	9,58	10,92
M ⁴ (cm)		46,43	66,77	160,19	202,21
Quadrado médio (Diâmetro do colo)					
BLOCO	2	2,199707*	3,078591 ^{ns}	8,858133 ^{ns}	1,898052 ^{ns}
HIDROGEL (H)	1	3,216159*	0,185496 ^{ns}	5,188907 ^{ns}	1,216053 ^{ns}
DOSE (D)	4	8,69284*	31,153844*	127,151707*	161,287699*
(H)*(D)	4	0,109925 ^{ns}	0,392509 ^{ns}	0,837659 ^{ns}	1,345537 ^{ns}
ERRO	18	0,39618	1,93395	3,07811	2,86846
CV ⁵ (%)	-	10,64	15,16	9,38	7,46
M ⁶ (mm)	-	5,91	9,18	18,71	22,71

Fonte: Do autor (2018).

¹Fonte de variação; ²Grau de liberdade; ³Coefficiente de variação para altura; ⁴Média geral para altura; ⁵Coefficiente de variação para diâmetro do colo; ⁶Média geral para diâmetro do colo; ^{ns}Não significativo ao nível de 5%; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apesar dos estudos de Azevedo et al. (2002) e Navroski et al. (2016) terem sido conduzidos sob condições de viveiro, onde os intervalos entre irrigações eram pré-definidos e tinham um substrato como base para crescimento das mudas, os resultados são semelhantes aos obtidos para o híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em fase de implantação, de modo a corroborar para a validação da influência do polímero para o desempenho em altura nos primeiros meses de plantio.

Diante da similaridade dos resultados obtidos com os de Azevedo et al (2002) e Navroski et al. (2016), é válido ressaltar que, segundo Garcia et al.

(2011), o tempo de fornecimento de água pelo polímero é variável e depende de condições de solo, clima e da própria planta.

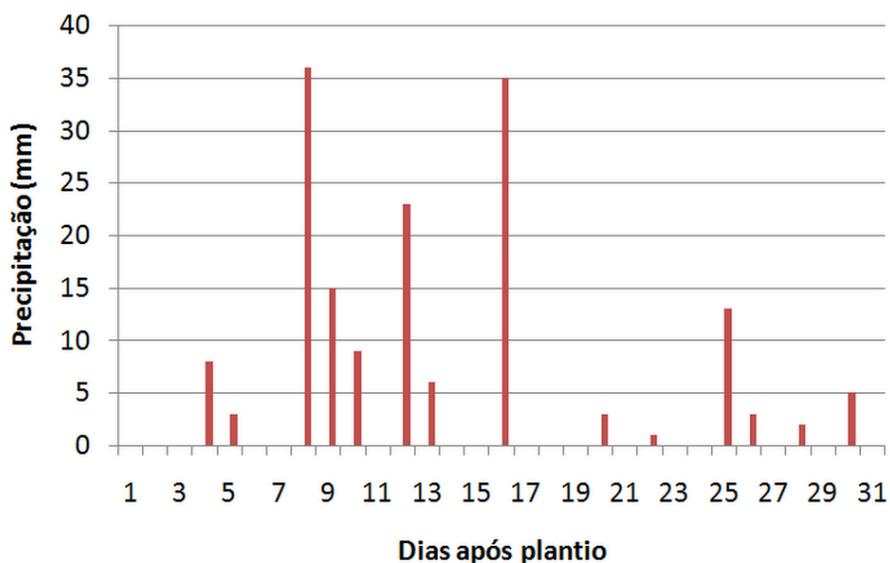
Para o diâmetro do colo, aos 30 dias pós-plantio os tratamentos com presença do polímero apresentaram médias (6,24 mm) estatisticamente superiores aos tratamentos sem polímero (5,58 mm). Enquanto, aos 60, 120 e 150 dias, pode-se observar que as médias dos tratamentos com e sem o polímero hidrorretentor foram estatisticamente iguais.

A presença do polímero nos 30 dias que sucedem o plantio é fundamental para o estabelecimento das mudas, por proporcionar maior umidade ao solo e, provavelmente, aumentar a superfície de contato do sistema radicular com o solo, de modo a auxiliar na absorção de água e nutrientes. Conforme estudos de Talheimer et al. (2010), o uso do polímero permite a ocorrência da uniformização da reposição de água ao solo, sem que as plantas apresentem sintomas de estresse hídrico nos primeiros 30 dias pós plantio, o que possibilita maior incremento em diâmetro do colo das mudas.

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), não houve uniformidade na distribuição da precipitação diária no mês que sucedeu o plantio (Figura 1), o que possivelmente favoreceu a influência do polímero nas duas variáveis analisadas.

Os quatro primeiros meses pós-plantio apresentaram valores de chuva acumulada de aproximadamente 160, 60, 160 e 110 mm. Apesar dessa distribuição ser satisfatória em termos de consumo de água para um bom desenvolvimento da espécie, baseando-se em uma média anual entre 800 e 1200 mm (FOELKEL, 2005), o polímero hidrorretentor favoreceu o incremento em diâmetro no primeiro mês e altura nos quatro primeiros meses de estudo. Esse fato corrobora com os estudos de Talheimer et al. (2010), já que possivelmente o polímero uniformizou a reposição de água ao solo, tendo como base uma escala diária de ocorrência de chuva.

Figura 1 - Precipitação em Lavras, MG, durante os 30 primeiros dias pós-plantio.



Fonte: INMET (2017).

Analisando o efeito da fertilização mineral, verifica-se que o P foi essencial para o crescimento das mudas do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, já que, quando o mesmo não foi fornecido, o desempenho das mudas é inferior ao daquelas que receberam P (TABELA 3). Segundo Novais, Rêgo e Gomes (1982), as espécies de eucalipto apresentam maior exigência desse nutriente quanto mais jovens forem as plantas, ou seja, o nível crítico é maior na fase de implantação, diminuindo ao longo da idade do povoamento.

Verifica-se que já nos 30 dias iniciais, as mudas que receberam P na fertilização mineral de plantio apresentaram médias superiores e estatisticamente diferentes às mudas dos tratamentos com ausência do nutriente, para as duas variáveis analisadas (TABELA 3).

Tabela 3 - Altura e diâmetro à altura do colo (DAC) de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* aos 30, 60, 120 e 150 dias pós-plantio, em função dos níveis de fertilização mineral.

Níveis de fertilização mineral	Dias após o plantio							
	30		60		120		150	
Altura (cm)								
N0P0K0	39,86	b	54,66	b	137,47	c	167,09	c
N0P1K0	49,64	a	78,27	a	173,82	b	208,47	b
N1P0K1	42,14	b	52,41	b	121,53	c	173,87	c
N1P1K1	48,49	a	71,08	a	174,95	b	207,70	b
N2P2K2	51,75	a	77,40	a	193,19	a	238,05	a
DAC (mm)								
N0P0K0	4,54	b	6,98	b	14,8	c	17,16	d
N0P1K0	6,84	a	11,16	a	18,81	b	23,01	c
N1P0K1	4,69	b	6,44	b	13,58	c	17,9	d
N1P1K1	6,47	a	10,33	a	21,87	b	26,64	b
N2P2K2	7,03	a	10,96	a	24,47	a	28,87	a

Fonte: Do autor (2018).

* Médias seguidas por mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Skott-knott a 5% de probabilidade de erro.

Esses resultados refletem a importância do P para a espécie na fertilização mineral de plantio, assim como destacado por Gonçalves et al. (2014), que afirmam que a disponibilidade do P para solos classificados como Argissolos e Latossolos é um dos indicadores utilizados para avaliar o potencial do desenvolvimento do eucalipto em resposta à fertilização.

O desempenho expressivo obtido com a adição de P é reflexo da fertilização mineral realizada de forma eficaz e da eficiência do seu uso pelo híbrido em estudo, visto que, diante da importância desse nutriente para as culturas, ele é o maior responsável por limitar a produção vegetal no Brasil, tanto pela baixa disponibilidade em solos tropicais, quanto pela alta capacidade

de reagir com componentes do solo formando compostos de baixa solubilidade (FURTINI NETO et al., 2001; GONÇALVES; BENEDETTI, 2005).

Rocha et al. (2013), analisando o crescimento de mudas de eucalipto sob diferentes dosagens de P, concluíram que esse elemento teve um efeito positivo no crescimento das plantas, mas ressaltam a importância de se utilizar uma correta dosagem do nutriente, já que dosagens superiores às ideais podem gerar fitotoxicidade e conseqüentemente atrapalhar o crescimento.

Ademais, Barros et al. (1984) destacam que, apesar dessa importância do nutriente, dependendo da área onde se realiza o plantio, bons ganhos em produtividade são obtidos com a aplicação de outros nutrientes, tais como o N e o K.

Para ambas as variáveis analisadas, aos 120 dias observa-se que os tratamentos contendo as maiores doses de N, P e K (N₂P₂K₂) diferiram-se dos demais significativamente (TABELA 3). Conforme ressaltado, aos 60 dias de plantio foi realizada uma fertilização mineral de cobertura com um formulado NPK 20-0-20, o que proporcionou esses resultados e corroboram a boa resposta do híbrido utilizado a esses dois nutrientes.

O N destaca-se por apresentar um alto dinamismo no solo e por ser o mais exigido pelas culturas, apresentando, assim como o K, uma alta mobilidade no solo (FURTINI NETO et al., 2001). Para Silveira e Malavolta (2000), a alta eficiência de absorção de K pela planta é um parâmetro desejável, já que os solos tropicais apresentam baixo conteúdo trocável do nutriente, pouca matéria orgânica e baixa capacidade de troca catiônica, o que torna necessário parcelar a fertilização mineral potássica. Essa alta mobilidade dificulta a manutenção desses nutrientes em camadas do solo onde o sistema radicular consiga absorvê-los, ou seja, são facilmente lixiviados.

Dessa forma, Paiva et al. (2011) destacam que a aplicação do N e do K deve ser realizada entre 40 a 60 dias pós-plantio, preferencialmente, com solo

úmido e particionando sua aplicação para evitar a perda por lixiviação. Se houver necessidade de se realizar a fertilização mineral em época seca, deve-se incorporar o fertilizante, de modo a evitar perdas de N por volatilização. É válido ressaltar que a aplicação dos dois nutrientes deve ser feita quando o sistema radicular das mudas estiver bem desenvolvido. Sendo assim, a idade de aplicação pode variar com o ritmo de desenvolvimento de cada espécie florestal.

Apesar da importância dos nutrientes N e K, principalmente no que se refere, respectivamente, ao crescimento vegetativo e resistência a condições adversas (FURTINI NETO et al., 2001), nota-se que no presente estudo, a aplicação desses sem a adição do P (tratamento N1P0K1) não gera incremento satisfatório em altura e diâmetro das plantas. Já os resultados de altura e diâmetro do tratamento N1P1K1 mostram que, mesmo sob uma dosagem menor, comparando-se com o tratamento N2P2K2, a presença do nutriente P foi responsável por um maior crescimento das mudas.

Em estudo analisando a resposta de mudas de *Eucalyptus saligna* sob diferentes dosagens de N, P e K, Barros et al. (1984) concluíram que a aplicação do P melhorou a qualidade do sítio de estudo consideravelmente e condicionou as respostas ao N e K, o que pode ser corroborado pelo presente estudo.

Ao analisar o efeito da fertilização mineral no teor de nutrientes nas folhas das mudas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, nota-se que a aplicação das doses crescentes de N, P e K promoveu aumento gradativo da absorção desses nutrientes (TABELA 4). Segundo Marschner (2012), a concentração externa de íons é um dos fatores que afetam a absorção iônica radicular.

Entre os macronutrientes analisados, observou-se, sob as maiores dosagens de N, P e K, um menor teor de cálcio (Ca) nas mudas. Isso se deve provavelmente ao fato de a disponibilidade desse nutriente ser afetada por outros cátions presentes na solução do solo, como K^+ e NH_4^+ . No caso do NH_4^+ especificamente, o Ca^{2+} presente em solução sofre inibição competitiva com o

cátion, que é rapidamente absorvido pelas plantas. Dessa forma, em condições onde há baixa taxa de nitrificação deve-se evitar o uso de fertilizantes amoniacais, evitando assim a deficiência por Ca nas mudas (FURTINI NETO et al., 2001).

Tabela 4 - Teor de nutrientes em mudas de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em cinco níveis de fertilização mineral aos 150 dias pós-plantio.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	B	Cu	Fe
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
N0P0K0	19,8	1,2	9,4	10,2	1,6	1,2	526,2	14,7	17,3	8,2	152,7
N0P1K0	21,2	1,3	10,0	10,0	1,4	1,2	508,9	13,6	16,6	7,9	123,9
N1P0K1	22,8	1,1	10,9	9,1	1,4	1,3	715,0	15,8	17,0	8,3	114,1
N1P1K1	20,7	1,2	9,9	10,0	1,5	1,2	504,6	13,7	15,9	7,7	142,4
N2P2K2	22,3	1,4	9,9	4,5	1,4	1,2	581,4	13,3	16,3	7,5	119,8

Fonte: Do autor (2018).

N0: 0 g planta⁻¹ de NPK (20:0:20); N1: 62 g planta⁻¹ de NPK (20:0:20); N2: 124 g.plt⁻¹ de NPK (20:0:20), P: 0 g planta⁻¹ de superfosfato simples; P1: 75 g planta⁻¹ de superfosfato simples; P2: 150 g planta⁻¹ de superfosfato simples; K0: 0 g planta⁻¹ de NPK (20:0:20); K1: 62 g planta⁻¹ de NPK (20:0:20) e K2: 124 g planta⁻¹ de NPK (20:0:20).

Segundo Furtini Neto et al. (2001), a nitrificação é mediada por um grupo específico de bactérias, e por isso, o processo é muito afetado por fatores ambientais, como aeração, acidez, temperatura e umidade do solo, e também da própria fonte de íons amônio. Diante do fato de essas bactérias não produzirem nitrato na ausência de oxigênio molecular, é válido ressaltar que, a partir do baixo teor de Ca encontrado no presente estudo, altas dosagens de K, onde o solo não é bem aerado, podem levar a uma deficiência de cálcio.

Comparando-se os valores de teor nas folhas obtidos para o híbrido, com os níveis adequados de macronutrientes para eucalipto conforme Malavolta (2006), nota-se que, para o N, os tratamentos N0P0K0 e N1P1K1 estão abaixo do nível adequado (21-23 g/kg). No caso do N0P0K0, esse valor pode ter sido influenciado pela ausência de aplicação de qualquer fertilizante nesse

tratamento. Já o baixo valor encontrado no tratamento N1P1K1 pode ter ocorrido devido a um possível efeito de diluição desse nutriente na planta, que segundo Maia et al. (2005), é caracterizado quando a taxa de crescimento relativo de matéria seca é superior à taxa de absorção relativa do nutriente.

Para o P, verifica-se que somente o tratamento N0P1K0 está dentro do intervalo ideal de concentração do nutriente (1,3 – 1,4 g/kg), ou seja, a utilização do nutriente sem a presença de N e K via fertilização resultou em um teor ideal do mesmo nas folhas. Ao se comparar esse valor com o tratamento N1P1K1, outro que recebeu a mesma dosagem do nutriente, nota-se um menor valor de teor nas folhas. Isso provavelmente ocorreu devido ao fato da presença de N e K terem favorecido o incremento em matéria seca desse tratamento (733,11 g) e novamente ter ocorrido o efeito da diluição. A dosagem máxima de fertilizantes (N2P2K2) gerou um teor de P além do nível ideal, porém não foi notado em campo qualquer efeito de fitotoxicidade pelo nutriente.

No caso do K, que, de acordo com Malavolta et al. (2006) apresenta-se em nível adequado na quantidade de 9-10 g/kg para a cultura do eucalipto, verificou-se que apenas o tratamento que não possuía fertilização com P e possuía com K, apresentou nível além do adequado. Em outra situação, pode-se verificar que, quando o P estava presente, o incremento em matéria seca provavelmente gerou o efeito da diluição para o nutriente.

Os teores de Ca, Mg e S apresentaram, no geral, comportamento distinto de N, P e K. No caso do Ca, com exceção do tratamento N2P2K2, todos os tratamentos apresentaram valores acima dos adequados para a cultura.

Para os outros dois macronutrientes, Mg e S, notou-se que em todos os tratamentos os níveis estão abaixo do adequado, sendo que para Mg estes são de 2,5-3,0 g/kg e para S de 1,5-2,5 g/kg. Esses resultados mostram que é importante buscar o equilíbrio não só de macronutrientes N, P e K, mas de todos os nutrientes utilizados pela planta. Tal observação corrobora com uma regra de

extrema relevância no meio da fertilidade do solo, a lei do mínimo, a qual diz que a produção das culturas é limitada pelo nutriente em menor disponibilidade no solo, mesmo que todos os outros estejam disponíveis em quantidades adequadas (FURTINI NETO et al., 2001).

Ao estimar o conteúdo (acúmulo) de nutrientes nas plantas a partir da multiplicação dos teores pelos valores de massa seca por tratamento, observou-se que as doses crescentes de N, P e K promovem aumento gradativo no conteúdo destes (TABELA 5).

Tabela 5 - Acúmulo de N, P e K em plantas de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, aos 150 dias de idade, sob o efeito da aplicação de cinco níveis de fertilização mineral com NPK.

Níveis de fertilização mineral	Massa Seca por planta (g)	Acúmulo (mg planta ⁻¹)					
		N		P		K	
N0P0K0	229,1	4 514,3	c	287,8	c	2 137,4	c
N0P1K0	603,9	12 867,2	b	822,0	b	6 039,3	b
N1P0K1	270,5	6 167,1	c	297,6	c	2 946,2	c
N1P1K1	733,1	15 074,3	b	912,7	b	7 236,1	b
N2P2K2	1129,0	25 238,1	a	1 638,9	a	11 233,9	a
CV ¹ (%)		28,2		30,9		27,4	
M ² (mg planta ⁻¹)		12 772,2		791,8		5 918,5	

Fonte: Do autor (2018).

¹Coefficiente de variação; ²Média Geral.

O maior acúmulo dos três macronutrientes foi observado no tratamento contendo a maior dosagem de fertilizantes (N2P2K2) e os menores, nos tratamentos com ausência de P, o que infere que a maior dosagem foi benéfica à produtividade do híbrido em estudo e ressalta a importância do nutriente P.

Foi observado, a partir dos valores de acúmulo de N e K, que o tratamento N1P0K1, ou seja, com ausência de P e presença dos dois nutrientes, acumulou menos N e K do que quando esses dois não foram fornecidos, porém com presença de P (N0P1K0). Para ambos os nutrientes, resultados semelhantes

foram observados por Silva (2014), que constatou, por meio da avaliação do acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de *Dipteryx alata* sob omissão de micro e macronutrientes, que sob a ausência de P, há menor acúmulo de N e K em comparação com o tratamento contendo todos os nutrientes. Tais dados corroboram com o estudo de Barros et al. (1984), que verificaram que o P condicionou a resposta por N e K de mudas de *Eucalyptus saligna*. Jones Júnior, Wolf e Mills (1991) observaram em várias espécies vegetais que na deficiência de P, há diminuição no teor de N, e afirmam que o aumento na absorção de N requer aumento na concentração de P na solução.

Conforme Barros e Novais (1999), uma correta dosagem de fertilizante é fundamental para se obter a máxima produtividade sem gerar toxidez às plantas. Pode-se verificar nesse estudo que a aplicação de forma correta e no momento correto dos três nutrientes (NPK) foi estatisticamente superior para o acúmulo dos mesmos nas plantas no período avaliado, favorecendo conseqüentemente, a maior produtividade do híbrido em estudo.

4 CONCLUSÕES

Não ocorreu interação entre o hidrogel e os níveis de fertilização mineral testados para plantas de um híbrido de *Eucalyptus urophylla x E. grandis*, até os 150 dias pós plantio.

O uso do polímero hidrorretentor favoreceu o crescimento das plantas de um híbrido de *Eucalyptus urophylla x E. grandis*.

O P é um elemento essencial para o crescimento na fase inicial de plantio desse híbrido.

A aplicação de N e K intensificou o crescimento das plantas dos tratamentos que continham P na fertilização mineral de base.

A maior dosagem de fertilizante promoveu o maior acúmulo de N, P e K.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AZEVEDO, TÉDSON L. DE F.; BERTONHA, ALTAIR; GONÇALVES, ANTÔNIO C. A. Uso de Hidrogel na Agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.1, n.1, p.23-31, 2002.
- BARROS, N. D., SILVA, O. D., PEREIRA, A. R., BRAGA, J. M., LUDWIG, A. Análise do crescimento de *Eucalyptus saligna* em solo de cerrado sob diferentes níveis de N, P e K no Vale do Jequitinhonha, MG. **IPEF**, Piracicaba, n. 26, p. 13-17, 1984.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Eucalipto. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. p.303-305.
- BERNARDI, M. R., SPEROTTO JUNIOR, M., DANIEL, O., TADEU VITORINO, A. C. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e fertilização mineral. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, jan./mar. 2012.
- CÂMARA, G. R.; REIS, D. F.; ARAÚJO, G. L.; CAZOTTI, M. M.; DONATELLI JUNIOR, E. J. Avaliação do desenvolvimento do cafeeiro *Conilon robusta* tropical mediante uso de polímeros hidro-retentores e diferentes turnos de rega. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13; p. 135 - 146, 2011.
- CARMO PINTO, S. I. D., FURTINI NETO, A. E., LIMA NEVES, J. C., FAQUIN, V., SILVA MORETTI, B. D.. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 523-533, 2011.
- EKEBAFE, L. O., OGBEIFUN, D. E.; OKIEIMEN, F. E. Polymer Applications in Agriculture. **Biokemistri**, v.23, n.2, p.81-89, 2011.

EL-REHIM, H. A. A.; HEGAZY, E. A.; EL-MOHDY, H. L. A. Radiation Synthesis of Hydrogels to Enhance Sandy Soils Water Retention and Increase Plant Performance. **Journal of Applied Polymer Science**, v.93, p.1360-1371, 2004.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FURTINI NETO, A. E., VALE, F. R. D., RESENDE, Á. V. D., GUILHERME, L. R. G., GUEDES, G. A. D. A. (2001). Fertilidade do solo.(Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a Distância – Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio). Lavras: UFLA/FAEPE. 261 p.

GARCIA, A. L. A.; PADILHA, L.; DIAS, A. S. Uso de polímero hidrorretentor no plantio de cafeeiros em ambiente protegido, 2011. (In: VII simpósio de pesquisa dos cafés do brasil 22 a 25 de agosto de 2011, Araxá – MG).

GONÇALVES, J. L., ROCHA, J., BAZANI, J., & HAKAMADA, R. Nutrição e fertilização mineral da cultura do eucalipto manejada no sistema de talhadia. **Nutrição e fertilização mineral de espécies florestais e palmeiras**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, p. 349-382, 2014.

GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p.309-350.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normais>>. Acesso em: 03 de nov. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normais>>. Acesso em: 03 de nov. 2017.

JONES JÚNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens: Micro-Macro, 1991.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; PORTO FILHO, F. Q.; GHEYI, R. H.; MEDEIROS, J. F. Teores foliares de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.292- 295, 2005.

- MALAVASI, U. C.; GASPARINO, D.; MALAVASI, M. M. Semeadura direta na recomposição vegetal de áreas ciliares: efeitos da sazonalidade, uso do solo, exclusão da predação, e profundidade na sobrevivência inicial. **Semina**, v.26, p.449- 454, 2005.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. 889 p.
- MORAES, O.; BOTREL, T. A.; DIAS, C. T. S. Efeito do uso de polímero hidroretentor no solo sobre intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 12, p. 73 - 80, 2001.
- NAVROSKI, M. C., MACHADO ARAÚJO, M., DA SILVA CUNHA, F., PASQUETTI BERGHETTI, Á. L., & DE OLIVEIRA PEREIRA, M. Redução da fertilização mineral e melhoria das características do substrato com o uso do hidrogel na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1155-1165, 2016.
- NOVAIS, R. F.; RÊGO, A. K.; GOMES, J. M. Níveis críticos de fósforo para eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 6, n. 1, p. 29-37, 1982.
- OLIVEIRA, R. A. et al. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre e a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 160-163, jan/abr 2004.
- PREZOTTI, L.C.; BRAGANÇA, S.M. Acúmulo de massa seca, N, P, e K em diferentes materiais genéticos de café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 284-294, jul./set. 2013
- ROCHA, J. H. T., PIETRO, M. R., BORELLI, K., BACKES, C., NEVES, M. B. Produção e desenvolvimento de mudas de eucalipto em função de doses de fósforo. **Cerne**, Lavras, 19(4):535-543, 2013.
- SANCHES, LUIZ VITOR CREPALDI. Aplicação de polímero hidrorretentor no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus grandis*. 2013. xiv, 97 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2013.

SHAINBERG, I.; LEVY, G.J. Organic polymers and soil sealing in cultivated soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 158, n. 4, p. 267-273, Oct. 1994.

SILVA, D. S. N. Nutrição mineral do Baru (*Dipteryx alata* Vogel) em solução nutritiva; calagem e fertilização mineral fosfatada no campo / Diana Suzete Nunes da Silva. – Lavras, UFLA, 2014, 89 p.

SILVEIRA, R. L. A. & MALAVOLTA, E. Nutrição e fertilização mineral potássica em *Eucalyptus spp.* Informações Agrônômicas, n. 91, p. 1-12, 2000. Encarte técnico

SOLOS, Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**: Rio de Janeiro, 2013.

TALHEIMER, R., CIESLIK, L. F., SILVEIRA, E. R., PLUCINSKI FILHO, L. C., & LUCINI, M. Mudanças de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* sob diferentes doses de polímero hidrorretentor e períodos de déficit hídrico. **Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária-Ciências Agrárias, Animais e Florestais**, 2010.

THOMAS, D. S. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. **Forest Ecology and Management**, v.255, p.1305-1314, 2008.

XIE, Y.; WANG, A. Effects of modified vermiculite on water absorbency and swelling behavior of chitosan-g-poly (acrylic acid)/vermiculite superabsorbent composite. **Journal of Composite Materials**, v.43, n.21, p.1-17, 2009.

ZOHURIAAN-MEHR, M. J.; KABIRI, K. Superabsorbent polymer materials: A Review. **Iranian Polymer Journal**, v.17, n.6, p.451-477, 2008.

CAPÍTULO 3 POLÍMERO HIDRORRETENTOR E FERTILIZAÇÃO MINERAL NA IMPLANTAÇÃO DE *Toona ciliata* M. Roemer

RESUMO

Objetivou-se por meio desse estudo avaliar o efeito do polímero hidrorretentor e a influência de diferentes dosagens de fertilização mineral na sobrevivência e crescimento de *Toona ciliata* na fase de implantação. O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados completos, em esquema fatorial 2 x 5, sendo duas doses do polímero (0 e 1 g) e cinco combinações de fertilização mineral (NOP0K0, NOP1K0, N1P0K1, N1P1K1 e N2P2K2), em três repetições com cinco plantas por parcela. Como fontes destes nutrientes foram utilizados superfosfato simples e um formulado NPK 20:00:20. Foram mensurados aos 60, 120, 150 e 180 dias pós-plantio a sobrevivência, o diâmetro à altura do colo e a altura total. Aos 180 dias, depois de verificados os resultados, foi realizada a análise química foliar nas plantas dos tratamentos considerados melhores, com base nos dados de crescimento, sendo amostras compostas dos tratamentos N1P1K1 e N2P2K2. Os resultados demonstram que o polímero hidrorretentor auxiliou na sobrevivência das mudas de cedro australiano. Em campo, o polímero hidrorretentor não teve interação com os diferentes níveis de fertilização mineral testada para a espécie. O cedro australiano foi responsivo à aplicação de diferentes dosagens de NPK, sendo a dosagem máxima (N2P2K2) a que proporcionou maior incremento em diâmetro do colo e altura. A aplicação de N e K se mostrou bastante eficiente para a espécie, visto que plantas adubadas com este nutriente cresceram mais, porém isso só foi verificado em plantas que também haviam sido adubadas com fósforo no momento do plantio. Portanto, a omissão de fósforo na fase de implantação foi o fator mais limitante para o crescimento da *Toona ciliata*.

Palavras-chave: Hidrogel. Cedro australiano. Macronutrientes.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the hidrorretentor polymer and the influence of different mineral fertilization dosages on the survival and growth of *Toona ciliata* during the implantation phase. The experiment was carried out in a randomized complete block design in a 2 x 5 factorial scheme, with two polymer doses (0 and 1 g) and five mineral fertilization combinations (N0P0K0, N0P1K0, N1P0K1, N1P1K1 and N2P2K2) in three replications with five plants per plot. As sources of these nutrients were used simple superphosphate and a formulated NPK 20:00:20. Survival, diameter at the height of the neck and total height were measured at 60, 120, 150 and 180 days after planting. At 180 days, after the results were verified, the leaf chemical analysis was performed in the plants of the treatments considered better, based on the growth data, being samples composed of treatments N1P1K1 and N2P2K2. The results demonstrate that the hidrorretentor polymer assisted the survival of the Australian cedar seedlings. In the field, the hidrorretentor polymer had no interaction with the different levels of mineral fertilization tested for the species. The Australian cedar was responsive to the application of different dosages of NPK, the maximum dosage (N2P2K2) being the one that provided the greatest increase in neck diameter and height. The application of N and K was very efficient for the species, since plants fertilized with this nutrient grew more, but this was only verified in plants that had also been fertilized with phosphorus at the time of planting. Therefore, the omission of phosphorus in the implantation phase was the most limiting factor for the growth of *Toona ciliata*.

Keywords: Hydrogel. Australian cedar. Macronutrients.

1 INTRODUÇÃO

O fornecimento adequado de água e nutrientes contribui de forma expressiva para o aumento da produtividade de povoamentos florestais. O uso de polímeros hidrorretentores ou hidrogel surge como uma alternativa para suprir a demanda hídrica na fase inicial de desenvolvimento desses plantios (EKEBAFE et al., 2011; CARVALHO et al., 2013; NAVROSKY et al., 2016).

Os polímeros hidrorretentores são produtos valorizados pela capacidade de absorver e liberar de forma gradativa a água. A natureza do arranjo das moléculas confere ao material uma forma granular quando seco e, ao ser hidratado, os grânulos dilatam-se, transformando-se em partículas de gel (PREVEDELLO; BALENA, 2000).

Ao ser incorporado no solo, o hidrogel permite maior retenção de água e fertilizantes, os quais são liberados mais lentamente para as plantas em função dos ciclos de absorção e liberação. Além disso, em função da sua elevada capacidade de troca de cátions, o produto auxilia na redução da lixiviação de nutrientes (TAYLOR; HALFACRE, 1986; BERNARDI et al., 2012). Outros benefícios podem ser observados com o uso do polímero hidrorretentor, como a redução da perda de água, redução de custos com irrigação e replantio de mudas, permitindo assim um menor custo de produção (EKEBAFE et al., 2011).

Em estudo sobre o crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e fertilização mineral, Bernardi et al. (2012) verificaram que houve efeito positivo para as variáveis altura e diâmetro do colo com o uso do polímero e que o mesmo pode reduzir em até 40% a fertilização mineral de base e cobertura.

O uso do polímero hidrorretentor deve ser cuidadosamente avaliado, já que existe a probabilidade de ocorrer efeitos secundários adversos. Segundo Peterson (2003), em casos com excesso de sais e nutrientes no solo, a adição do

polímero pouco contribui no crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo até se tornar prejudicial. Tal efeito foi observado por Vichiato et al. (2004), que notaram excesso de nutrientes no substrato das mudas, devido à alta concentração de fertilizantes e sais promovida pela alta retenção de água pelo hidrogel, o que prejudicou o desenvolvimento das mesmas.

Além disso, produzir mudas resistentes, mais capacitadas a sobreviver às adversidades encontradas no campo e uma boa fertilização mineral no momento do plantio é uma das possíveis opções para minimizar as perdas no campo (SOUZA et al., 2006).

No Brasil, os estudos silviculturais têm se voltado para espécies consideradas de rápido crescimento, como as do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*. Porém, outras espécies devem ser estudadas com o objetivo de aumentar a diversificação na produção florestal (MORETTI et al., 2011). Entre elas, está a *Toona ciliata*, que vem se mostrando promissora principalmente devido à adaptabilidade às condições edafoclimáticas brasileiras, rápido crescimento e qualidade da madeira produzida (NAVROSKI et al., 2017).

Segundo Moretti et al., (2011) um dos fatores limitantes ao plantio da espécie em larga escala é a falta de estudos envolvendo a absorção de nutrientes e os requerimentos nutricionais, além das condições exigidas no tocante aos fatores hídricos, edáficos e climáticos.

Nesse sentido, nota-se a necessidade de estudos que busquem avaliar os reais efeitos do polímero hidrorretentor e fertilização mineral na fase de implantação para espécies florestais, principalmente aquelas consideravelmente promissoras, como o cedro australiano, uma vez que os resultados encontrados no presente estudo, possivelmente, podem ser utilizados como referência para suprir essa necessidade.

Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito do polímero hidrorretentor e de diferentes dosagens de fertilização mineral no crescimento e teor de nutrientes de *Toona ciliata* na fase de implantação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em dezembro de 2016, no município de Lavras/MG, em local situado em clima classificado como tropical de altitude com verões suaves, mesotérmico úmido do tipo Cwb, segundo classificação de Köppen, sendo que a região apresenta temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e a média entre 18 °C e 19 °C. A precipitação média anual é de 1511 mm, variando de 16,9 mm no mês mais seco a 293,9 mm no mês com maior precipitação (ALVARES et al., 2013; INMET, 2014).

O sitio experimental foi classificado, após amostragem da área, como Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (66% de argila) (EMBRAPA, 2013), sendo coletada amostra composta para análise química (TABELA 1).

Tabela 1 - Resumo da análise química do solo da área experimental.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	MO g kg ⁻¹	K mg dm ⁻³	P mg dm ⁻³	Ca mg dm ⁻³	Mg mg dm ⁻³	Al cmol _c dm ⁻³	H+Al cmol _c dm ⁻³	T cmol _c dm ⁻³	V %	m %
0-20	5,4	1,35	37,02	1,22	1,36	0,3	0,1	2,27	4,02	43,65	5,41

Fonte: Do autor (2018).

*MO: matéria orgânica; T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: índice de saturação por base; m: índice de saturação de alumínio.

Foram utilizadas mudas clonais de cedro australiano com padrão de qualidade adequado para o plantio em campo (25 e 30 cm de altura).

Para o condicionamento da área experimental, realizou-se o controle de formigas cortadeiras (periodicamente), limpeza da área por meio de trator (4x2TDA) com grade de corte, controle de plantas daninhas (periodicamente) e o preparo do solo, sendo realizada a escarificação com o auxílio de trator (4x2TDA).

O desenho experimental utilizado foi em esquema fatorial 2 x 5 (duas doses de polímero hidrorretentor e cinco combinações de fertilização mineral) em delineamento de blocos casualizados completos, com três repetições e cinco mudas por parcela em arranjo de 3 x 2 m. As doses de polímero hidrorretentor corresponderam a 0 e 1 g por planta, sendo estas diluídas em 400 ml de água e sua aplicação em cova de dimensão 20 x 20 x 20 cm. Os níveis de fertilização mineral foram denominados como N0P0K0, N0P1K0, N1P0K1, N1P1K1 e N2P2K2, correspondendo a dosagens de N (N0 = 0, N1 = 62 e N2 = 124 g do fertilizante por planta), P (P0 = 0, P1 = 75 e P2 = 150 g do fertilizante por planta) e K (K0 = 0, K1 = 62 e K2 = 124 g do fertilizante planta). Como fontes desses nutrientes foram utilizados o superfosfato simples (18% de P₂O₅) e um formulado NPK (20:00:20).

As doses de P foram aplicadas em cova na realização do plantio. As doses de N e K foram disponibilizadas aos 60 dias pós-plantio, em dia chuvoso.

Aos 60, 120, 150 e 180 dias pós-plantio foram avaliados a sobrevivência, o diâmetro à altura do colo (DAC) e a altura total. Aos 180 dias pós-plantio, a partir dos resultados de crescimento, coletaram-se folhas recém-maduras do terço superior das plantas conforme sugerido para eucalipto por Barros e Novais (1999). Após coletadas, as amostras foram subdivididas em sub-amostras e levadas para análise no Laboratório de análises de solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Essa coleta foi realizada nas plantas dos tratamentos considerados melhores, com base nos dados de crescimento, sendo amostras compostas dos tratamentos N1P1K1 e N2P2K2, as quais foram processadas e analisadas conforme o Manual de Nutrição Mineral de Plantas (MALAVOLTA, 2006).

Os dados coletados foram submetidos à análise de normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk, a 5% de probabilidade do erro, utilizando o Software estatístico R (R CORE TEAM, 2016). Posteriormente, realizou-se a análise de

variância e quando significativo, fez-se o teste de agrupamento Scott-Knott, a 5% de probabilidade do erro. As análises foram feitas por meio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a sobrevivência das mudas de *Toona ciliata*, foi possível verificar que não houve interação significativa entre os efeitos das doses de fertilização mineral e hidrogel (TABELA 2). Também não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto aos efeitos das doses de fertilização mineral. No entanto, observou-se que a presença do polímero hidrorretentor proporcionou sobrevivência superior quando comparado com o tratamento com ausência do polímero, em todos os períodos avaliados, uma vez que o tratamento com presença do polímero apresentou 85% de sobrevivência aos 60 dias, 69% aos 120 dias e 67% aos 150 e 180 dias, enquanto os tratamentos com ausência, apresentaram 67%, 45%, 45% e 45% respectivamente.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para sobrevivência de mudas de *Toona ciliata*, aos 60, 120, 150 e 180 dias pós-plantio, em função da utilização de hidrogel e da fertilização mineral de implantação.

FV ¹	GL ²	Quadrado Médio			
		60 dias	120 dias	150 dias	180 dias
BLOCO	2	0,3230ns	0,0098ns	0,0197ns	0,0197ns
HIDROGEL	1	0,7470*	0,9492**	0,0162*	0,0162*
DOSE	4	0,2583ns	0,2306ns	0,0852ns	0,0852ns
HIDROGEL*DOSE	4	0,0699ns	0,1751ns	0,1278ns	0,1278ns
ERRO	18	0,1165	0,0961	0,1044	0,1044
CV ³ (%)	-	30,43	35,18	37,00	37,00
M ⁴ (%)	-	76,00	57,00	56,70	56,70

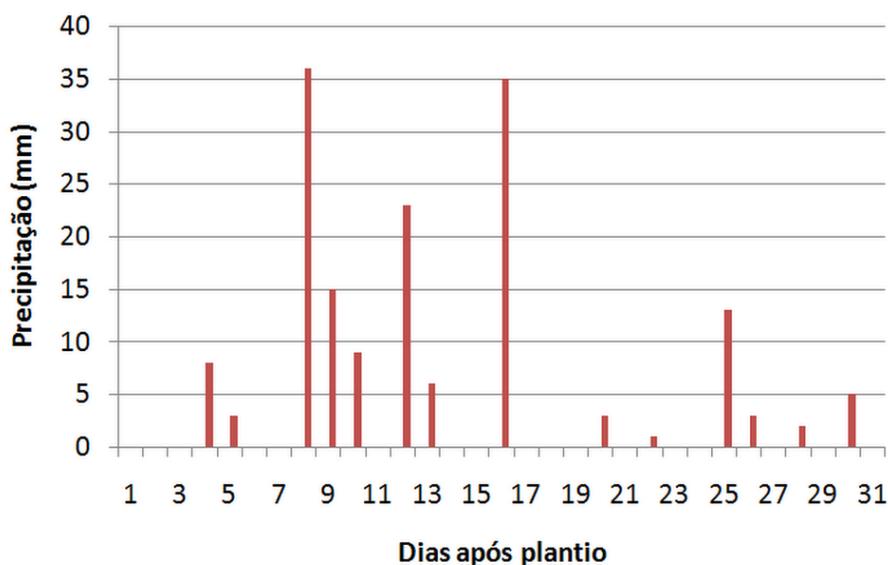
Fonte: Do autor (2018).

¹Fonte de variação; ²Grau de liberdade; ³Coefficiente de variação; ⁴Média geral; ^{ns}Não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ^{**}Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, ^{*}Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), não houve uniformidade na distribuição da precipitação diária no mês que sucedeu o plantio (FIGURA 1). Isso possivelmente favoreceu a influência do

polímero hidrorretentor na sobrevivência das mudas, já que esse período é considerado crítico em relação ao estabelecimento das mudas no campo.

Figura 1 - Precipitação em Lavras, MG, durante os 30 primeiros dias pós-plantio.



Fonte: INMET (2017)

Possivelmente, os resultados reforçam a hipótese de que o hidrogel proporciona maior umidade ao solo no período de estabelecimento das mudas no campo, uma vez que nesse momento as mudas apresentam sistema radicular pequeno e com pouca eficiência de absorção de água e nutrientes. Souza et al. (2010) salientam que na fase de implantação, o cedro australiano é altamente responsivo à quantidade de água disponibilizada e, por esse fato, a aplicação do polímero hidrorretentor no ato do plantio é fundamental para obter elevada sobrevivência. Nesse sentido, Klein et al. (2016) recomendam o uso de polímeros hidrorretentores para o plantio da espécie.

Em estudo avaliando a sobrevivência e crescimento de pinhão-mansinho em função da época de plantio e uso de hidrogel, Dranski et al. (2013) também verificaram uma maior sobrevivência das mudas com a presença do polímero hidrorretentor quando o plantio foi realizado no verão, como é o caso do presente estudo.

Ao avaliar o diâmetro do colo e altura (TABELA 3), não houve interação significativa entre os níveis de fertilização mineral e a aplicação de hidrogel. Ao estudar os efeitos principais, não se verificou significância entre os níveis do hidrogel, mas encontrou-se diferença média entre os níveis de fertilização mineral.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para o diâmetro do colo e altura das mudas de *Toona ciliata*, aos 60, 120, 150 e 180 dias de idade, em função da utilização de hidrogel e da fertilização mineral de implantação.

FV ¹	GL ²	Quadrado médio			
		60 dias	120 dias	150 dias	180 dias
Diâmetro do Colo					
BLOCO	2	0,4427ns	0,0324ns	2,3998ns	2,8355ns
HIDROGEL	1	0,7806ns	0,0084ns	2,7871ns	0,1468ns
DOSE	4	2,5218*	91,4499*	126,6678*	148,6516*
HIDROGEL*DOSE	4	0,8414ns	7,6235ns	9,8292ns	6,1094ns
ERRO	18	0,3433	4,1856	3,6191	3,6426
CV ³ (%)	-	6,48	11,81	9,27	8,28
M ⁴ (mm)	-	9,13	17,33	20,52	23,05
Altura					
BLOCO	2	19,8993ns	7,9092ns	202,6622ns	78,9262ns
HIDROGEL	1	4,1849ns	36,0803ns	52,9214ns	184,0045ns
DOSE	4	132,2549*	3698,8189*	4843,8012*	6649,2579*
HIDROGEL*DOSE	4	25,5348ns	278,7298ns	401,9666ns	482,4007ns
ERRO	18	25,3607	101,2623	177,6129	321,3508
CV ³ (%)	-	11,68	10,36	11,62	13,69
M ⁴ (cm)	-	42,26	97,10	114,68	130,91

Fonte: Do autor (2018).

¹Fonte de variação; ²Grau de liberdade; ³Coefficiente de variação; ⁴Média geral; ^{ns}Não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Diante do fato de não haver interação entre os fatores hidrogel e fertilização mineral, pode-se inferir que o polímero hidrorretentor não maximizou a disponibilidade de nutrientes para a espécie. Porém, em trabalhos realizados por Bernardi et al. (2012) e Bartieres et al. (2016), foi observado que a utilização conjunta do polímero hidrorretentor e da fertilização mineral promoveu maior incremento em altura e diâmetro do colo das mudas de eucalipto implantadas em substrato comercial e em Argissolo Vermelho de textura arenosa, respectivamente.

Malavolta (2006) cita as funções do P como sendo um componente dos lipídeos do plasmalema e do tonoplasto, os quais são passagem obrigatória dos nutrientes no processo de absorção, tanto na raiz quanto na folha, armazenamento de energia na fotossíntese e respiração, utilização de energia para reações de síntese de proteínas, na fixação biológica do N e transferência dos caracteres genotípicos da planta com suas manifestações externas que dependem do ambiente.

Com relação à fertilização, verificou-se que o P foi essencial para o crescimento das plantas de cedro e que na ausência deste nutriente, mesmo com aplicação de N e K, as mudas apresentaram desempenho inferior quando comparadas as que receberam P (TABELA 4).

Verificou-se, já aos 60 dias, que as mudas dos tratamentos em que havia sido aplicado o P na fertilização mineral de plantio, apresentaram médias superiores às mudas dos demais tratamentos. Tais resultados mostram a importância do nutriente P na fase inicial de crescimento dessa espécie, conforme já elucidado para inúmeras outras espécies florestais.

Ademais, notou-se que os tratamentos com ausência de P, em todas as medições, apresentaram mudas com menor crescimento ao serem comparados com as mudas dos tratamentos em que houve a aplicação de P na fertilização

mineral de plantio, sendo a aplicação deste nutriente fundamental para a implantação do cedro australiano.

Moretti et al. (2011), verificaram que a omissão do P foi limitante para o crescimento da *Toona ciliata*, assim como encontrado no presente trabalho. Entretanto, Da Ros et al. (2016), analisando o crescimento inicial de *Toona ciliata*, verificaram que ao omitir o P da fertilização mineral, o crescimento em altura, diâmetro da copa e diâmetro à altura do peito não foi influenciado. Porém, ao contrário do encontrado no presente estudo, ao retirarem o N da fertilização mineral, observaram redução no crescimento em altura, diâmetro da copa e diâmetro à altura do peito.

Tabela 4 - Diâmetro do colo e altura das mudas de *Toona ciliata*, aos 60, 120, 150 e 180 dias pós-plantio, em função dos níveis de fertilização mineral.

Níveis de fertilização mineral	Dias após o plantio							
	60		120		150		180	
Diâmetro do Colo (mm)								
N0P0K0	8,88	b	13,48	c	16,11	c	17,68	c
N0P1K0	9,88	a	18,83	b	22,55	b	25,51	b
N1P0K1	8,17	b	13,13	c	15,29	c	17,73	c
N1P1K1	9,31	a	19,05	b	22,82	b	26,12	b
N2P2K2	9,44	a	22,16	a	25,83	a	28,19	a
Altura (cm)								
N0P0K0	37,80	b	70,48	c	84,91	c	97,11	c
N0P1K0	47,32	a	107,41	b	125,56	b	138,08	b
N1P0K1	36,73	b	71,97	c	86,53	c	96,11	c
N1P1K1	44,75	a	108,82	b	125,42	b	150,83	b
N2P2K2	44,70	a	126,81	a	150,97	a	171,81	a

Fonte: Do autor (2018).

* Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Skott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Rocha et al. (2013), analisando o crescimento de mudas de eucalipto sob diferentes dosagens de P, concluíram que esse elemento teve um efeito positivo no crescimento das plantas, mas ressaltam a importância de se utilizar uma correta dosagem do nutriente, já que dosagens maiores do que as consideradas ideais podem gerar fitotoxicidez e conseqüentemente afetar negativamente no crescimento.

Nesse sentido, Resende et al. (1999) ainda ressaltam que na fase inicial de desenvolvimento de espécies florestais, a responsividade ao fornecimento de P é distinta, dependendo do grupo sucessional e da espécie estudada, uma vez que espécies pioneiras respondem mais rapidamente ao fornecimento do nutriente. Sendo o cedro australiano considerado de estágio sucessional pioneiro (BUDOWSKI, 1965), nota-se a alta eficiência de utilização do nutriente, apresentando maiores incrementos em diâmetro do coleto quando o P foi disponibilizado na fertilização mineral de plantio.

Notou-se que aos 60 dias pós-plantio, os tratamentos que tiveram a aplicação de P apresentaram mudas com médias de altura e diâmetro superiores aos demais tratamentos. Neste momento foi realizada a fertilização mineral de cobertura, a qual demonstrou resultados significativos aos 120 dias. Dessa forma, verificou-se que aos 120, 150 e 180 dias pós-plantio o tratamento contendo a máxima dosagem dos três nutrientes (N2P2K2) apresentou mudas com médias superiores. Resultados semelhantes foram encontrados por De Marco et al. (2013), que verificaram maior crescimento sob dosagens com 9 kg m⁻³ de NPK (9:33:12) para *Toona ciliata* em tubetes, porém os mesmos afirmam que dosagens muito altas comprometem a sanidade e sobrevivência das mudas.

Souza et al. (2010) recomendam que, para *Toona ciliata*, sejam realizadas duas adubações de cobertura com N e K, sendo uma no primeiro e outra no segundo ano de plantio.

Navroski et al. (2016), analisando o uso do hidrogel na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*, verificaram que na presença de hidrogel e ao aplicar mais de 50% da dose recomendada de fertilizante, a altura e DAP das plantas foram inferiores, ou seja, não observaram influência do polímero aplicado conjuntamente com a dose total recomendada do fertilizante para o crescimento das mudas. Entretanto, no presente estudo, para essas variáveis, o efeito das diferentes dosagens de N, P e K apresentou diferença significativa em todas as avaliações realizadas nas mudas de *Toona ciliata*.

Conforme Barros e Novais (1999), uma correta dosagem de fertilizante é fundamental para se obter a máxima produtividade sem gerar toxidez às plantas. Pode-se verificar neste estudo que a aplicação de forma correta e no momento correto dos três nutrientes (NPK) foi mais eficiente tanto para o diâmetro do coleto, como para a altura das mudas de *Toona ciliata*.

Dada a elevada demanda inicial de P pelas plantas perenes, faz-se necessário a aplicação de uma fonte solúvel desse elemento de forma localizada em cova no ato de plantio, visando assim alta produtividade, visto a escassez desse nutriente na solução dos solos brasileiros e a facilidade de ser adsorvido nos colóides do solo, tornando-se não disponível às plantas (BARROS et al., 2005).

Segundo Paiva et al. (2011) a aplicação do N e do K deve ser realizada entre 40 a 60 dias pós-plantio, preferencialmente, com solo úmido e particionando sua aplicação para evitar a perda por lixiviação. Se optar por realizar a fertilização mineral em período seco, deve-se aplicar o adubo de forma a incorporá-lo no solo, visando evitar perdas de N por volatilização. Ademais, ressalta-se que a fertilização mineral de N e K deve ser feita quando as mudas apresentarem o sistema radicular bem desenvolvido, para que as mesmas possam absorver esses nutrientes de forma eficiente.

Com relação à análise química foliar, a concentração externa de íons é um dos fatores que afetam a absorção iônica radicular (MARSCHNER, 2012). Na Tabela 5, pode-se observar o teor de nutrientes nas folhas de *Toona ciliata* para os tratamentos considerados melhores com base no crescimento aos 180 dias pós-plantio, sendo que esses valores podem possivelmente ser utilizados como referência para a espécie.

Tabela 5 - Teor de nutrientes em folhas de *Toona ciliata* para os tratamentos considerados melhores com base no crescimento aos 180 dias pós-plantio, em função da fertilização mineral de implantação.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	B	Cu	Fe
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
N1P1K1	28,4	1,5	18,1	12,5	1,3	1,5	17,7	21,7	17,0	9,2	261,2
N2P2K2	27,9	1,5	19,3	6,7	1,3	1,4	17,8	17,3	18,1	9,2	136,9
Média	28,1	1,5	18,7	9,6	1,3	1,5	17,8	19,5	17,5	9,2	199,0

Fonte: Do autor (2018).

N1: 62 g planta⁻¹; N2: 124 g planta⁻¹; P1: 75 g planta⁻¹; P2: 150 g planta⁻¹; K1: 62 g planta⁻¹ e K2 = 124 g planta⁻¹. Fontes: superfosfato simples (18% de P₂O₅) e formulado NPK (20:00:20).

Observou-se que os teores foliares para o N, P e K estão acima do nível crítico para o eucalipto na idade de sete anos (N: 14-16; P: 1-1,2; K: 10-12 g.kg⁻¹), proposto por Martinez, Carvalho e Souza (1999), assim como encontrado por Da Ros et al. (2016) ao compararem os níveis de suficiência em função do eucalipto para a *Toona ciliata* com a mesma idade (N: 25,3; P: 2,7; K: 17,7 g.kg⁻¹).

Em relação ao crescimento e ao teor foliar, foi possível verificar que na fase de implantação de *Toona ciliata* o N, o P e o K são fundamentais para o crescimento. Em trabalho realizado com essa espécie, Moretti et al. (2011), observaram resultados similares ao encontrados no presente estudo e afirmam que esses nutrientes são limitantes para o crescimento inicial da espécie.

De modo geral, os resultados encontrados para *Toona ciliata*, possivelmente, podem ser utilizados como referência para futuros trabalhos, uma vez que na literatura encontram-se poucas informações a respeito da espécie, sendo importante ressaltar a necessidade de futuros estudos de cunho científico.

4 CONCLUSÕES

O uso do polímero hidrorretentor aumentou a sobrevivência de mudas de *Toona ciliata*.

Para nenhuma das características avaliadas, houve interação significativa entre o polímero hidrorretentor e os níveis de fertilização mineral para a espécie.

A *Toona ciliata* foi responsiva à aplicação de diferentes dosagens de NPK, sendo a fertilização mineral de plantio com P crucial para o crescimento inicial das mudas, o que é maximizado pela aplicação, em cobertura de N e K.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 269-286.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Eucalipto. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. p.303-305.
- BARTIERES, E.M.M.; CARNEVALI, N. H. de S.; LIMA, E. de S.; CARNEVALI, T. O.; MALLMANN, V. Hidrogel, calagem e fertilização mineral no desenvolvimento inicial, sobrevivência e composição nutricional de plantas híbridas de eucalipto. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 36, n. 86, p. 145-151, abr./jun. 2016.
- BERNARDI, M. R., SPEROTTO JUNIOR, M., DANIEL, O., & TADEU VITORINO, A. C. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e fertilização mineral. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, jan./mar. 2012.
- BUDOWSKI, A. Distribution of tropical American rain forest species in the light succession progress. Turrialba, San Jose, v. 15, p. 40-42, 1965.
- CARVALHO, R. P.; CRUZ, M. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.2, p. 518-526, 2013.
- DA ROS, C. O. et al. Crescimento inicial de povoamentos mistos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Toona ciliata* M. Roem var. *australis* com supressão de macronutrientes primários. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.44, n.111, p. 769-777, set. 2016.

DE MARCO, R. Resposta de mudas de *Toona ciliata* M. Roem à fertilização orgânica e química. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16, p. 1939-1946. 2013.

DRANSKI, J. A. L., A. S. PINTO JUNIOR, M. A. CAMPAGNOLO, U. C. MALAVASI, M. M. MALAVAS. Sobrevivência e crescimento inicial de pinhão-mansão em função da época de plantio e do uso de hidrogel. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23,n. 3. 2013.

EKEBAFE, L. O.; OGBEIFUN, D. E.; OKIEMEN, F. E. **Polymer Applications in Agriculture**, Biokemistri, v.23, n.2, p.81-89, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FERREIRA, D.F. Sisvar:a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FURTINI NETO, A.E. et al.**Fertilidade do Solo**. FAEPE / UFLA, Lavras – MG, 2001. 252p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normais>>. Acesso em: 03 de nov. 2014.

KLEIN, D. R. et al. Aspectos gerais e silviculturais de *Cordia americana*, *Aspidosperma polyneuron*, *Toona ciliata* e *Khaya* spp. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, n. 2, p. 155-164. 2016.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. 889 p.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999. p.143-168.

MORETTI, B.S.; FURTINI NETO, A.E.; 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, 2011.

NAVROSKI, M.; ARAUJO, M. M.; REINIGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B.; DE OLIVEIRA PEREIRA, M. Redução da fertilização mineral e melhoria das características do substrato com o uso do hidrogel na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, 2016.

PAIVA, H.N.; JACOVINE, L.A.G.; TRINDADE, C.; RIBEIRO, G.T. **Cultivo de eucalipto: implantação e manejo**. Viçosa: Aprenda Fácil. 2011. 354p.

PETERSON, D. Hydrophilic polymers: effects and uses in the landscape. **Soviet Soil Science**, Moscow, v. 13, n. 4, p. 111-115, 2003.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 407 p.

PREVEDELLO, C. L.; BALENA, S. P. Efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 251-258, 2000.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <<http://R-project.org>>.

RESENDE, A. V., FURTINI NETO, A. E., MUNIZ, J. A., CURTI, N., FAQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2071-2081, nov. 1999.

ROCHA, J. H. T., PIETRO, M. R., BORELLI, K., BACKES, C., NEVES, M. B. Produção e desenvolvimento de mudas de eucalipto em função de doses de fósforo. **CERNE**, Lavras, v. 19, n.4, 535-543. 2013.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006

SOUZA, J. C. A. V., BARROSO, D. G., CARNEIRO, J. G. A. (2010). **Cedro australiano** (*Toona ciliata*). Niterói: Programa Rio Rural, 12p. (Manual Técnico 21).

TAYLOR, K.C.; HALFACRE, R.G. The effect of hydrophylic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. **Hortculture Science**, v.21, n.5,p.1159-1161, 1986.

VICHIATO, M. et al. Crescimento e composição mineral do porta-enxerto de tangerina cleópatra cultivado em substrato acrescido de polímero hidrorretentor. **Ciência Agropecuária**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 748-756, 2004.

**CAPÍTULO 4 POLÍMERO HIDRORRETENTOR E FERTILIZAÇÃO
MINERAL FOSFATADA NA IMPLANTAÇÃO DE *Pinus elliottii* E *Pinus
caribaea***

RESUMO

A produtividade florestal pode ser influenciada, entre outros fatores, pela disponibilidade de água e nutrientes. O uso dos polímeros hidrorretentores é uma alternativa para o suprimento de água no período inicial de desenvolvimento das plantas, podendo reter e disponibilizar também os nutrientes nela presentes. No presente trabalho, objetivou-se avaliar o efeito do polímero hidrorretentor e de diferentes dosagens de fertilização mineral fosfatada no crescimento de mudas de *Pinus elliottii* e *Pinus caribaea* na fase de implantação. O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados completos, em esquema fatorial 2 x 2 x 2, sendo duas espécies, duas doses de polímero (0 g e 1 g de polímero por planta) e duas doses de fertilização mineral fosfatada (0 e 75 g), em três repetições com cinco plantas por parcela e arranjo de 3 x 2 m. As variáveis resposta utilizadas foram o diâmetro à altura do coleto (DAC) e altura total, mensuradas aos 12 meses de idade. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Scott-knott a 5% de probabilidade do erro. A partir dos dados obtidos, foi observado que não houve interação entre os três fatores analisados. A fertilização mineral fosfatada e a presença do polímero hidrorretentor não influenciaram no crescimento das mudas. A espécie *Pinus caribaea* apresentou maior crescimento do que a espécie *Pinus elliotti* durante o período analisado.

Palavras-chave: Hidrogel. Fósforo. Nutrição florestal.

ABSTRACT

Forest productivity can be influenced, among other factors, by the availability of water and nutrients. The use of hidrorretentor polymers is an alternative for water supply in the initial period of development of plants, and can retain and make available the nutrients present in them. The objective of this work was to evaluate the effect of the hidrorretentor polymer and different dosages of phosphate mineral fertilization on the growth of *Pinus elliottii* and *Pinus caribaea* seedlings in the implantation phase. The experiment was carried out in a randomized complete block design in a 2 x 2 x 2 factorial scheme, two species, two doses of polymer (0 g and 1 g of polymer per plant) and two doses of phosphate mineral fertilization (0 and 75 g), in three replicates with five plants per plot and 3 x 2 m arrangement. The response variables used were the diameter at the height of the collection and total height, measured at 12 months of age. The data obtained were submitted to the Scott-knott test at 5% probability of error. From the data obtained, it was observed that there was no interaction between the three factors analyzed. The phosphate mineral fertilization and the presence of the hidrorretentor polymer did not influence the growth of the seedlings. The species *Pinus caribaea* showed higher growth than the *Pinus elliotti* species during the analyzed period.

Keywords: Hydrogel. Phosphor. Forest nutrition.

1 INTRODUÇÃO

Condições do solo e umidade agem diretamente no estabelecimento e desenvolvimento de um povoamento florestal, sendo necessário elaborar técnicas que promovam a melhoria destas. Os polímeros hidrorretentores ou hidrogeis surgem como aliados ao fornecimento de água no estágio inicial de desenvolvimento das plantas, podendo reter e disponibilizar os nutrientes nela dissolvidos (NAKROSKY, 2015; THOMAS, 2008).

Com a retenção da água da chuva ou irrigação e posterior liberação de forma gradual para as plantas, esses produtos podem melhorar o aproveitamento do recurso, diminuindo taxas de mortalidade das mudas no campo e perdas de nutrientes por lixiviação, e consequentemente reduzir custos na implantação florestal (BUZETTO; BIZON; SEIXAS, 2002; CÂMARA et al., 2011).

Em relação à demanda nutricional, é fundamental que se conheça as necessidades do solo por nutrientes que posteriormente serão disponibilizados às plantas. O P é o macronutriente menos exigido pelas culturas, porém, o que mais limita a produção vegetal no Brasil, devido à baixa disponibilidade em solos tropicais e à alta capacidade de reagir com componentes do solo formando compostos de baixa solubilidade (GONÇALVES; BENEDETTI, 2005). O transporte desse nutriente da solução até a raiz se dá exclusivamente por meio da difusão, a qual é altamente dependente da disponibilidade hídrica, se tornando ineficiente na ausência de água (FURTINI NETO et al., 2001).

Nesse sentido, o transporte e absorção de P possivelmente podem ser favorecidos pelo uso dos polímeros hidrorretentores, já que estes, segundo Talheimer et al. (2010), permitem a ocorrência da uniformização da reposição de água ao solo, impedindo que as plantas apresentem sintomas de estresse hídrico no período inicial de desenvolvimento.

Além de uma correta dosagem desse nutriente, é fundamental que ele seja aplicado de forma correta. Segundo Barros et al. (1999), para que se consiga uma boa resposta à fertilização fosfatada e conseqüentemente maior produtividade de povoamentos florestais, é necessário que se aplique uma fonte solúvel desse elemento, de forma localizada, em cova, no momento do plantio.

Devido à alta capacidade de gerar produtos madeireiros e não-madeireiros, espécies do gênero *Pinus* começaram a ser plantadas no Brasil há mais de um século (SHIMIZU, 2008). Essas espécies são conhecidas por possuírem grande capacidade de utilização dos recursos nutricionais mesmo em solos com baixa fertilidade, apresentando rápido crescimento, sendo em muitas situações plantadas sem nenhum tipo de fertilização (REISSMANN; WISNIEWSKI, 2005).

Entre as espécies cultivadas no Brasil, duas ganham destaque pela boa adaptabilidade na maior parte do território mineiro, o *Pinus elliottii* e *P. caribaea* (GOLFARI, 1978). Ambas as espécies são caracterizadas pelo bom potencial de produção de resina, um produto de exsudação, obtido, segundo Kroka et al. (2005) em maior quantidade e qualidade quando são realizadas as devidas práticas silviculturais no plantio, e sendo matéria-prima de uma grande quantidade de produtos utilizados pela sociedade.

Conforme comentado, ambas as espécies são reconhecidas pela grande capacidade de utilização dos recursos nutricionais. Já em relação à exigência hídrica, visando o fato de que os plantios com essas espécies podem se estender a regiões com diferentes climas, a espécie *Pinus elliotti*, especificamente, é reconhecida pela boa adaptabilidade a locais que ocorrem chuvas estacionais, com pouca deficiência de água no inverno e primavera. Já a espécie *P. caribaea* é considerada um pinus tropical, a qual tolera maiores períodos de deficiência (SHIMIZU, 2008).

Apesar de se saber que a demanda hídrica e nutricional são fatores primordiais na implantação de um povoamento florestal, ainda são escassos os estudos que relacionam o uso de polímeros hidrorretentores e a fertilização mineral fosfatada nesses plantios. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do polímero hidrorretentor e da fertilização mineral fosfatada no crescimento de mudas de *Pinus elliottii* e *Pinus caribaea* na fase de implantação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em novembro de 2016, no município de Lavras/MG, em local situado em clima classificado como tropical de altitude, verões suaves, mesotérmico úmido do tipo Cwb, segundo classificação de Köppen, sendo que a região representa temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e a média entre 18 °C e 19 °C. A precipitação média anual é de 1511 mm, variando de 16,9 mm no mês mais seco a 293,9 mm no mês com maior precipitação (ALVARES et al., 2013; INMET, 2014).

O sítio experimental foi classificado, após amostragem da área, como Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (66% de argila) (EMBRAPA, 2013), sendo coletada amostra composta para análise química (TABELA 1).

Tabela 1 - Resumo da análise química do solo da área experimental.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	MO g kg ⁻¹	K mg dm ⁻³	P mg dm ⁻³	Ca mg dm ⁻³	Mg mg dm ⁻³	Al cmol _c dm ⁻³	H+Al cmol _c dm ⁻³	T %	V %	m %
0-20	5,4	1,35	37,02	1,22	1,36	0,3	0,1	2,27	4,02	43,65	5,41

Fonte: Do autor (2018).

*MO: matéria orgânica; T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: índice de saturação por base; m: índice de saturação de alumínio.

Foram utilizadas mudas seminais de *Pinus elliotti* e *Pinus caribaea*, todas apresentando padrão adequado ao plantio em campo (25 a 30 cm de altura e 2 a 4 mm de diâmetro do coleto).

O controle de formigas foi realizado com isca formicida e o de plantas daninhas de forma manual, ambos periodicamente. Antes da implantação do experimento, realizou-se a limpeza da área de forma mecanizada por meio de trator (4x2TDA) com grade de corte, e o preparo do solo envolveu a escarificação do solo com trator (4x2TDA).

O desenho experimental utilizado foi em esquema fatorial 2 x 2 x 2, em delineamento de blocos casualizados completos, com três repetições e cinco mudas por parcela em arranjo de 3 x 2 m. Os tratamentos utilizados foram duas espécies (*Pinus elliotti* e *Pinus caribaea*), duas doses de hidrogel e dois níveis de fertilização mineral fosfatada. As doses de polímero hidrorretentor corresponderam a 0 e 1 g por planta, sendo estas diluídas em 400 ml de água e sua aplicação em cova de dimensão 20 x 20 x 20 cm. Os níveis de fertilização mineral fosfatada corresponderam a 0 e 75 g de superfosfato simples (18% de P₂O₅), aplicado no momento do plantio, na cova de plantio.

As variáveis respostas utilizadas foram o diâmetro à altura do coleto (DC) e altura total, mensurados aos 12 meses de idade. Para a mensuração do diâmetro do coleto foi usado um paquímetro digital e para a altura, uma régua graduada. Os dados coletados foram submetidos à análise de normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk. Ao conferirem normalidade, realizou-se a análise de variância e quando significativos (p-value < 0,05), realizou-se o teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. As análises foram feitas por meio do programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da avaliação da altura e diâmetro do coleto, verifica-se que não houve interação significativa entre os fatores analisados (TABELA 2). As doses de hidrogel e de fertilizante mineral fosfatado utilizadas também não influenciaram no crescimento das mudas. Entretanto, o fator espécie interferiu significativamente no crescimento das plantas.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para altura e diâmetro à altura do coleto (DAC) de mudas de *Pinus elliotti* e *Pinus caribaea* aos 12 meses de idade, em função da espécie, de doses de hidrogel e fertilização fosfatada.

FV ¹	GL ²	Quadrado médio Altura	Quadrado médio DAC
ESPÉCIE (E)	1	7242,4794*	738,6311*
HIDROGEL (H)	1	11,9239 ^{ns}	0,3969 ^{ns}
DOSE (D)	1	243,3127 ^{ns}	39,7665 ^{ns}
(E)*(H)	1	132,6183 ^{ns}	0,0996 ^{ns}
(E)*(D)	1	159,7364 ^{ns}	10,6311 ^{ns}
(H)*(D)	1	344,4000 ^{ns}	1,6765 ^{ns}
(E)*(H)*(D)	1	43,7850 ^{ns}	13,2363 ^{ns}
ERRO	16	329,9247	24,9666
CV ³ (%)	-	21,15	22,41
M ⁴ (cm)	-	85,89	2,22

Fonte: Do autor (2018).

¹Fonte de variação; ²Grau de liberdade; ³Coefficiente de variação; ⁴Média Geral; ^{ns}Não significativo ao nível de 5%; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Apesar do transporte do nutriente P da solução do solo para as raízes ser altamente dependente da disponibilidade hídrica (FURTINI NETO et al., 2001), diante do fato de não ter havido interação entre o efeito do polímero e as doses de fertilizante, conclui-se que o mesmo não influenciou na disponibilidade desse

nutriente, ou, como será visto posteriormente nesse trabalho, as plantas possivelmente não responderam ainda à fertilização.

Tal efeito não foi observado por Bartieres et al. (2016), que, ao analisarem o efeito do hidrogel, calagem e fertilização mineral no crescimento inicial de plantas híbridas de eucalipto, verificaram que o polímero foi capaz de aumentar a disponibilidade de P quando comparado ao tratamento testemunha, resultando na intensificação do crescimento em altura e diâmetro das plantas, bem como na elevação nos teores do nutriente na parte aérea das mudas. Estes mesmos autores verificaram que o uso do hidrogel de forma isolada não influenciou no crescimento em altura e diâmetro das mudas, o que também foi observado no presente estudo.

A aplicação da fertilização mineral fosfatada não influenciou no crescimento das mudas das duas espécies estudadas, diferentemente do observado por Moro et al. (2014) e Vogel et al. (2005) que, ao analisarem a influência de diferentes doses de adubo NPK no crescimento de *Pinus taeda*, observaram aos 12 e 19 meses após o plantio, que as mudas dos tratamentos contendo P apresentaram maior incremento em altura e diâmetro do coleto em comparação às mudas do tratamento testemunha. Os autores ainda afirmam que o nutriente é de fundamental importância no crescimento inicial da espécie.

É válido ressaltar que o fato de a dose contendo o P não ter influenciado no crescimento das mudas pode ter ocorrido devido a pouca idade das mudas, as quais ainda não responderam à fertilização e possivelmente apresentam crescimento mais lento do que o *Pinus taeda*, espécie estudada por Moro et al. (2014) e Vogel et al. (2005).

Balloni, Jacob e Simões (1978), em estudos analisando a influência da fertilização mineral em *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, concluíram que as espécies responderam positivamente à disponibilidade do nutriente P, mas não apresentaram respostas aos demais nutrientes.

Diante dos resultados obtidos no presente estudo em relação às doses de fertilização mineral das mudas em campo, é válido ressaltar que o gênero *Pinus* é conhecido por apresentar baixa exigência nutricional (CHAVES; CORRÊA, 2005), e que a espécie *Pinus elliottii* é capaz de responder à fertilização mineral somente quando esta é realizada em sítios extremamente pobres (REISSMANN; WISNIEWSKY, 2001). Isso corrobora ao fato de ambas as espécies não terem respondido à aplicação da fertilização mineral fosfatada.

Ademais, segundo Reissmann e Wisniewsky (2001), os trabalhos em relação às demandas nutricionais de *Pinus* tropicais no Brasil são raros, sendo que isso pode ser explicado tanto pelo rápido crescimento da espécie quanto à ausência de sintomas de deficiências nutricionais. Espera-se, diante de tal fato e da baixa exigência nutricional das espécies do gênero, que sejam dispensados grandes cuidados com fertilização mineral, já que possivelmente não seria obtido um aumento considerável de produtividade diretamente proporcional ao fertilizante aplicado, ou seja, a atividade não traria um retorno econômico viável.

Porém, segundo Viera e Shumacher (2009), mudas de *Pinus* crescidas sob ausência de qualquer fertilizante não apresentam desenvolvimento economicamente satisfatório, já que essa condição está associada à exportação de nutrientes nas colheitas e desbastes, especificamente K e Ca, e às perdas por processos erosivos e lixiviação, o que gera um empobrecimento acelerado na fertilidade do solo e, conseqüentemente, significativas perdas de produtividade. Ademais, ressalta-se que Gonçalves (1995) recomenda que 100% da dose de P_2O_5 seja aplicada no momento do plantio, para espécies de *Pinus*.

Para ambas as variáveis analisadas, as espécies apresentaram diferenças entre si (TABELA 2), sendo que *Pinus caribaeae* apresentou valores de diâmetro do coleto e altura superiores (27,84 mm e 103,27 cm) à *P. elliottii* (16,75 mm e 68,52 cm).

O bom desempenho da espécie *Pinus caribaea* se deve à alta plasticidade da mesma, ou seja, à capacidade de se adaptar em locais com condições edafoclimáticas diferentes daquelas de origem (LIMA, 1990). Apesar dessa alta plasticidade, o autor afirma que certos limites não podem ser ultrapassados, o que torna necessário a obtenção de dados de pesquisas que orientem as empresas que plantam a espécie em larga escala, aliando o comportamento da espécie com a condição do sítio onde será plantada. A espécie e suas variedades (*Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*) são consideradas aptas para a região deste estudo, de acordo com Golfari (1978).

Ainda são incipientes os estudos relacionando o efeito do polímero hidrorretentor e a fertilização mineral no crescimento de espécies florestais, sendo, de maneira geral, os encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus*. Dessa forma, é viável que novos estudos sejam realizados com o objetivo de unir e organizar os vários fatores que influenciam o desenvolvimento de um povoamento florestal na fase de implantação.

4 CONCLUSÕES

Não houve interação entre os efeitos espécie, hidrogel e doses de fertilização mineral para as características de altura e diâmetro à altura do coleto em plantas de *Pinus*, avaliadas aos 12 meses após o plantio.

A fertilização mineral fosfatada e a aplicação do hidrorretentor no momento do plantio não influenciaram o crescimento das mudas de *Pinus*, avaliadas aos 12 meses após o plantio.

Pinus caribaea apresentou altura e diâmetro à altura do coleto superiores à espécie *Pinus elliottii*, aos 12 meses após o plantio.

REFERÊNCIAS

- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Eucalipto. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG/UFV, p.303-305, 1999.
- BALLONI, E. A.; JACOB, W. S.; SIMÕES, J. W. Resultados parciais de experimentação desenvolvida pelo setor de implantação florestal com diferentes espécies de Pinus. Boletim Informativo IPEF. Piracicaba, v. 6, n. 18, p. 1-117, jul. 1978.
- BUZETTO, F. A.; BIZON, J. M. C.; SEIXAS, F. Avaliação de hidrogel no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus* em pós-plantio. Piracicaba: IPEF, 2002. 8p. (Circular Técnica, 195).
- CÂMARA, G. R.; REIS, D. F.; ARAÚJO, G. L.; CAZOTTI, M. M.; DONATELLI JUNIOR, E. J. Avaliação do desenvolvimento do cafeeiro *Conilon robusta* tropical mediante uso de polímeros hidro-retentores e diferentes turnos de rega. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13; p. 135 - 146, 2011.
- CHAVES, R.Q.; CORRÊA, G.F. Macronutrientes no sistema solo-*Pinus caribaea* Morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte de plantas. **Revista Árvore**, v.29, p.691-700, 2005.
- FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. D.; RESENDE, Á. V. D.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. D. A. (2001). Fertilidade do solo. (Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a Distância – Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio). Lavras: UFLA/FAEPE. 261 p.
- GOLFARI, L. Zoneamento ecológico para reflorestamento de regiões tropicais e subtropicais. Série Divulgação PRODEPEF, Brasília, n. 14, p. 1-13, 1978.
- GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de fertilização mineral para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v.15, p.1-23, 1995.
- GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p.309-350, 2005.

LIMA, R. T. Comportamento de espécies/procedências tropicais do gênero *Pinus* em Felixlândia-MG – Brasil – Região de Cerrados. 1 – *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*. **Revista Árvore**, v. 14, n.1, p. 16-25, 1990.

MORO, L.; GATIBONI, L. C.; SIMONETE, M. A.; CASSOL, P. C.; CHAVES, D. M. Resposta de *Pinus taeda* com diferentes idades à fertilização mineral NPK no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 38, 1181-1189, 2014.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO M. M.; REININGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B.; PEREIRA, M. O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, Curitiba, v.45, n.2, p.315-328, 2015.

SHIMIZU, J. Y. S. **Pinus na silvicultura brasileira**. Embrapa Florestas, 2008.

TALHEIMER, R.; CIESLIK, L. F.; SILVEIRA, E. R.; PLUCINSKI FILHO, L. C.; LUCINI, M. Mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* sob diferentes doses de polímero hidrorretentor e períodos de déficit hídrico. **Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária-Ciências Agrárias, Animais e Florestais**, 2010.

THOMAS, D. S. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. **Forest Ecology and Management**, v.255, p.1305-1314, 2008.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L. **Ci. Flor.**,19:375-382, 2009.

VOGEL, H.L.M.; SCHUMACHER, M.V.; STORCK, L.; WITSCHORECK, R. Crescimento inicial de *Pinus taeda* L. relacionado a doses de N, P e K. **Ci. Flor.**, 15:199-206, 2005.