



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

LENILSON FERREIRA PALHETA

**Crescimento vegetativo de *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (tachi-branco) em
resposta à adubação e condições climáticas no município de Igarapé-açu/Pa**

BELÉM

2020



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

LENILSON FERREIRA PALHETA

Crescimento vegetativo de *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (tachi-branco) em resposta à adubação e condições climáticas no município de Igarapé-açu/Pa

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Florestais, área de concentração Manejo de ecossistemas de florestas nativas e plantadas, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: João Olegário Pereira de Carvalho

Coorientador: Alailson Venceslau Santiago

BELÉM

2020

Lenilson Ferreira Palheta

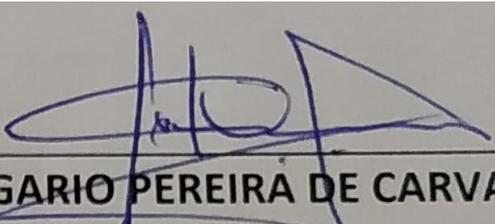
Crescimento vegetativo de *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (tachi-branco) em resposta à adubação e condições climáticas no município de Igarapé-açu/Pa

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Florestais, área de concentração Manejo de ecossistemas de florestas nativas e plantadas para obtenção do título de Doutor.

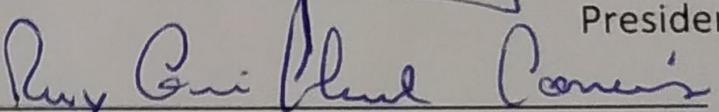
Orientador: João Olegário Pereira de Carvalho

Coorientador: Alailson Venceslau Santiago

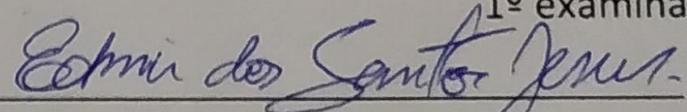
BANCA EXAMINADORA



JOÃO OLEGARIO PEREIRA DE CARVALHO
Presidente



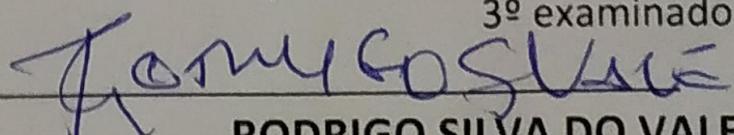
RUY GUILHERME CORREIA
1º examinador



EDMIR DOS SANTOS JESUS
2º examinador



MARCOS ANDRE PIEDADE GAMA
3º examinador



RODRIGO SILVA DO VALE
4º examinador

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P153c Palheta, Lenilson Ferreira
Crescimento vegetativo de *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (tachi-branco) em resposta à adubação e condições climáticas no município de Igarapé-açu/Pa / Lenilson Ferreira Palheta. - 2020.
68 f. : il. color.
- Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCF), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2020.
Orientador: Prof. Dr. João Olegário Pereira de Carvalho
Coorientador: Prof. Dr. Alailson Venceslau Santiago.
1. crescimento de árvores. 2. fertilização de plantas. 3. silvicultura. I. Carvalho, João Olegário Pereira de , *orient.* II. Título
-

RESUMO

A demanda por produtos florestais do Brasil, de forma geral, cresceu consistentemente nos últimos 10 anos, embora com diferentes taxas por segmentos, estando entre eles, os maciços florestais destinados à produção de carvão vegetal. Todavia a maioria dos reflorestamentos estão implantados em áreas de solos intemperizados e lixiviados, ou seja, apresentam baixa disponibilidade de nutrientes, o que gera variações de produtividade, podendo a implantação dos projetos florestais ser economicamente inviável em alguns casos. Entender a produção florestal neste contexto se faz necessário, uma vez que a mesma pode ser expressa como o resultado de uma função que considera a disponibilidade dos recursos edafoclimáticos, a quantidade destes absorvida pela planta e a eficiência com que a planta os utiliza para fixar o CO₂ atmosférico e transformá-lo em biomassa. O território brasileiro abrange ampla variação de solo e clima, o que determina a ampla variabilidade na produtividade florestal. Em alguns locais a textura do solo e, principalmente, a precipitação pluviométrica, têm sido apontadas como fatores limitantes do potencial produtivo dos reflorestamentos. O estudo das tendências de crescimento dos plantios florestais em diferentes tipos de solo e sobre a variação do regime hídrico é importante no sentido de auxiliar a tomada de decisão quanto aos locais onde há pouco conhecimento sobre adaptação e desempenho das espécies florestais a serem plantadas. Neste contexto buscou-se como questões, de que as doses máximas de fertilizações com nitrogênio, fósforo e potássio contribuem para que o plantio de *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (tachi-branco) tenham maiores desenvolvimento em diâmetro e altura total e que as variáveis meteorológicas de precipitação e temperatura do ambiente possuem proporcionalidade com o incremento de crescimento da espécie. Para tanto, objetivou-se avaliar o crescimento vegetativo de *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (tachi-branco) no período inicial de plantio, em função da fertilização mineral com NPK e variáveis meteorológicas. As maiores doses de nitrogênio e potássio contribuíram para o melhor desenvolvimento em altura e diâmetro da espécie em plantio. Recomenda-se, portanto, a adubação combinada de nitrogênio e potássio nas doses de 26,67 e 30g por planta respectivamente, ou 94,5 kg/ha. As variáveis meteorológicas influenciaram positivamente nos incrementos em altura e diâmetro da espécie, tendo a precipitação maior contribuição para prever o crescimento das árvores. *T. vulgaris* pode ser indicada para plantios em regiões com variações de clima similares às deste estudo.

Palavras-chaves: crescimento de árvores; fertilização de plantas; silvicultura.

ABSTRACT

Demand for forest products in Brazil has generally grown steadily over the past 10 years, albeit with different rates by segment, including forest massifs for charcoal production. However, most reforestations are located in areas of weathered and leachate soils, that is, they have low nutrient availability, which generates variations in productivity, and the implementation of forest projects may be economically unfeasible in some cases. Understanding forest production in this context is necessary, since it can be expressed as the result of a function that considers the availability of edaphoclimatic resources, the amount of these absorbed by the plant and the efficiency with which the plant uses them to fix the forest. Atmospheric CO₂ and turn it into biomass. The Brazilian territory encompasses a wide range of soil and climate, which determines the wide variability in forest productivity. In some places the soil texture and mainly the rainfall have been pointed as limiting factors of the reforestation productive potential. The study of the growth trends of forest plantations in different soil types and the variation of water regime is important in order to help in decision making where there is little knowledge about adaptation and performance of forest species to be planted. In this context, we sought as questions that the maximum doses of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium contribute to the planting of *Tachigali vulgaris* LGSilva & HCLima (tachi-white) have greater development in diameter and total height. Precipitation meteorological variables and ambient temperature have proportionality with the growth increase of the species. The objective of this study was to evaluate the vegetative growth performance of Tachi-white (*Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima) in the initial planting period, as a function of mineral fertilization with NPK and meteorological variables. Higher doses of nitrogen and potassium contributed to the better development of dendrometric variables of height and diameter of *T. vulgaris*. Therefore, the combined fertilization of nitrogen and potassium at the rates of 26.67 and 30g per plant respectively, or 94.5 kg / ha, is recommended. And that the meteorological variables positively influenced the increase in height and diameter of *T. vulgaris* planting, with precipitation being the variable with the greatest contribution to predict tree growth. The planting of *T. vulgaris* may be indicated for regions with similar climate variations to this study.

Keywords: growth performance; fertilization; forestry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Arranjo do plantio de <i>T. vulgaris</i>	24
Figura 2: Croqui da área experimental.	26
Figura 3: Crescimento em altura das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses de adubação nitrogenada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67 g de ureia por planta ou 44,5 kg ha ⁻¹) ao longo do tempo de medição.....	30
Figura 4: Crescimento em altura das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses de adubação fosfatada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 19,56g de superfosfato triplo por planta ou 32,6 kg.ha ⁻¹) ao longo do tempo.....	31
Figura 5: Crescimento em altura das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses de adubação potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 30g de cloreto de potássio por planta ou 50 kg/ha) ao longo do tempo.	33
Figura 6: Crescimento em altura das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses combinadas de adubação nitrogenada e fosfatada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia + 19,56g de superfosfato triplo por planta ou 77,1 kg/ha) ao longo do tempo.	34
Figura 7: Crescimento em altura das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses combinadas de adubação nitrogenada e potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia + 30g de cloreto de potássio por planta ou 94,5 kg/há) ao longo do tempo.	35
Figura 8: Crescimento em altura das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses combinadas de adubação fosfatada e potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 19,56g de superfosfato triplo + 30g de cloreto de potássio por planta ou 82,6 kg/há) ao longo do tempo.....	36
Figura 9: Crescimento em altura das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses combinadas de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica – N:P:K (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia + 19,56g de superfosfato triplo + 30g de cloreto de potássio por planta ou 127 kg/há) ao longo do tempo.	36
Figura 10: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses de adubação nitrogenada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67 g de ureia por planta ou 44,5 kg.ha ⁻¹) ao longo do tempo de medição.....	39

Figura 11: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses de adubação fosfatada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 19,56g de superfosfato triplo por planta ou 32,6 kg.ha ⁻¹) ao longo do tempo.....	40
Figura 12: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses de adubação potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 30g de cloreto de potássio por planta ou 50 kg/ha) ao longo do tempo.	41
Figura 13: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses combinadas de adubação nitrogenada e fosfatada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia + 19,56g de superfosfato triplo por planta ou 77,1 kg/ha) ao longo do tempo.	42
Figura 14: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses combinadas de adubação nitrogenada e potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia + 30g de cloreto de potássio por planta ou 94,5 kg/há) ao longo do tempo.	44
Figura 15: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses combinadas de adubação fosfatada e potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 19,56g de superfosfato triplo + 30g de cloreto de potássio por planta ou 82,6 kg/há) ao longo do tempo.	45
Figura 16: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de <i>T. vulgaris</i> sob as doses combinadas de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica – N:P:K (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia + 19,56 g de superfosfato triplo + 30g de cloreto de potássio por planta ou 127 kg/há) ao longo do tempo.	46
Figura 17: Mapa da área de estudo, com a distância entre o plantio e a estação meteorológica.	56
Figura 18: Media dos Incrementos periódicos trimestrais em altura das plantas de <i>T. vulgaris</i> e precipitação.....	60
Figura 19: Incremento médio em diâmetro à altura do coleto – DAC (a), correspondente ao primeiro ano de plantio e diâmetro à altura do peito – DAP (b), correspondente ao segundo ano de plantio e a precipitação em todo o período estudado.	62

Figura 20: Resultado da análise de componentes principais das variáveis: altura, diâmetro, temperatura média, máxima e mínima, e precipitação.	62
Figura 21: Contribuição das variáveis de altura, diâmetro, temperaturas média, máxima e mínima, e precipitação para a primeira componente principal.....	63
Figura 22: Contribuição das variáveis de altura, diâmetro, temperatura média, máxima e mínima, e precipitação para a segunda componente principal.	64
Figura 23: Diagrama de ordenação das variáveis originais das seis componentes principais..	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: caracterização química do solo da área de plantio	23
Tabela 2: Análise física do solo da área de plantio	23
Tabela 3: Tratamentos e suas respectivas dosagens de adubo comercial em gramas por planta	25
Tabela 4: Análise foliar das plantas de <i>T. vulgaris</i> após um ano de plantio	28
Tabela 5: Análise química de solo de cada tratamento o plantio de <i>T. vulgaris</i> após um ano de plantio	28
Tabela 6: Análise de variância do desenvolvimento em altura (cm) em função da adubação de nitrogênio, fosforo e potássio e suas combinações e interação com o tempo de crescimento, correspondente a 2 anos e 3 meses de experimento	29
Tabela 7: Análise de variância, correlação do desenvolvimento em diâmetro (cm) em função da adubação de nitrogênio, fosforo e potássio e suas combinações e interação com o tempo de crescimento.....	38
Tabela 8: Incremento periódico trimestral em altura e diâmetro das plantas de <i>T. vulgaris</i> e as variáveis meteorológicas de temperatura média, máxima e mínima, e precipitação	59
Tabela 9: Contribuição de cada variável para as três primeiras componentes principais	64
Tabela 10: Matriz de correlação de Pearson para as variáveis estudadas	65

Sumário

RESUMO

ABSTRACT

1. Contextualização	12
---------------------------	----

REFERÊNCIAS	16
-------------------	----

2. Crescimento de <i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima em resposta à adubação com NPK	20
---	----

RESUMO.....	20
-------------	----

ABSTRACT	20
----------------	----

2.1. Introdução	21
-----------------------	----

2.2. Material e métodos.....	22
------------------------------	----

2.2.1. Localização e caracterização da área experimental	22
--	----

2.2.2. Instalação, tratamento e delineamento experimental.....	25
--	----

2.2.3. Medidas de crescimento (variáveis coletadas)	27
---	----

2.2.4. Análise estatística	27
----------------------------------	----

2.2.5. Análise complementar	27
-----------------------------------	----

2.3. Resultados e discussão.....	28
----------------------------------	----

2.3.1. Altura	28
---------------------	----

2.3.2. Diâmetro	37
-----------------------	----

2.4. Conclusão.....	46
---------------------	----

Referencias.....	47
------------------	----

3. Efeito das variáveis meteorológicas sobre o desenvolvimento de plantio de <i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima (tachi-branco)	53
--	----

RESUMO.....	53
-------------	----

ABSTRACT	54
----------------	----

3.1. Introdução	55
-----------------------	----

3.2. Material e métodos.....	55
------------------------------	----

3.2.1. Área de estudo	55
3.2.2. Dados meteorológicos	56
3.2.3. Delineamento experimental e avaliações	57
3.2.4. Análise estatística	58
3.3. Resultados e discussão	58
3.4. Conclusão.....	66
Referências.....	67

1. Contextualização

O Brasil lidera o ranking global de produtividade em florestas plantadas, com IMA de 35,7 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ para os plantios de eucalipto e 30,5 m³/ha/ano para plantios de pinus (Indústria Brasileira de Árvores, 2016). Embora as plantações no país se concentrem basicamente em espécies do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*, tem-se buscado amplamente nos últimos anos, espécies arbóreas nativas e outras exóticas para atender a demanda das indústrias de reflorestamento destinadas à produção de papel e celulose, madeira ou bioenergia. (SBS, 2019).

No ano de 2016, último ano do levantamento do IBGE, o valor da produção primária florestal alcançou R\$ 18,5 bilhões, superando em 0,8% o montante obtido no ano anterior, o que demonstra que a silvicultura segue ganhando espaço, respondendo por 76,1% desse total, enquanto o extrativismo vegetal teve uma participação de 23,9% (IBGE, 2019).

A demanda por produtos florestais do Brasil, de forma geral, cresceu consistentemente nos últimos 10 anos, embora com diferentes taxas por segmentos. Os segmentos com maior crescimento de demanda de 2006 a 2014 foram: painéis (7,7% a.a.), celulose (4,3%) e papel (3,2%), enquanto madeira serrada teve crescimento baixo (1,1%), e as cadeias de energia (0,5%) e carvão vegetal (-5,1%) encolheram, impulsionadas pela queda da produção de ferro-gusa (MAPA, 2019). O país é um dos maiores produtores mundiais de carvão vegetal, correspondendo a 20% do que é gerado no planeta, sendo a maior parte da produção destinada para o consumo interno, que era impulsionado pela indústria siderúrgica para a produção do ferro-gusa (SILVA et al., 2007).

A maioria dos reflorestamentos são comumente utilizados para fins industriais, e a maioria de suas áreas está em solos intemperizados e lixiviados, ou seja, esses solos apresentam baixa disponibilidade de nutrientes. Entretanto, as espécies mais cultivadas, como as do gênero *Eucalyptus*, são pouco exigentes quanto à fertilidade do solo. Além disso, o contínuo avanço nos programas de melhoramento genético, os quais visam adaptar os cultivares às condições edafoclimáticas específicas de cada região, tem possibilitado que as florestas implantadas sejam cada vez mais produtivas nas mais diversas regiões (GONÇALVES, 1995). Segundo esse mesmo autor, os nutrientes que proporcionam uma maior resposta em crescimento em povoamentos de eucalipto e pinus, por exemplo, são: P >

N > K > Ca > Mg, especialmente se a adubação for feita em povoamentos estabelecidos em solos arenosos e com limitações na disponibilidade de água. No entanto, não existe um padrão de adubação definido para cada espécie, principalmente para as nativas oriundas da região amazônica.

Entre os principais problemas enfrentados na incorporação de áreas antropizadas ao processo produtivo e/ou na reabilitação das funções ecológica está à recuperação das características edáficas locais. Segundo Hartemink e McBratney (2008), com a remoção da cobertura vegetal ocorrem alterações nas propriedades físico-químicas e biológicas dos solos, propiciando sua compactação, aumento da lixiviação, redução da quantidade de matéria orgânica e o favorecimento de modificações na dinâmica dos nutrientes.

Entender a produção florestal neste contexto se faz necessário, uma vez que a mesma pode ser expressa como o resultado de uma função que considera a disponibilidade dos recursos edafoclimáticos, a quantidade destes absorvida pela planta e a eficiência com que a planta os utiliza para fixar o CO₂ atmosférico e transformá-lo em biomassa, sendo governada principalmente pelos fluxos de água e nutrientes no solo (SANTANA et al., 2008). Assim, uma adequada compreensão de como estes recursos atuam sobre a produtividade florestal são de fundamental importância para uma predição mais assertiva sobre o potencial produtivo do sítio e para a realização de recomendações técnicas de manejo silvicultural e alocação de materiais genéticos.

Embora plantas adaptadas à baixa disponibilidade de nutrientes possam se desenvolver (CAMARGO et al., 2004; ROSIM et al., 2016), é indispensável a adoção de práticas de manejo e correção da fertilidade do solo em áreas cultivadas com espécies de rápido crescimento, a fim de elevar a produtividade dos sítios florestais, ou pelo menos mantê-la para rotações futuras (PINKARD, 2003).

Essas práticas de manejo devem levar em consideração a utilização de fontes de nutrientes por meio da adubação mineral ou orgânica (VOGEL, 2005), fazendo com que o solo forneça todos os nutrientes em quantidades necessárias para a obtenção do crescimento desejado às plantas (FORRESTER et al., 2006). Existem poucos estudos sobre o efeito obtido com a aplicação de fertilizantes em essências florestais, principalmente quanto a tipos, características e dosagens, que dependerão das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação e eficiência dos adubos, de fatores de ordem econômica (SMETHURST, 2010; GONÇALVES; BARROS, 1999) e da disponibilidade

hídrica (RYAN, 2010). Portanto, para a nutrição adequada das árvores, deve-se balancear a sua demanda com a oferta de nutrientes, no tempo e no espaço (BARROS; NOVAIS, 1990), garantindo assim maior desenvolvimento e acúmulo de biomassa do vegetal.

Nitrogênio, fósforo e potássio são macronutrientes essenciais que desempenham um papel importante no desenvolvimento das plantas (ZHANG et al., 2010). Os efeitos da fertilização com estes nutrientes tanto no crescimento da planta como no conteúdo químico das folhas têm sido extensivamente estudados em florestas como as de eucalipto (GRACIANO et al., 2006; FENN et al., 2006; ROSIM et al., 2016).

A restrição de nitrogênio leva a uma redução de crescimento, pois esse nutriente, além de fazer parte da estrutura de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas, vitaminas, pigmentos e produtos secundários, participa de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, que interferem direta ou indiretamente no desenvolvimento da planta (MALAVOLTA et al., 1997).

O fósforo (P) é o nutriente mineral mais limitante para a produção agrícola e florestal (RAMAEKERS et al., 2010) e, em função de sua baixa mobilidade no solo e de interações com outros íons e com a argila formando compostos não solúveis, a eficiência esperada de uma adubação é da ordem de 15 a 30% do total de P presente no fertilizante (BUSATO et al., 2005). A limitação da produtividade das culturas pelo P é alta, porém a maior eficiência de P pode ser obtida pela melhoria da absorção do solo, pela retranslocação entre os compartimentos da planta, ou pelo aumento da produtividade por unidade de P absorvido (VENEKLAAS et al. 2012). O potássio também tem importância vital para o crescimento e o metabolismo das plantas sendo ativador de mais de 60 reações enzimáticas. Além disso, mantém o potencial osmótico e a absorção de água durante o desenvolvimento da planta; sua deficiência reduz a produtividade do vegetal (SILVEIRA et al., 2015).

O território brasileiro abrange ampla variação de solo e clima, o que determina a variabilidade na produtividade florestal (GONÇALVES et al., 2014). Em alguns locais a textura do solo e, principalmente, a precipitação pluviométrica têm sido apontadas como fatores limitantes do potencial produtivo dos reflorestamentos (RYAN, 2010; GONÇALVES et al., 2014; ROSIM et al., 2016). O estudo das tendências de crescimento dos plantios florestais em diferentes tipos de solo e sobre a variação do regime hídrico é importante no

sentido de auxiliar a tomada de decisão quanto aos locais onde há pouco conhecimento sobre adaptação e desempenho das espécies florestais a serem plantadas (SANTOS et al., 2017).

Os elementos climáticos, como a temperatura, umidade relativa, precipitação, vento e exposição solar estão estreitamente relacionados com a distribuição dos povoamentos florestais, de acordo com as condições microclimáticas de determinada região, podendo influenciar no crescimento e até mesmo a capacidade de sobrevivência das plantas (MATOS et al., 2015).

Neste contexto, considerou-se as hipóteses de que: a) as doses máximas de fertilizações com nitrogênio, fósforo e potássio contribuem para que as plantas de *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (tachi-branco) tenham maiores incrementos em diâmetro e altura total; e b) que as variáveis meteorológicas de precipitação e temperatura do ambiente possuem proporcionalidade com o incremento das plantas da espécie. Para tanto, avaliou-se o desempenho do crescimento vegetativo de *T. vulgaris* no período inicial de plantio, em função da fertilização mineral com NPK e variáveis meteorológicas.

T. vulgaris (Fabaceae) é uma espécie originária da América do Sul, ocorrendo nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (Carvalho, 1994). Amplamente distribuída em florestas e savanas da transição Cerrado-Amazônia de solos arenosos, ácidos, de baixa fertilidade química e bem drenados (OLIVEIRA et al., 2006). Se destaca pelo rápido crescimento, elevada produção de biomassa, pela madeira que é utilizada para produção de energia, sendo apontada como uma das mais promissoras para plantações na região amazônica (SOUZA et al., 2008). O interesse no uso desta espécie atualmente está no seu potencial comercial (como fonte de carvão) e conhecida associação com microrganismos fixadores de nitrogênio, o que pode levar ao rápido crescimento e produção de serapilheira rica em nutrientes capaz de aumentar a matéria orgânica do solo (FARIAS et al., 2016).

REFERÊNCIAS

- BUSATO, J.G.; CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X. Fósforo num Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. I: Fracionamento sequencial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.935-945, 2005.
- CAMARGO, M. L. P.; MORAES, C. B.; MORI, E. S.; GUERRINI, I. A.; MELLO, E. J.; ODA, S. Considerações sobre eficiência nutricional em *Eucalyptus*. **Cientifica**, v. 32, n. 2, p. 191-196, 2004.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA - CNPF. Brasília, DF: EMBRAPA - SPI, 1994. 640 p.
- FARIAS, J. DE; MARIMON, B. S.; SILVA, L. de C. R.; PETTER, F. A.; ANDRADE, F. R.; MORANDI, P. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H. Survival and growth of native *Tachigali vulgaris* and exotic *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* trees in degraded soils with biochar amendment in southern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 368, p. 173-182, 2016.
- FENN, M. E.; PEREA-ESTRADA, V. M.; BAUER, L. I.; PEREZSUAREZ, M.; PARKER, D. R.; CETINA-ALCALA, V. M. Nutrient status and plant growth effects of Forest soils in the Basin of México. **Environmental Pollution**, v. 140, n. 2, p.187-199, 2006.
- FORRESTER, D. I.; COWIE, A. L.; BAUHUS, J.; WOOD, J. T.; FORRESTER, R. I. Effects of changing the supply of nitrogen and phosphorus on growth and interactions between *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii* in a pot trial. **Plant and Soil**, v. 280, n. 1/2, p. 267-277, 2006.
- GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; BEHLING, M.; ALVES, J. M.; PIZZI, G. T.; ANGELI, A. Produtividade de plantações de eucalipto manejadas nos sistemas de alto fuste e talhadia, em função de fatores edafoclimáticos. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 103, p. 411-419, 2014.
- GONÇALVES, J. L. M.; BARROS, N. F. Improvement of site productivity for short-rotation plantations in Brazil. **Bosque**, v. 20, n. 1, p. 89-106, 1999.
- GONÇALVES, J. Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica. Piracicaba: USP, **Documentos Florestais**, v. 15, p. 1-23, 1995.

- GRACIANO, C.; GOYA, J. F.; FRANGI, J. L.; GUIAMET, J. J. Fertilization with phosphorus increases soil nitrogen absorption in young plants of *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology Management**, v. 236, n. 2-3, p. 202–210, 2006.
- HARTEMINK, A.E.; MCBRATNEY, A. B. A soil science renaissance. **Geoderma**, v. 148, n. 2, p. 123-129, 2008.
- IBGE – Instituto Brasileira de Geografia e Estatística: **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – PEVS**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=downloads>> Acesso em 04 de junho de 2019.
- Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. **Relatório anual. Brazilian Tree Industry**. v. 53, n. 9, p. 1-100, 2016.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **POTAFOS**, 1997. 319p.
- MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento: **Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas**. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/outras-publicacoes/plano-nacional-de-desenvolvimento-de-florestas-plantadas.pdf>> Acesso em 04 de junho de 2019.
- MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; DOMENE, V. D.; SAMPAIO, E. V. de S. B.; GASSON, P.; PAREYN, F. G. C.; ALVAREZ, I. A.; BARACAT, A.; ARAÚJO, E. de L. Climate-tree growth relationships of *Mimosa tenuiflora* in seasonally dry tropical forest, Brazil. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 141-149, 2015.
- OLIVEIRA, J. B.; VALE, A. T.; MELO, J. T. de. Caracterização mecânica e contração da madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel cultivado em um plantio homogêneo sob diferentes níveis de adubação. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 1, p. 89-97, 2006.
- PINKARD, E. A. Growth and physiological responses of Blackwood (*Acacia melanoxylon*) growing with a *Pinus radiata* nurse crop following applications of nitrogen and phosphorus. **Trees**, Berlin, v. 17, n. 4, p. 325-335, 2003.
- RAMAEKERS, L.; REMANS, R.; RAO, I. M.; BLAIR, M. W.; VANDERLEYDEN, J. Strategies for improving phosphorus acquisition efficiency of crop plants. **Field Crops Research**, v. 117, n. 2-3, p. 169–176, 2010.

- ROSIM, C. C.; HSING, T. Y.; PAULA, R. C. de. Nutrient use efficiency in interspecific hybrids of eucalypt. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 540-547, 2016.
- RYAN, M. G. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: how water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology Management**, v. 259, n. 9, p. 1695-1703, 2010.
- SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. de; 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, n. spe, p. 2723-2733, 2008.
- SANTOS, A. C. A.; SILVA, S.; LEITE, H. G.; CRUZ, J. P. da. Influência da variabilidade edafoclimática no crescimento de clones de eucalipto no Nordeste baiano. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 37, n. 91, p. 259-268, 2017.
- SBS-SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e Números do Brasil Florestal**, Novembro de 2008. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>>. Acesso em 04 de junho de 2019.
- SILVA, M. G. da; NUMAZAWA, S.; ARAUJO, M. M.; NAGAISHI, T. Y. R.; GALVÃO, G. R. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 1, p. 61-70, 2007.
- SILVEIRA, M. A. G. da; VITUSSO, L.; MEDINA, N. H. Distribuição de Potássio em Cana-de-Açúcar. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 03, n. 1a, p. 01-08, 2015.
- SMETHURST, P. J. Forest fertilization: trends in knowledge and practice compared to agriculture. **Plant and Soil**, v. 335, n. 1/2, p. 83-100, 2010.
- SOUZA, C. R. de; LIMA, R. M. B. de; AZEVEDO, C. P. de.; ROSSI, L. M. B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 77, p. 7-14, 2008.
- VENEKLAAS, E. J.; LAMBERS, H.; BRAGG, J.; FINNEGAN, P. M.; LOVELOCK, C. E.; PLAXTON, W. C.; PRICE, C. A.; SCHEIBLE, W. R.; SHANE, M. W.; WHITE, P. J.; RAVEN, J. A. Opportunities for improving phosphorus-use efficiency in crop plants. **New Phytologist**, v. 195, n. 2, p. 306–320, 2012.
- 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. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 2, p. 199-206, 2005.

ZHANG, F.; NIU, J.; ZHANG, W.; CHEN, X.; LI, C.; YUAN, L.; XIE, J. Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. **Plant and Soil**, v. 335, n. 1-2, p. 21-34, 2010.

2. Crescimento de *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima em resposta à adubação com NPK.

RESUMO

Estudos sobre as necessidades nutricionais da espécie *T. vulgaris* tem grande contribuição para a formação e condução de plantios, decorrendo sua escolha em função do potencial que tem demonstrado nos ensaios comparativos de espécies com rápido crescimento (mais de 0,60 m/ano em altura) e de uma forte demanda regional para lenha e carvão. Avaliou-se o seu crescimento vegetativo no período inicial de plantio, em função de suas respectivas necessidades nutricionais, por meio da adubação com NPK. Buscou-se, especificamente, determinar o comportamento de crescimento vegetativo da espécie no tempo, de acordo com as doses de adubação. Concluiu-se que as maiores doses de nitrogênio e potássio contribuíram para aumentar a altura e o diâmetro da espécie no plantio. Recomenda-se portanto, a adubação combinada de nitrogênio e potássio nas doses de 26,67 e 30g por planta respectivamente. Apenas o potássio contribuiu para o desenvolvimento da planta em altura e diâmetro ao logo do tempo de estabelecimento monitorado.

Palavras-chaves: Fertilização de plantas, demanda nutricional de plantas, silvicultura.

ABSTRACT

The study of the nutritional needs of the *T. vulgaris* forest species has a great contribution to the formation and conduction of plantations, choosing according to the potential that has been demonstrated in the comparative trials of fast growing species (more than 0,60 m / year in height) and strong regional demand for firewood and coal. The objective of this study was to evaluate the performance of Tachi-branco (*Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima) vegetative growth in the initial planting period, according to their respective nutritional needs, through fertilization with NPK. Proposing specifically, to determine the behavior of vegetative growth of the species in time, according to the doses of fertilization. It was concluded that the higher doses of nitrogen and potassium contributed to increase the dendrometric variables of height and planting diameter of *T. vulgaris*. Therefore, the combined fertilization of nitrogen and potassium at doses of 26.67 and 30g per plant, respectively, is recommended. Only potassium contributed to the development of planting in height and diameter at the time of planting time.

Keywords: Fertilization, nutritional demand, forestry.

2.1. Introdução

Tachigali vulgaris L.G.Silva & H.C.Lima com sinônimo de *Sclerolobium paniculatum* Vogel, conhecido popularmente como tachi-branco, é uma espécie originária da América do Sul, com ampla distribuição geográfica. No Brasil ocorre nas regiões Norte (Pará, Amazonas e Tocantins), Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará e Bahia), Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal e Mato Grosso do Sul) e Sudeste (São Paulo e Minas Gerais), conforme Carvalho (1994). Seus habitats principais são os cerradões de solos arenosos, ácidos, de baixa fertilidade química e bem drenados (LIMA, 2004; SARCINELLI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2006). Se destaca pelo rápido crescimento, elevada produção de biomassa e pela madeira que é utilizada para produção de energia. É uma espécie que desde a década de 1940 (LE COINTE, 1947) era considerada com características para a produção de lenha e carvão.

Os plantios dessa espécie normalmente são realizados em solos com baixa fertilidade natural (LIMA, 2004; SARCINELLI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2006) e, muitas vezes, as práticas de manejo do solo não são realizadas corretamente, diminuindo o potencial produtivo do povoamento. Embora plantas adaptadas à baixa disponibilidade de nutrientes possam se desenvolver, é indispensável a adoção de práticas de manejo e correção da fertilidade do solo em áreas cultivadas com tachi-branco, a fim de elevar a produtividade dos sítios florestais ou pelo menos mantê-la para rotações futuras (SCHUMACHER et al., 2013; SOUSA et al., 2016).

Essas práticas de manejo devem levar em consideração a adoção de fontes de nutrientes por meio da adubação mineral ou orgânica (BIAGIOTTI et al., 2017), fazendo com que o solo forneça todos os nutrientes em quantidades necessárias para a obtenção do crescimento desejado para as plantas (BENITES et al., 2010).

Para a nutrição adequada das árvores, deve-se balancear a sua demanda com a oferta de nutrientes, no tempo e no espaço, pois as características e quantidade de adubos a serem aplicados dependerão das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos, de fatores de ordem econômica e da disponibilidade hídrica (RYAN, 2010)

A adubação florestal, com raras exceções, é realizada de modo empírico e utilizando-se apenas uma única formulação de nitrogênio, fósforo e potássio, independente do tipo de

solo, da espécie e da época de plantio (BENITES et al., 2010). A adição de fertilizantes deveria ser, pelo menos, igual à removida do sítio pela colheita da madeira para que a produtividade seja mantida (MELO et al., 2016).

Percebe-se que, apesar dos estudos realizados sobre o crescimento em plantios já estabelecidos, não há informações quanto ao crescimento inicial de tachi-branco ou quanto ao uso de nutrientes para acelerar o crescimento inicial das mudas da espécie. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar o crescimento do tachi-branco, em resposta à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio, desde o início da implantação do povoamento até o segundo ano de plantio.

2.2. Material e métodos

2.2.1. Localização e caracterização da área experimental

A área do estudo está localizada na Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, no município de Igarapé-açu (FEIGA). O município de Igarapé-Açu pertence à mesorregião do Nordeste Paraense e à microrregião Bragantina. A sede do município tem as coordenadas geográficas: 01°07'33" de latitude Sul e 47°37'27" de longitude a Oeste de Greenwich. O clima é do tipo Am pela classificação de Köppen (COSTA et al., 2013), com temperatura média em torno de 25°C durante todo o ano. A precipitação anual da região é elevada, atingindo 2.853 mm, com forte concentração nos meses de janeiro a junho e menos chuvoso de julho a dezembro. O solo predominante na região é o Latossolo amarelo (ROUSSEAU et al., 2014).

O trabalho foi realizado em uma área 1,44 hectare (14.400 m²), tendo o histórico de uso para cultivo de mandioca, sendo a mesma abandonada, permanecendo por um período de pousio de aproximadamente 3 anos, constituindo uma vegetação de pasto, a qual foi suprimida para implantação do povoamento de *T. vulgaris*.

O plantio foi realizado em 1 de fevereiro de 2016. Para tanto, foram produzidas mudas no viveiro da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus Belém, a partir de sementes adquiridas de produtor certificado da região de Santarém.

As sementes de *T. vulgaris* apresentam dormência tegumentar. Dessa forma, foi necessária a aplicação de tratamento pré-germinativo para promover, acelerar e uniformizar a germinação das sementes da espécie. Para superar a dormência, foi realizada a remoção de uma pequena porção do tegumento na extremidade oposta ao eixo embrionário (desponte),

para facilitar o processo de embebição da semente e assim dar início à germinação. As sementes foram colocadas para germinar em sementeiras, com areia lavada como substrato, e após 30 dias do início da germinação, foram transplantadas para sacos de 15 cm x 25 cm, com volume de 1,9 dm³ de solo. Após um período de 8 meses, quando atingiram 40 cm de altura, estando aptas ao plantio, foram transplantadas para a área experimental.

Para subsidiar as recomendações das adubações/tratamentos, foi realizada análise de amostra de solo da área de estudo. Para isso, coletou-se solo antes do plantio, realizando caminhamento pela área de plantio em formato ziguezague, coletando em cinco pontos de coleta com trado holandês nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm do solo. Após a coleta, as mostras foram misturadas e homogeneizadas para formar uma amostra composta para cada profundidade. As mesmas foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 60 °C, por 48 h, e posteriormente moídas e enviadas para o laboratório do INSTITUTO BRASILEIRO DE ANÁLISES-IBRA onde foram submetidas às análises química e física (Tabela 1 e 2).

Tabela 1: caracterização química do solo da área de plantio

Profundidade (cm)	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	mmolc dm ⁻³							%	%
0-20	2,3	18	4,3	0,4	5	1	38	5	6,9	44,9	15	42,0
20-40	2,4	15	4,3	0,4	4	1	30	7	6,1	36,1	17	53,4

Tabela 2: Análise física do solo da área de plantio

Prof. (cm)	Argila	Silte	Areia total	Silte + Argila
	HMFS + NaOH	HMFS + NaOH	HMFS + NaOH	HMFS + NaOH
	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
0 – 20	184	90	726	274
20 – 40	225	111	664	336

Obs: HMFS (hexametáfosfato de sódio (Na₆(PO₃)₆)) e NaOH (hidróxido de sódio) foram os dispersantes industriais utilizados pelo laboratório, para determinação da análise física do solo.

As atividades de plantio consistiram em: limpeza da área com trator/roçadeira para supressão da pastagem e grade-aradora para descompactação do solo; abertura de sulcos nas linhas de plantio utilizando trator com aiveca; plantio das mudas; e aplicação de 10 g de NPK

na formulação comercial de 9-28-20. Embora os níveis de acidez (Tabela 1) fossem considerados altos (RAIJ, 1991), optou-se pela não correção do solo, com adição de calcário, devido ao encarecimento dos custos do plantio.

O plantio teve espaçamento de 2 m x 3 m (plantas x linhas), de acordo com o recomendado por Souza et al. (2016), totalizando 1.728 plantas. Foram estabelecidas 4 faixas distanciadas em 5 m, com 4 linhas de plantio (Figura 1) dispostas no sentido Leste-Oeste. Esta medida foi tomada para facilitar a implantação de experimentos futuros, com utilização de fertilizantes aplicados na superfície do solo, evitando assim a contaminação entre os tratamentos por carreamento de chuvas.

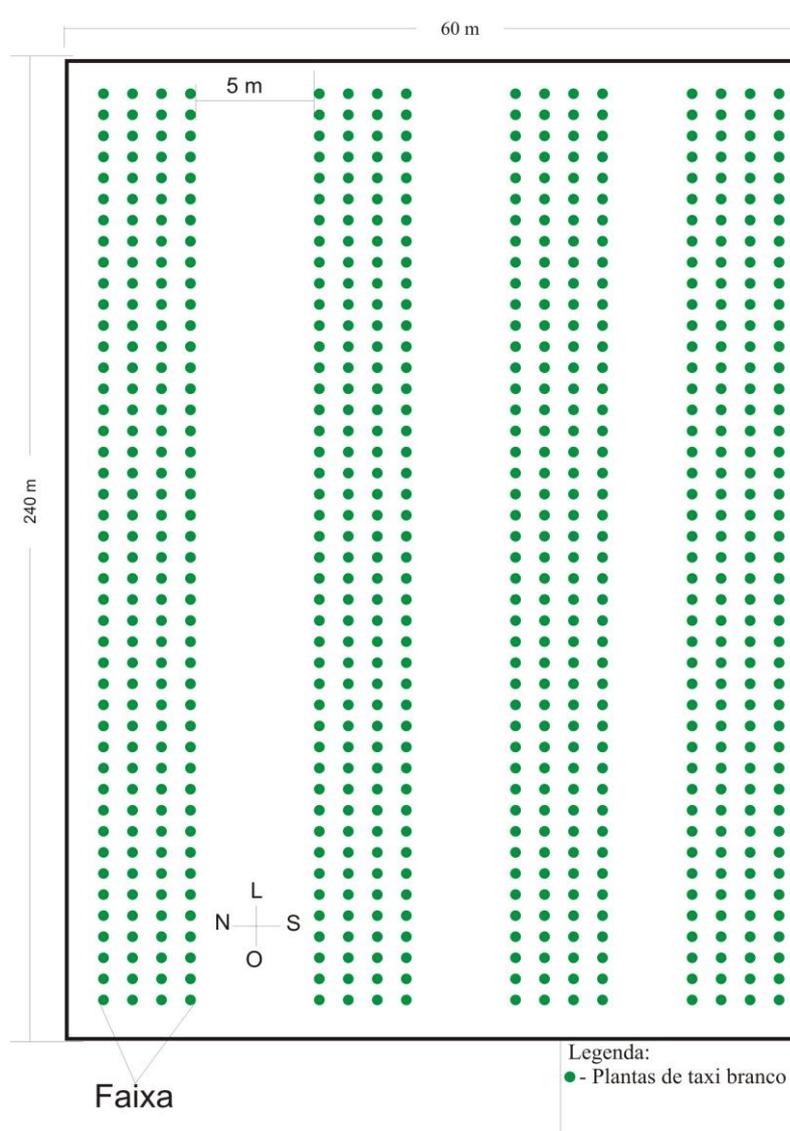


Figura 1: Arranjo do plantio de *T. vulgaris*.

2.2.2. Instalação, tratamento e delineamento experimental

Os tratamentos seguiram doses médias de fertilizantes encontradas na literatura para povoamentos florestais como os de algumas espécies de eucalipto e acácia-negra (COSTA et al., 2012; SCHUMACHER et al., 2013; SILVA et al., 2013). Consistiram na utilização dos produtos comerciais: uréia, super fosfato triplo e cloreto de potássio como fonte de nitrogênio-N, fósforo-P₂O₅ e potássio-K₂O, respectivamente, formando os tratamentos conforme a Tabela 3. Foram combinados segundo o arranjo fatorial fracionado 2^k inteiramente ao acaso, representado por 8 tratamentos com parcelas de 4 plantas uteis e 4 repetições (Figura 2), totalizando 128 plantas analisadas no estudo.

A implantação dos tratamentos se deu aos 60 dias após o plantio, com a instalação de parcelas equidistantes dentro das faixas de plantio, as quais foram compostas por 16 plantas, sendo 4 mensuradas durante o estudo (plantas úteis) e 12 consideradas como bordadura (Figura 2). Fez-se uma adubação de cobertura, de forma localizada na coroa das plantas, próximo ao coleto das mesmas, a uma distância de 10 cm dos limites da cova principal, sendo estas mesmas dosagens repetidas no ano de 2017, de acordo com as dosagens da Tabela 3.

Tabela 3: Tratamentos e suas respectivas dosagens de adubo comercial em gramas por planta e por hectare

Tratamento/ adubações	Combinações	Ureia (g)	Superfosfato Triplo (g)	Cloreto de potássio (g)	Kg/ha
T0	Testemunha	0	0	0	0
T1	N	26,67	0	0	44,5
T2	P	0	19,56	0	32,6
T3	K	0	0	30	50
T4	NP	26,67	19,56	0	77
T5	NK	26,67	0	30	94,5
T6	PK	0	19,56	30	82,6
T7	NPK	26,67	19,56	30	127

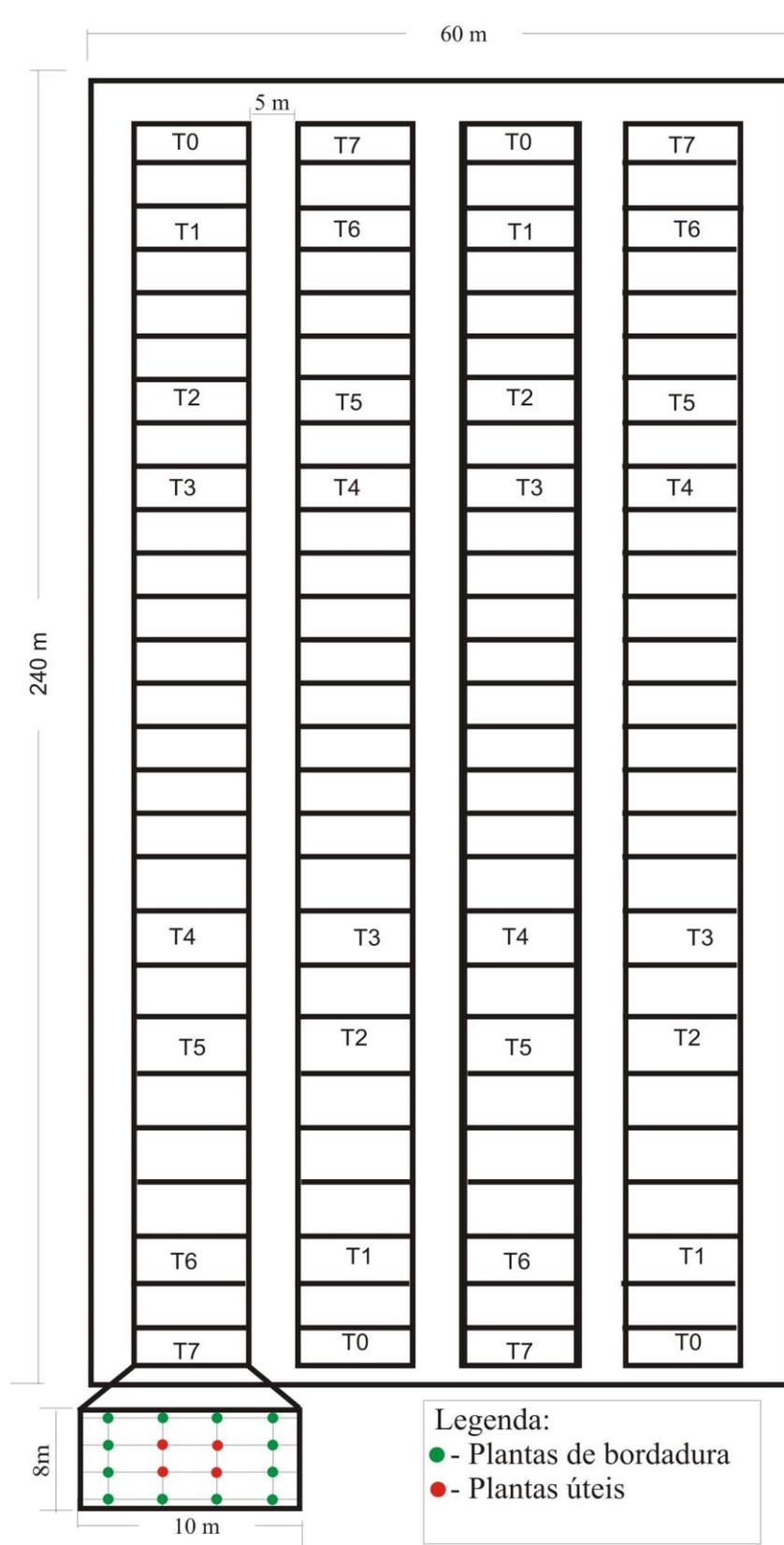


Figura 2: Croqui do delineamento experimental.

2.2.3. Avaliação do crescimento (variáveis coletadas)

Para avaliação do crescimento da plantio foram coletados dados de diâmetro e a altura das plantas do centro da parcela (plantas úteis) de cada tratamento (Figura 2). As medições foram realizadas sempre nos meses de março, junho, setembro e dezembro, portanto com intervalo de três meses, iniciando em março (60 dias após o plantio) e finalizando em junho de 2018, totalizando 10 medições, em 2 anos e 3 meses após o plantio.

O diâmetro das plantas foi medido de duas formas: no primeiro ano do experimento foi medido o DAC – diâmetro à altura do coleto, próximo ao solo, com auxílio de paquímetro digital, devido os indivíduos não apresentarem nesse ano a altura mínima para medição DAP; e no segundo ano realizou-se a mensuração do DAP – diâmetro à altura do peito (1,3 m do solo), utilizando fita diamétrica graduada em centímetros. A altura total das plantas foi medida com régua graduada em centímetros.

2.2.4. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, e posterior análise de medidas repetidas no tempo, ao qual se obteve análise de variância com o intuito de se analisar as relações dos tratamentos com nitrogênio, fósforo, potássio e suas interações no desenvolvimento em diâmetro e altura de tachi-branco.

2.2.5. Análise complementar

Um ano após o plantio, foram realizadas análises complementares para dar maior subsídio ao estudo. As mesmas se basearam em avaliações das folhas e do solo dos indivíduos que receberam os tratamentos, com o intuito de descobrir se os nutrientes aplicados foram absorvidos pelas plantas de *T. vulgaris*. A coleta de folha foi feita no terço médio da copa das árvores de cada tratamento, as quais foram encaminhadas para análises em laboratório, cujos resultados são apresentados na Tabela 4. A coleta de solos foi feita com trado holandês na profundidade de 0-20 cm. As amostras foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 60°C, por 48 h, e posteriormente moídas e enviadas para o laboratório do Instituto Brasileiro de Análises - IBRA, onde foram submetidas à análise química (Tabela 5).

Tabela 4: Análise foliar das plantas de *T. vulgaris* após um ano de plantio

ANÁLISE DE TECIDO VEGETAL										
Tratamentos	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
	g/Kg						mg/Kg			
T0	16,1	0,5	1,7	1,3	3	0,6	72,8	137,8	7,8	44,3
T1	23,6	0,8	2,1	1,6	3,9	1	37,5	25,8	6,8	74,9
T2	20,7	0,7	1,8	1	3,6	1,1	51,4	25,7	4	105
T3	18	0,7	3,2	1,5	2,9	0,7	257,3	236,1	6,9	44,8
T4	21,3	0,7	1,6	1,1	4,6	1	33,9	22,1	4,8	76,8
T5	21,4	0,6	2,4	0,8	3,7	0,6	34,7	19,8	5,1	94,2
T6	24,8	0,8	2,4	1,1	4,4	0,7	44,4	23,5	3,7	71,7
T7	26,4	0,9	3,5	1,1	2,7	0,6	30,8	20,2	6,5	57,7

Tabela 5: Análise química de solo de cada tratamento o plantio de *T. vulgaris* após um ano de plantio

Tratamentos	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	mmolc dm ⁻³						%	%	
T0	2	10	4,2	0,4	3	1	31	1,5	4,4	35,4	13	31
T1	3	7	4,0	0,4	2	1	25	3	3,4	28,4	12	47
T2	2	10	4,1	0,3	4	2	31	3	6,3	37,3	17	32
T3	2	10	4,0	0,7	2	1	34	4	3,7	37,7	10	52
T4	1	10	4,0	0,3	2	1	31	3	3,3	34,3	10	48
T5	3	7	4,1	0,4	2	1	31	3	3,4	34,4	10	47
T6	1	10	4,3	0,5	6	2	31	2	8,5	39,5	21	19
T7	3	10	4,2	0,5	4	2	16	2	6,5	22,5	28	23
Média	2	9	4,1	0,4	3	1	29	3	4,9	33,7	15	37

2.3. Resultados e discussão

2.3.1. Altura

Os tratamentos tiveram efeito estatístico significativo para as fontes de nitrogênio, fósforo e potássio de forma isolada, e para as combinações de N:K e N:P:K (Tabela 6) sobre altura total das plantas de *T. vulgaris*, não tendo efeito sobre os anos de crescimento do plantio. O Nitrogênio (N) se destacou no crescimento e desenvolvimento (vegetativo e

reprodutivo) das plantas. Como o período de maior desenvolvimento ocorre nas primeiras fases da vida da planta, atribuem-se a essas fases o período de maior absorção e metabolização de nitrogênio (BELAPART et al., 2013; PEGORARO et al., 2016; BORIN et al., 2017), explicando a sua alta significância neste estudo.

Tabela 6: Análise de variância dos dados de altura (cm) em função da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio e suas interações com o tempo de crescimento, no período de 27 meses de condução experimental

Tratamentos/adubações	Gl	Sq	Mq	F	P valor	
N	1	268549	268549	31,080	3,07e ⁻⁰⁸ ***	
P	1	155605	155605	18,009	2.37e ⁻⁰⁵ ***	
K	1	114964	114964	13,305	0,0003 ***	
N:P	1	25811	25811	2,897	0,0842	
N:K	1	192650	192650	22,296	2,62e ⁻⁰⁶ ***	
P:K	1	294	294	0,034	0,8537	
N:t	9	64337	7149	0,827	0,5909	
P:t	9	49368	5485	0,635	0,7679	
K:t	9	60811	6757	0,782	0,6332	
N:P:K	1	32984	32984	3,817	0,0500 *	
N:P:t	9	25527	2836	0,328	0,9659	
N:K:t	9	140469	15608	1,806	0,0629	
P:K:t	9	970	108	0,012	1,0000	
N:P:K:t	9	5708	634	0,073	0,9999	
resíduo	1170	10109355	8640			
Significância	****	0,001%	***	0,01%	**	0,05%

As plantas, de modo geral, respondem bem à adubação nitrogenada, sendo que o efeito externo do nitrogênio mais expressivo de forma visual, é a vegetação verde e abundante. Porém, o excesso de N é prejudicial, sendo assim, a dose aplicada à cultura deve ser bem equilibrada em relação à quantidade de outros nutrientes. *T. vulgaris* demonstrou crescimento estatisticamente significativo (Figura 3), com incremento de 534 cm, entre a primeira e a

décima medição, com a aplicação de 26,67 g de ureia por planta ou 44,5 kg ha⁻¹, enquanto que as plantas que não receberam adubação tiveram incremento de 433 cm.

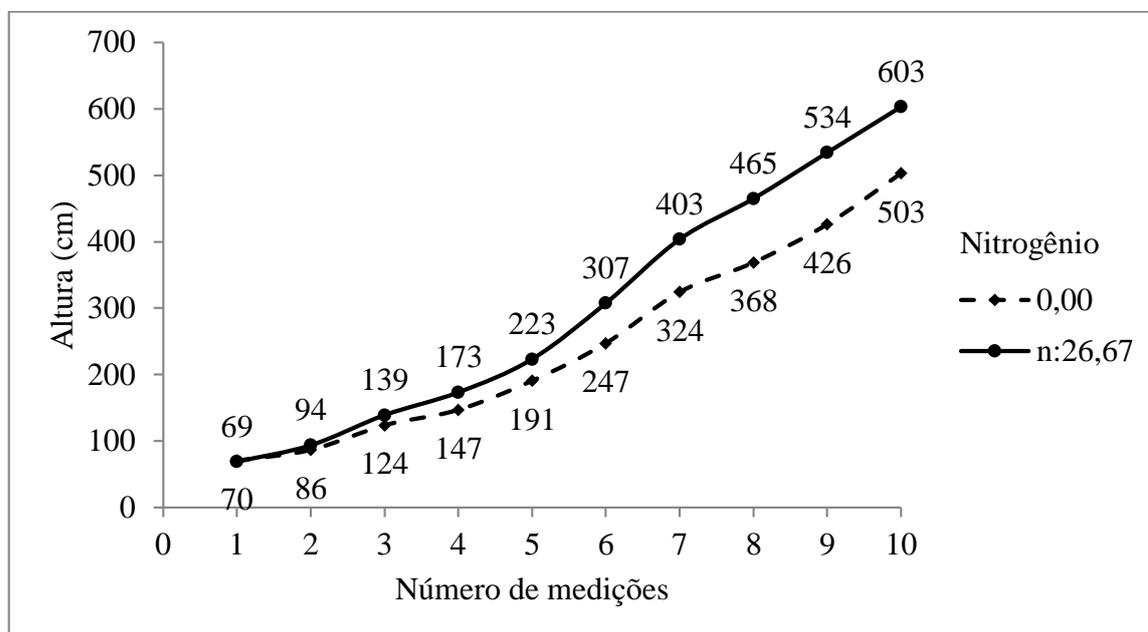


Figura 3: Crescimento em altura das plantas de *T. vulgaris* sob as doses de adubação nitrogenada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67 g de ureia por planta ou 44,5 kg ha⁻¹) ao longo do tempo de medição.

Assim como neste estudo, Ciriello et al. (2014), ao avaliarem o efeito de doses de nitrogênio sobre o desenvolvimento inicial e nutrição das plantas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambèss), espécie arbórea nativa do Brasil, aos quais aplicaram cinco doses de N: 0; 178; 356; 533 e 711 kg ha⁻¹ de ureia, concluíram que a dose de 80 kg ha⁻¹ de N, na época de plantio é suficiente para suprir a necessidade de nitrogênio no crescimento inicial do guanandi. Essa dose é praticamente 4 vezes maior do que a dose utilizada no presente estudo (44,5 kg ha⁻¹ de ureia).

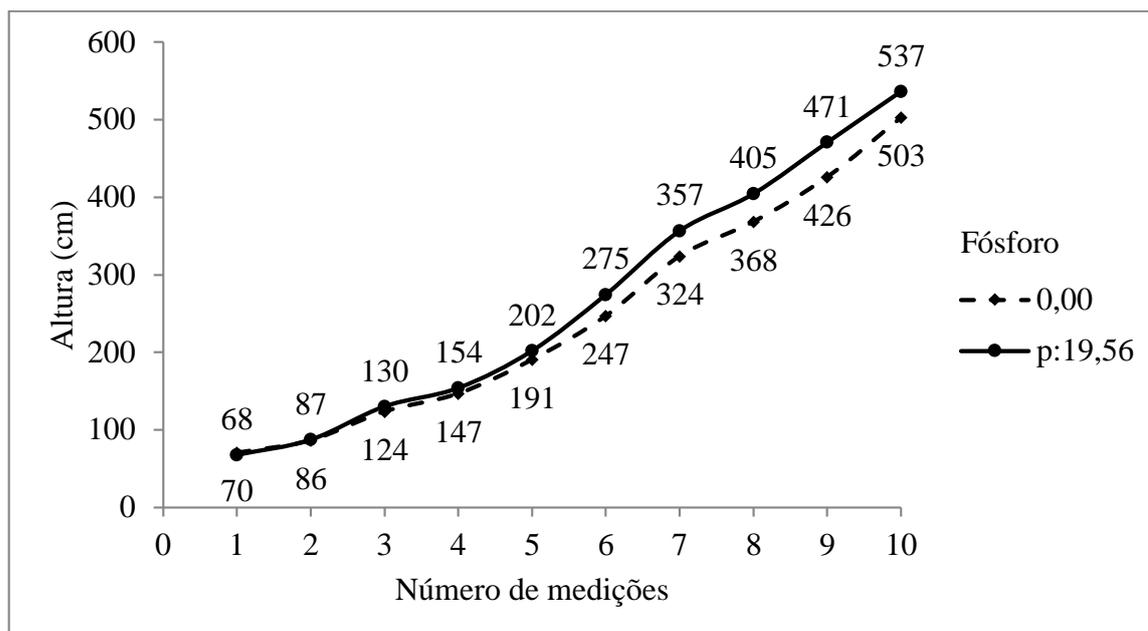


Figura 4: Crescimento em altura das plantas de *T. vulgaris* sob as doses de adubação fosfatada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 19,56g de superfosfato triplo por planta ou 32,6 kg.ha⁻¹) ao longo do tempo.

A adubação com fósforo (P) promoveu crescimento de 34 cm a mais do que quando correlacionado com as plantas sem a adição de nutrientes (Figura 4). Essa resposta à fertilização mineral com P decorre do baixo teor disponível desse elemento no solo (2,3 mg dm⁻³) que, de acordo com as classes propostas por Raij (1991), é um elemento essencial para o crescimento das plantas, sendo sua deficiência frequentemente relatada em solos tropicais intemperizados (RODRIGUES et al., 2016). O suprimento de cálcio via superfosfato triplo (12 a 14% do adubo mineral é composto por Ca) também pode ter contribuído. As plantas de tachi-branco, provavelmente, apresentaram respostas acentuadas à adição de cálcio via superfosfato triplo, visto que o teor trocável desse elemento no solo estava abaixo (Tabela 1) do limite inferior de suprimento (20,0 mmol.c dm⁻³) e, além do mais, não foi realizada a correção da acidez do solo via aplicação de calcário.

Os teores médios de cálcio-Ca e magnésio-Mg (Tabela 5), após a aplicação dos tratamentos, foram considerados baixos (3 e 1 mmolc dm⁻³ respectivamente) de acordo com as classes propostas por Raij (1991), o que pode ter contribuído para a absorção do fósforo pela planta, uma vez que a relação de cálcio e magnésio quando em alta concentração no solo pode

provocar reduções de P nos tecidos vegetais, devido ao efeito sinérgico entre o magnésio e o fósforo. É importante ressaltar que os solos da região amazônica são de baixa fertilidade (RODRIGUES et al., 2017), o que torna a utilização de fertilizantes com o manejo adequado do solo de grande importância.

Outro fator que pode ter contribuído no desenvolvimento em altura do povoamento florestal que recebeu adubação de P é o fato de a espécie tachi-branco ser tolerante a solos com elevada acidez (LIMA, 2004; SARCINELLI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2006). Pois o aumento da acidez provoca a redução da disponibilidade de fósforo para as plantas. Valores baixos de pH favorecem o aumento da concentração de alumínio-Al na solução do solo (CHEN et al., 2015; RODRIGUES et al., 2017). Altas concentrações de Al inibem o crescimento das raízes, com consequências negativas na absorção de água e de nutrientes assim como no desenvolvimento das plantas (CHERUBIN et al., 2016). Além disso, a redução do sistema radicular afeta a absorção, principalmente de P, já que este nutriente se movimenta no solo por difusão (LUKOWIAK et al., 2016; FRAZÃO et al., 2019).

O Potássio (K) também apresentou alta significatividade no crescimento em altura (Tabela 3). Este fato se deve pelo mesmo estar presente em várias funções fisiológicas das plantas como: a ativação enzimática, síntese proteica, atuação na fotossíntese, osmorregulação, além de clara função nos processos de abertura e fechamento estomático (SILVA et al., 2011).

Na Figura 5 é visível a diferença de crescimento em altura das plantas que receberam adubação com potássio, com incremento de 78 cm em relação às plantas que não receberam adição de nutrientes. Em *Eucalyptus saligna*, a aplicação de 140 kg ha⁻¹ de K₂O em Latossolos de textura arenosa, proporcionou incremento de 370 cm na altura das plantas aos 36 meses em comparação com as plantas que não receberam a fertilização (LACLAU et al., 2009). Para este estudo a diferença de crescimento em altura entre a primeira medição e a última é de 517 cm para as plantas que receberam 30 g de potássio, o equivalente à 50 kg ha⁻¹.

O potássio (K) é o segundo nutriente mais absorvido pelas plantas, sendo essencial na ativação de várias enzimas que atuam nos processos de fotossíntese e respiração. Nos solos tropicais os teores de potássio normalmente encontrados são considerados baixos (< 1,5 mmolc dm⁻³), como ocorreu neste estudo (0,4 mmolc dm⁻³), sendo necessária a utilização de fertilizantes potássicos para complementação (BENITES et al., 2010). Sua deficiência pode

acarretar redução da dominância apical e no crescimento das plantas, além de retardar a frutificação e originar frutos menores e com menos cor (COSTA et al., 2017).

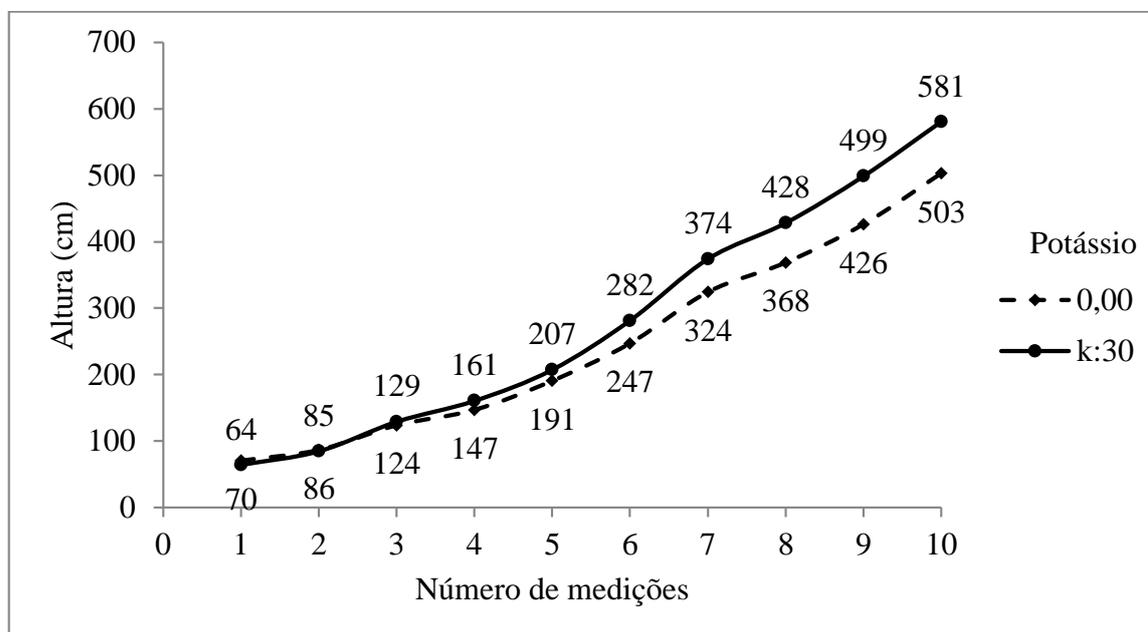


Figura 5: Crescimento em altura das plantas de *T. vulgaris* sob as doses de adubação potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 30g de cloreto de potássio por planta ou 50 kg/ha) ao longo do tempo.

Um dos pontos positivos da adubação com K é o fato de o mesmo estar presente na forma iônica (K^+) no tecido vegetal, tendo seu retorno ao solo logo após a senescência das folhas das plantas (PARENTE et al., 2016). Dessa maneira, tem-se a ciclagem da maior parte do K, o que explica o seu efeito ao longo do tempo sobre o desenvolvimento das plantas. Ferreira *et al.* (2011) afirmam que a disponibilidade de nutrientes para as plantas em sistemas de produção depende da fertilidade do solo e da velocidade de degradação dos resíduos, pois, em cultivos intensivos, o K absorvido pelas plantas permanece a maior parte do tempo no tecido vegetal, não sofrendo erosão ou lixiviação. Assim, as variáveis climáticas, como temperatura e umidade local, afetam a velocidade de liberação do K para o solo. Os autores mencionam que, por este nutriente ser absorvido em grandes quantidades, cerca de 80% retornam ao solo pela decomposição da matéria orgânica e o restante é exportado por grãos e sementes.

A adubação combinada de nitrogênio e fósforo (N:P) não contribuiu para o crescimento em altura (Figura 6), apesar de ter contribuído com incremento em altura de 136 cm em relação à testemunha na última medição. Resultado contrário foi obtido por Carnevali et al. (2016), que ao avaliarem o efeito de doses combinadas de N e P no conteúdo de nutrientes e na eficiência nutricional em *Stryphnodendron polyphyllum*, em Latossolo Vermelho distroférico, verificaram que P foi o principal nutriente a promover acúmulo de biomassa, indicando sua importância nos estádios iniciais de crescimento da espécie.

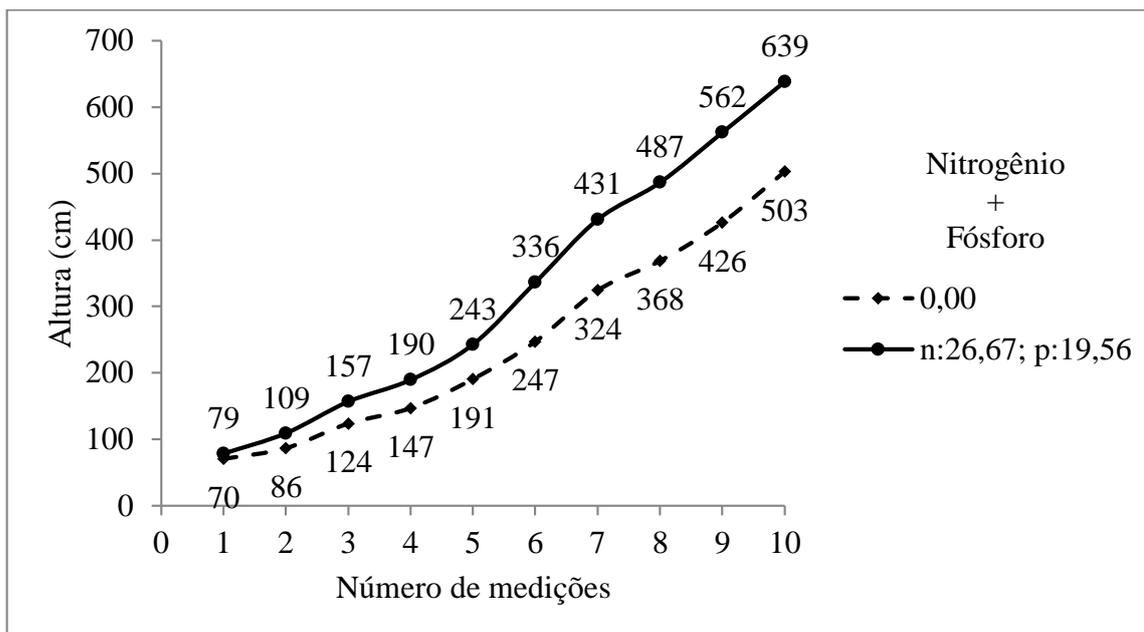


Figura 6: Crescimento em altura das plantas de *T. vulgaris* sob as doses combinadas de adubação nitrogenada e fosfatada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia + 19,56g de superfosfato triplo por planta ou 77,1 kg/ha) ao longo do tempo.

A combinação de nitrogênio e potássio (N:K) promoveu incremento de 93 cm em altura nas plantas que receberam adubação em relação à testemunha na última medição (Figura 7). Jesus et al. (2016) encontraram resultados similares para mudas de *Eucalyptus globulus*, concluindo que a adubação, com nitrogênio e potássio, influenciou no crescimento inicial das mudas, sendo um fator importante no crescimento da planta na fase de muda para todos os níveis estudados. A altura, considerada uma característica morfológica de qualidade e vigor de mudas, é utilizada para expressar o potencial de desenvolvimento, tanto em campo como em viveiros. Dessa forma, tanto a aplicação de nitrogênio quanto de potássio é

fundamental para a obtenção de plantio de *T. vulgaris* de melhor qualidade silvicultural (Figura 7).

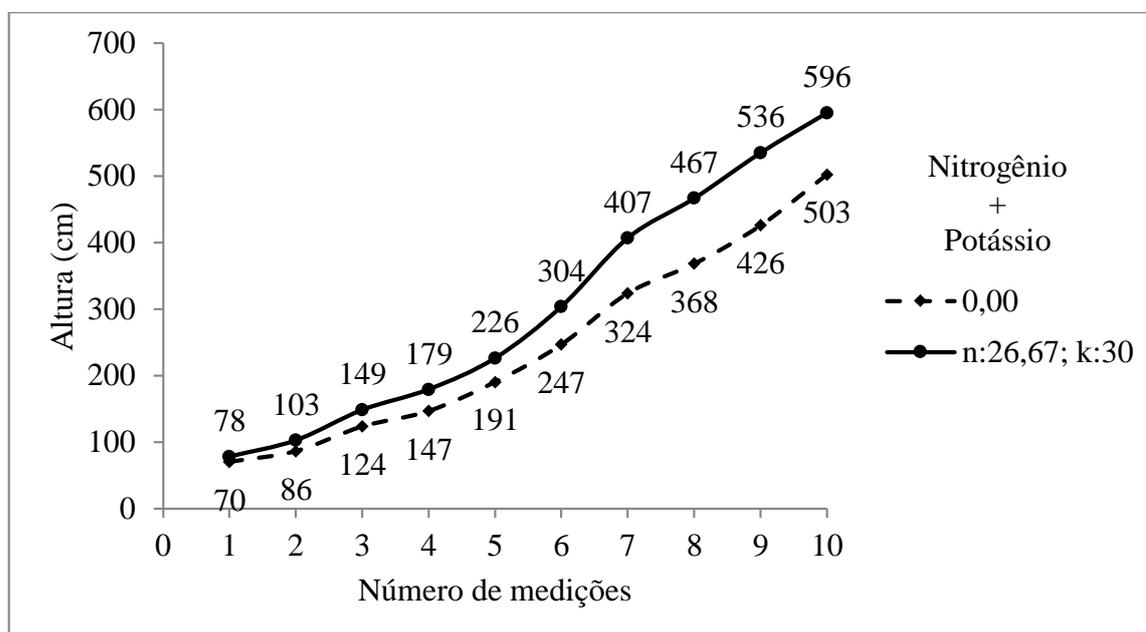


Figura 7: Crescimento em altura das plantas de *T. vulgaris* sob as doses combinadas de adubação nitrogenada e potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia + 30g de cloreto de potássio por planta ou 94,5 kg/há) ao longo do tempo.

A adubação combinada de fósforo e potássio não teve desenvolvimento significativo em altura nas plantas de tachi-branco (Figura 8), apesar do incremento em altura para a última medição ser de 151cm em relação à testemunha. Resultados semelhantes a este estudo foram observados por Silva et al. (2016), que ao avaliarem o desempenho do tachi-branco em resposta à adubação combinada de fósforo e potássio em latossolo, não encontraram diferença significativa entre os tratamentos, quando comparados na mesma área sob influência de doses combinadas de tais nutrientes, doses estas que foram superiores às do presente trabalho.

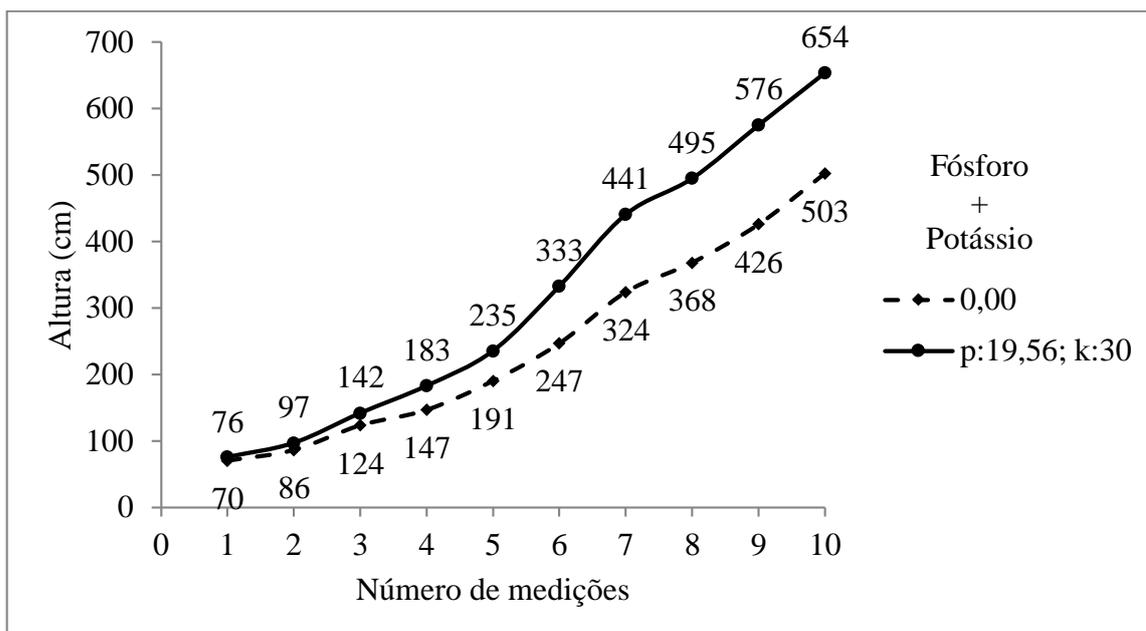


Figura 8: Crescimento em altura das plantas de *T. vulgaris* sob as doses combinadas de adubação fosfatada e potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 19,56g de superfosfato triplo + 30g de cloreto de potássio por planta ou 82,6 kg/há) ao longo do tempo.

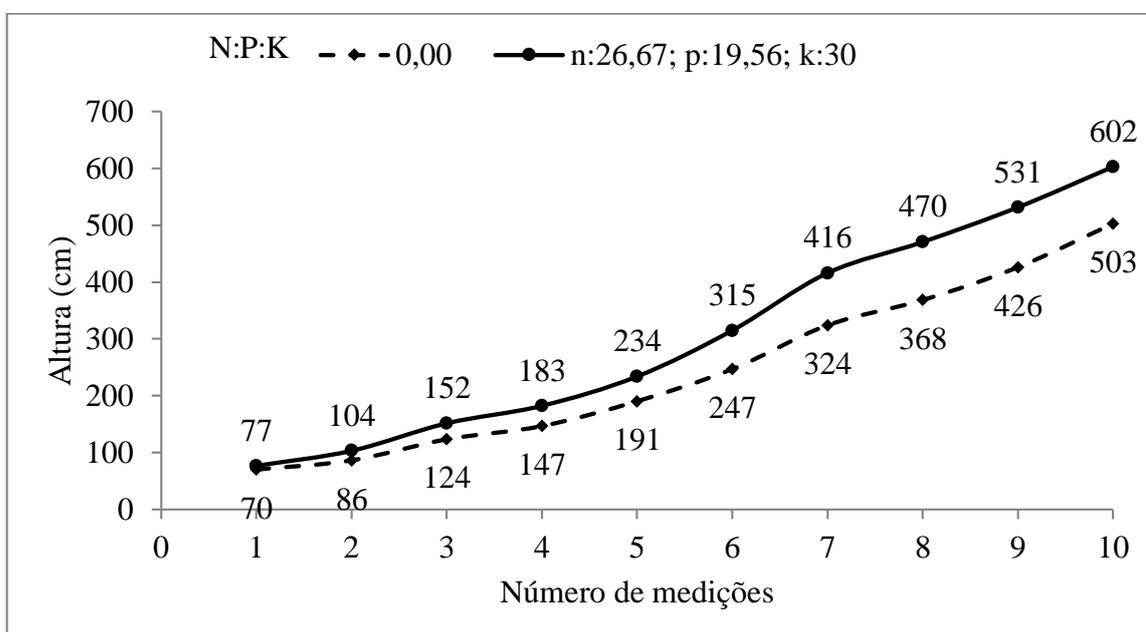


Figura 9: Crescimento em altura das plantas de *T. vulgaris* sob as doses combinadas de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica – N:P:K (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia +

19,56g de superfosfato triplo + 30g de cloreto de potássio por planta ou 127 kg/há) ao longo do tempo.

O tratamento com adubação combinada dos três nutrientes N:P:K também contribuiu significativamente para o desenvolvimento em altura do povoamento florestal em relação aos demais tratamentos/adubações (Tabela 6) ao longo do tempo, tendo incremento de 99 cm em relação às plantas que não receberam nutrientes na 10ª medição (Figura 9).

A influência no crescimento de espécies florestais como o tachi-branco, com a adição de N:P:K via fertilizante mineral tem sido apontada por outros estudos. Schumacher et al. (2013) avaliaram o crescimento de plantas de *Acacia mearnsii* (acácia-negra) em função de diferentes níveis de adubação com três doses de nitrogênio (0, 20 e 40 kg ha⁻¹, utilizando-se ureia (45 % de N) como fonte de N), três doses de fósforo (0, 50 e 100 kg ha⁻¹, utilizando-se superfosfato triplo (46 % de P₂O₅) como fonte de P) e três doses de potássio (0, 25 e 50 kg ha⁻¹, utilizando-se cloreto de potássio (60% de K₂O) como fonte de K); após seis anos da implantação do experimento, concluíram que apenas as doses máximas de N e P levaram ao máximo crescimento da acácia-negra, não sendo necessária a fertilização com K.

Foi observado para os 2 anos e 3 meses de estudo um incremento de 525 cm de altura para as plantas que receberam adubação NPK nas doses 44,5, 32,6 e 50 kg ha⁻¹, respectivamente. Doses estas, similares às encontradas em plantio de *Eucalyptus camaldulensis* em Latossolo Amarelo no Estado de Roraima, onde aplicou-se NPK nas doses 20, 30 e 50 kg ha⁻¹, respectivamente, as quais maximizaram o crescimento do povoamento em questão (COSTA et al., 2012). A aplicação de 70 kg ha⁻¹ de N, 75 kg ha⁻¹ de P e 60 kg ha⁻¹ de K também corroboraram no desenvolvimento de plantio de *Pinus taeda* com nove anos de idade, mostrando que a adubação mineral é uma estratégia a ser considerada em sítios de baixa fertilidade (MORO et al., 2014).

2.3.2. Diâmetro

Das fontes de adubação que obtiveram efeito positivo para o desenvolvimento em diâmetro, apenas N, P e K, e as combinações N:P e N:K (Tabela 4) foram estatisticamente significantes. Da mesma forma como ocorreu para o crescimento em altura, o Nitrogênio (N) se destacou no crescimento (vegetativo e reprodutivo) em diâmetro das plantas. O

desenvolvimento ao longo do tempo para diâmetro, também foi similar à altura, não tendo significância estatística (Tabela 7) dentro do período de análise do experimento.

Tabela 7: Análise de variância dos dados de diâmetro (cm) em função da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio e suas interações com o tempo de crescimento, no período de 27 meses de condução experimental

Tratamentos/adubações	Gl	Sq	Mq	F	P valor
N	1	1968	1968	33,670	8,38e-09***
P	1	669	669	11,446	0,0007***
K	1	269	269	4,602	0,0322*
N:p	1	294	294	5,030	0,0250*
N:k	1	748	748	12,797	0,0004***
P:k	1	63	63	1,078	0,2981
N:t	9	916	102	1,741	0,0753
P:t	9	348	39	0,662	0,7448
K:t	9	236	26	0,449	0,9088
N:p:k	1	93	93	1,591	0,2063
N:p:t	9	195	22	0,371	0,9493
N:k:t	9	464	52	0,882	0,5407
P:k:t	9	89	10	0,169	0,9970
N:p:k:t	9	63	7	0,120	0,9992
Resíduo	1168	68270	58		
Significância	*** 0,001%	** 0,01%	* 0,05%		

O tratamento de fertilização com nitrogênio (N) teve efeito estatisticamente significativo no desenvolvimento em diâmetro (Tabela 4; Figura 10), com incremento de 4 cm em relação à testemunha na 10ª medição. Espécies nativas apresentam exigências nutricionais distintas, o que dificulta a transferência de experiências, porém estas podem servir para a orientação de trabalhos com essências pouco estudadas, entre elas o tachi-branco. Por exemplo, Nascimento et al. (2014) determinaram que, para *Hymenaea courbaril* (jatobá), o diâmetro do caule das plantas cultivadas com omissão de N apresentaram reduções de 21%, em relação a indivíduos que receberam o nutriente, sendo a variável biométrica menos afetada

pelos efeitos da supressão nutricional em curto prazo, cujas reduções só foram possíveis de se observar a partir do 70º dia. Estes autores observaram também que o N foi o macronutriente mais limitante ao crescimento de plantas de jatobá, sugerindo que o requerimento nutricional quanto aos macronutrientes da referida espécie obedeça à ordem decrescente de: N>P>K.

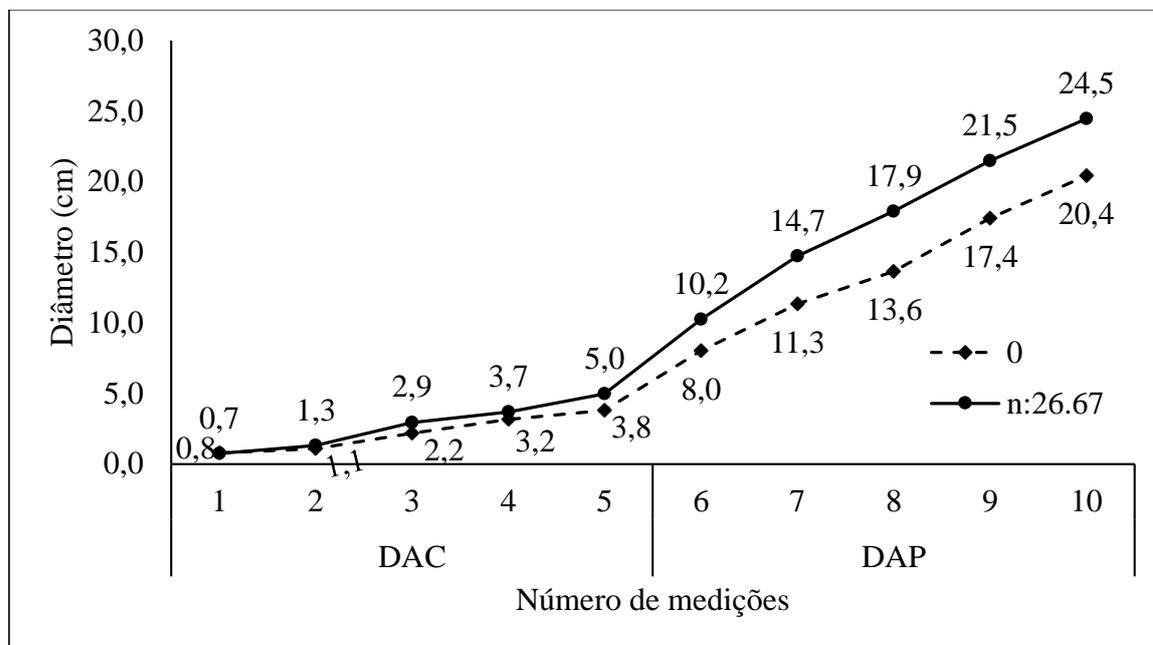


Figura 10: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de *T. vulgaris* sob as doses de adubação nitrogenada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67 g de ureia por planta ou 44,5 kg.ha⁻¹) ao longo do tempo de medição.

O incremento em diâmetro sob a fertilização nitrogenada (44,5 kg ha⁻¹) para o período de avaliação foi de 23,8 cm (Figura 10), contribuindo de forma significativa ao tempo avaliado. Resultados contrários foram observados em povoamento de *Pinus taeda* com cinco anos de idade, onde a aplicação de N foi prejudicial ao desenvolvimento do diâmetro (MORO et al., 2014). Os autores concluíram que as doses de nitrogênio aplicadas não diferenciaram estatisticamente entre si, quanto ao incremento em diâmetro das árvores, sendo que a maior dose aplicada foi de 140 kg ha⁻¹ de N, superior à dose do presente estudo (44,5 kg. ha⁻¹).

A fertilização com nitrogênio tem a capacidade de alterar significativamente o ambiente do solo, podendo inclusive aumentar o armazenamento de carbono pelas plantas, uma vez que promove a formação de clorofila, encontrada nas folhas dos vegetais, que por

sua vez, combina $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ formando açúcares, que a planta necessita para o seu crescimento e produção de grãos e frutos (SHRYOCK et al., 2014).

Assim como ocorreu com a altura, a adubação com fósforo (P) contribuiu para o crescimento em diâmetro das árvores de tachi-branco, tendo incremento de 1 cm a mais do que quando correlacionado com as plantas sem a adição de nutrientes (Figura 11). O suprimento de cálcio via superfosfato triplo (12 a 14 % do adubo mineral é composto por Ca), também pode ter contribuído para o efeito positivo de P.

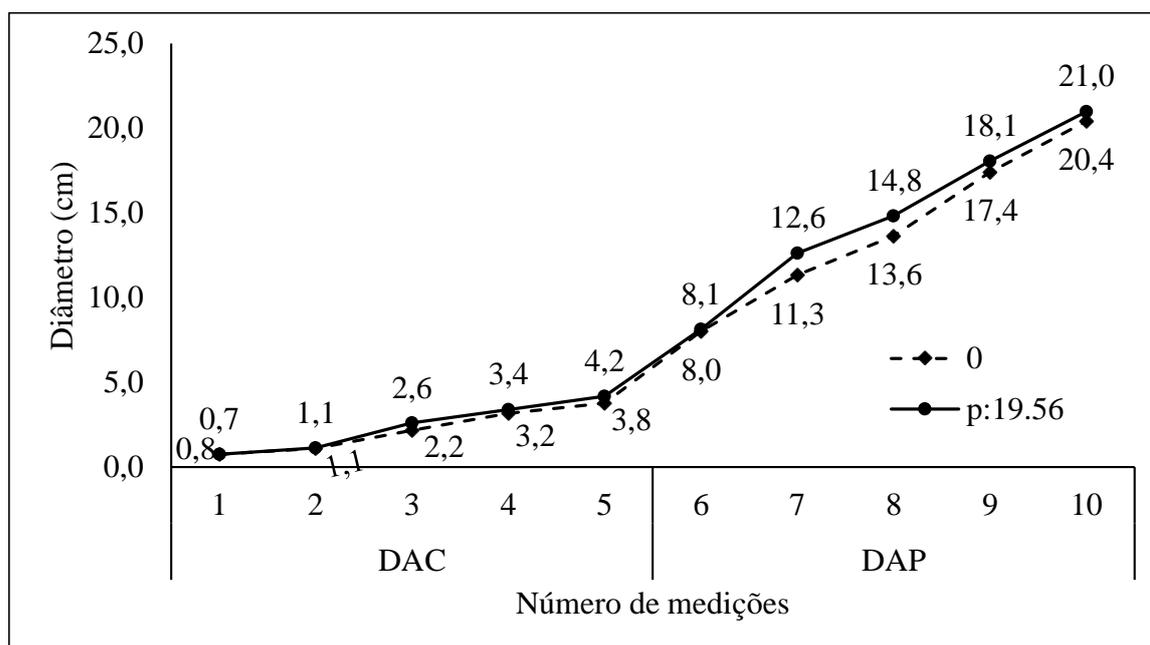


Figura 11: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de *T. vulgaris* sob as doses de adubação fosfatada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 19,56g de superfosfato triplo por planta ou 32,6 kg.ha⁻¹) ao longo do tempo.

Em árvores de *Eucalyptus camaldulensis* a adubação fosfatada promoveu maior crescimento em DAP, com valor máximo de 5,6 cm a uma taxa de aplicação de P de 120 kg ha⁻¹ em relação à testemunha (COSTA et al., 2012). No plantio de *Pinus taeda* a aplicação de P, a partir de 75 kg ha⁻¹, combinado ou não com N e K, proporciona a formação de árvores de maior diâmetro na sua fase inicial de desenvolvimento (MORO et al., 2014).

A aplicação de potássio (K) promoveu desenvolvimento em diâmetro (Figura 12), contribuindo com incremento de 3 cm em relação à testemunha. Biagiotti et al. (2017) estudando a fertilização potássica em plantio de *Corymbia citriodora* nos tempos de 6, 9, 12 e 24 meses após o plantio, observaram que aos seis meses, o máximo crescimento em diâmetro (2,89 cm) das plantas foi estimado com a dose de 52,9 kg ha⁻¹ de K. Aos nove meses, o máximo crescimento em diâmetro (3,83 cm) foi estimado com a dose de 57,4 kg ha⁻¹ de K. Aos 12 meses, houve efeito quadrático dos tratamentos e o máximo crescimento (5,98 cm) foi estimado com a dose de 62 kg ha⁻¹ de K₂O. Aos 24 meses, não houve efeito dos tratamentos, concluindo que até os 12 meses de idade, o crescimento e a produção de biomassa de *C. citriodora* foram favorecidos com a fertilização potássica.

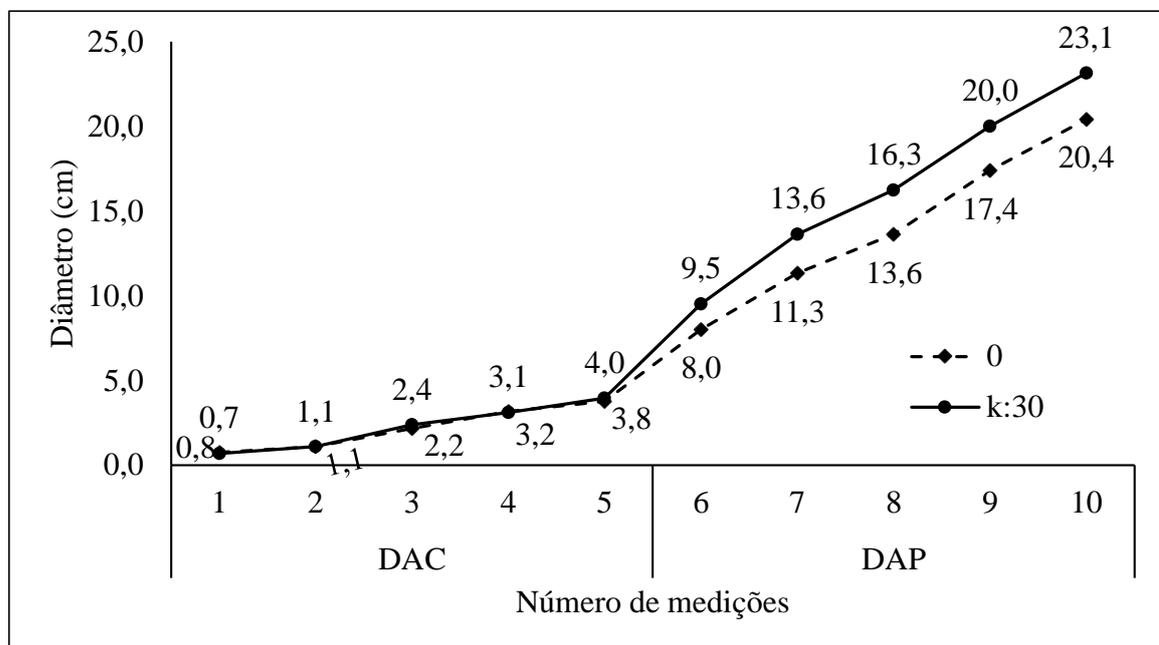


Figura 12: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de *T. vulgaris* sob as doses de adubação potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 30g de cloreto de potássio por planta ou 50 kg/ha) ao longo do tempo.

O crescimento em diâmetro se manteve de forma ascendente até a última coleta (Figura 12), demonstrando que a adubação com 30g de cloreto de potássio (KCl) por planta ou 50 kg/há, corroborou para o desenvolvimento do plantio. Para Melo et al. (2016) as doses de adubação potássica que mais contribuíram para taxas ótimas de crescimento de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em solos de baixa fertilidade foram 104 kg ha⁻¹ e 184 kg ha⁻¹ de KCl.

Vários estudos comprovam que a aplicação de potássio, na forma comercial de cloreto de potássio, promove maior desenvolvimento em diâmetro. Por exemplo, a aplicação de 140 kg ha⁻¹ de K₂O em *Eucalyptus grandis* em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média (200 g kg⁻¹ de argila) promoveu incremento em diâmetro de 4,14 cm em comparação com as plantas que não receberam potássio (SETTE JUNIOR. et al., 2010).

A combinação das fontes de adubo N:P e N:K foram significativas a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente (Figura 13 e 14). Isto pode ter ocorrido devido ao efeito sinérgico da interação de tais nutrientes. O que representou um desenvolvimento em diâmetro, de 4 cm para o tratamento com N:P e 5 cm para o tratamento N:K na 10ª medição em comparação à testemunha (Figura 13 e 14), tendo entre eles, a adubação com N:K maior destaque no crescimento diamétrico.

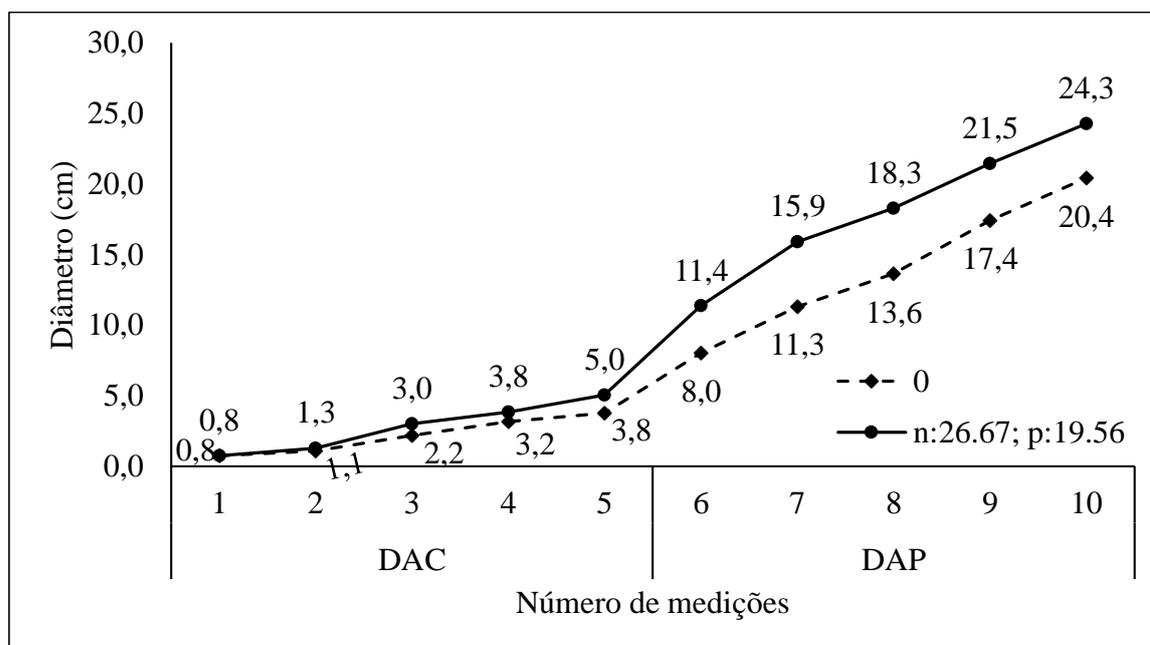


Figura 13: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de *T. vulgaris* sob as doses combinadas de adubação nitrogenada e fosfatada (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia + 19,56g de superfosfato triplo por planta ou 77,1 kg/ha) ao longo do tempo.

A deficiência de P, reduzindo a absorção de N, tem sido observada na literatura. Santos et al. (2015), estudando a eficiência no uso de nitrogênio por genótipos de algodoeiro arbóreo sob aplicação de fósforo, observaram que os genótipos cultivados em baixo suprimento de P apresentaram maior concentração de N foliar, indicando relação de sinergismo entre o N e o P. O que corrobora com o presente trabalho, haja vista que a interação entre nitrogênio e fosforo foi positiva para o desenvolvimento em diâmetro das plantas (Figura 13). O P interfere na absorção de N indiretamente, por meio da redução da área foliar (SANTOS et al., 2015). A área foliar está intimamente ligada à absorção de N, pois quanto maior for a área foliar, maior será a taxa de transpiração vegetal, a qual, por sua vez, aumenta o fluxo de água absorvida pela planta, o que influencia diretamente na condução de nutrientes do solo até a superfície radicular, sendo significativa para o N (Bonfim-Silva & Monteiro, 2010; Han et al., 2015).

Muitos estudos têm demonstrado que o uso de fertilizantes em quantidade aumenta o crescimento das árvores dos plantios florestais, sendo sua utilização correta importante para o manejo das plantações (MULLER et al., 2013; KUMARASWAMY et al., 2014). Em solos com teores de K considerados altos, o N estimula o crescimento vegetativo, aumentando-se o teor de K na parte aérea das plantas e, conseqüentemente, utilização das reservas desse nutriente na solução do solo. O potássio desempenha um papel fundamental no funcionamento das enzimas necessárias para o crescimento e desenvolvimento da planta, também ajuda na absorção de nitrogênio, o que resulta em melhor crescimento vegetativo (DEBBARMA et al., 2017).

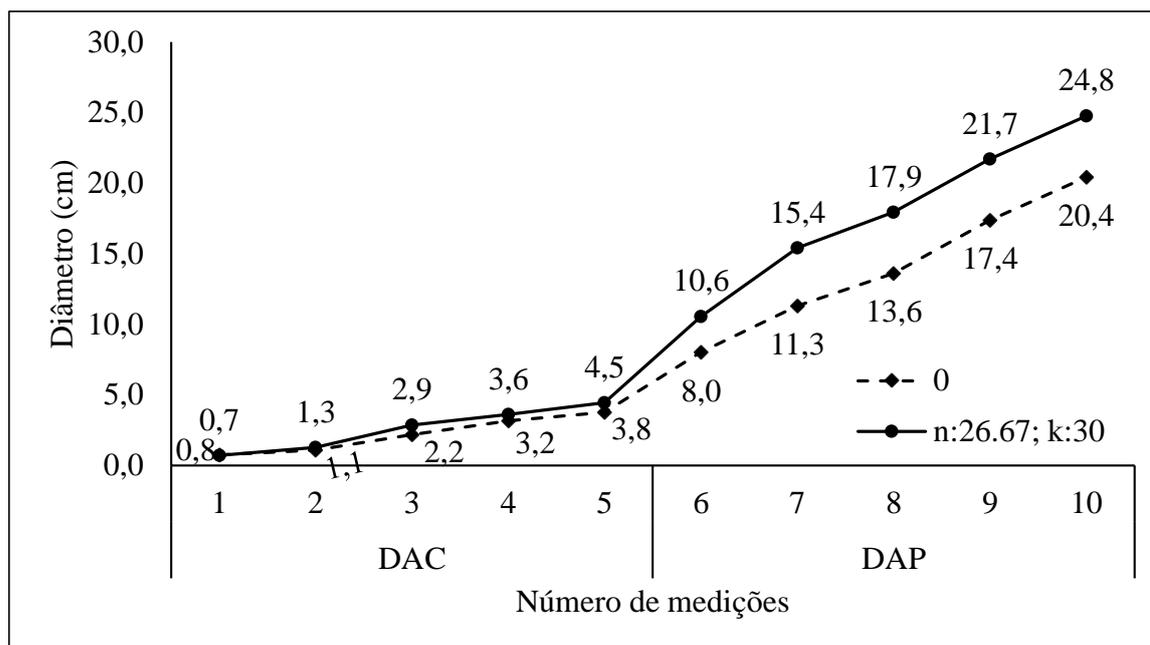


Figura 14: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de *T. vulgaris* sob as doses combinadas de adubação nitrogenada e potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia + 30g de cloreto de potássio por planta ou 94,5 kg/há) ao longo do tempo.

Em plantios de *Eucalyptus grandis* as maiores respostas à fertilização com nitrogênio e potássio, ocorreram no primeiro ano de desenvolvimento das árvores, com aplicação de 4,3 e 20 kg ha⁻¹ dos respectivos nutrientes, sugerindo que o número de aplicações de N e K podem ser reduzidas após o plantio para o estabelecimento de plantações comerciais, sem afetar negativamente a produtividade e perdas por drenagem mais profundas (SILVA et al., 2013). Jesus et al. (2016) estudando o crescimento e composição química do óleo essencial de mudas de *Eucalyptus globulus* (Labill) adubadas com nitrogênio e potássio, encontraram resultados similares, concluindo que a adubação, com nitrogênio e potássio influenciaram no crescimento inicial das mudas, resultando em aumento de 72% no diâmetro das plantas que receberam adubação NK em relação à testemunha.

A adubação combinada de fósforo e potássio, assim como para a altura, também não contribuiu de forma significativa para um bom desenvolvimento em diâmetro do plantio de *T. vulgaris* (Figura 15), apesar de seu incremento ser de 7 cm a mais para a última medição em relação a testemunha.

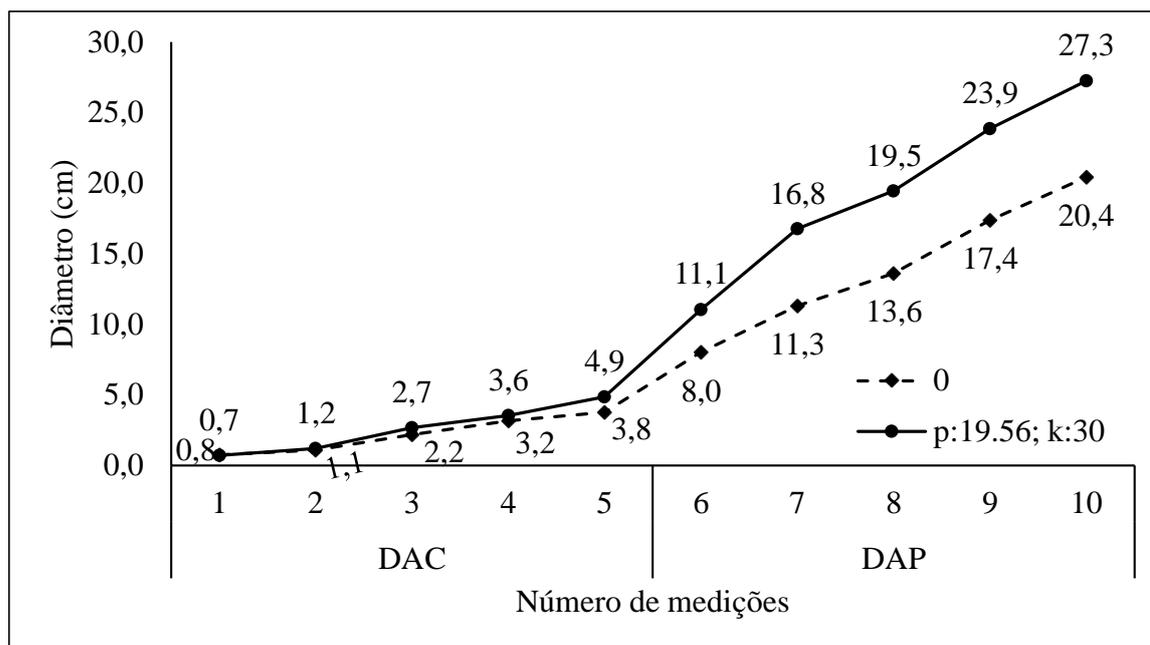


Figura 15: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de *T. vulgaris* sob as doses combinadas de adubação fosfatada e potássica (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 19,56g de superfosfato triplo + 30g de cloreto de potássio por planta ou 82,6 kg/há) ao longo do tempo.

Apesar do tratamento com adubação completa de N:P:K não ter tido efeito significativo sobre o crescimento em diâmetro, o mesmo proporcionou incremento de 3 cm de diâmetro na última medição em relação à testemunha (Figura 16).

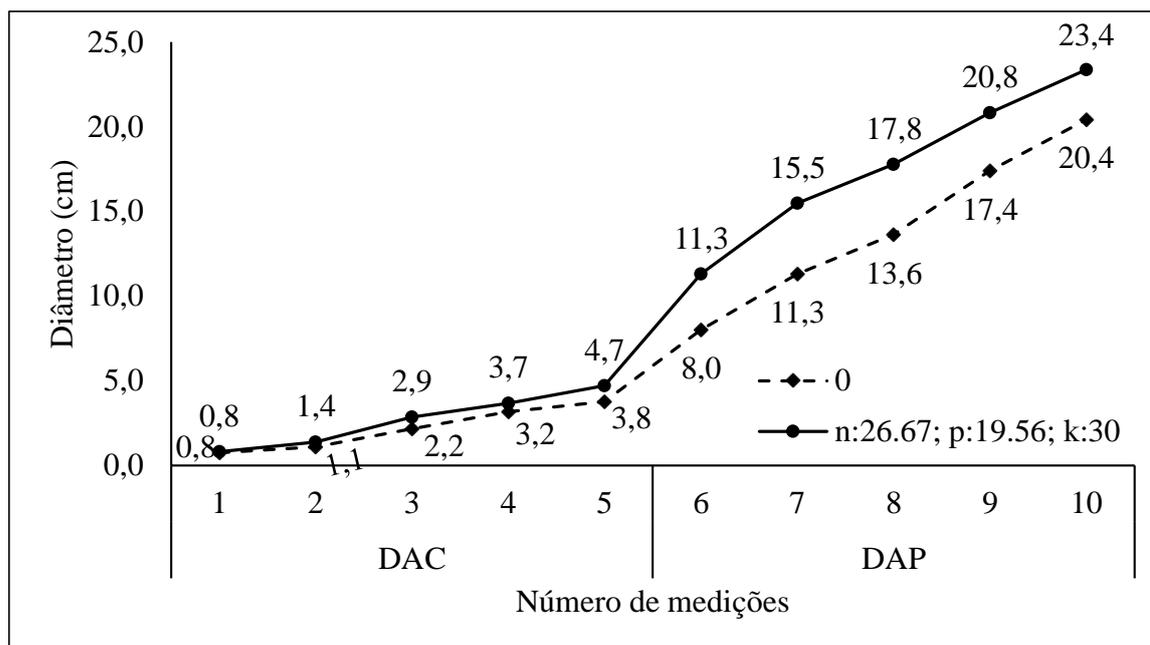


Figura 16: Crescimento em diâmetro a altura do coleto - DAC e diâmetro a altura do peito - DAP das plantas de *T. vulgaris* sob as doses combinadas de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica – N:P:K (linha pontilhada - tratamento testemunha sem adubação; e linha contínua - tratamento com aplicação de 26,67g de ureia + 19,56 g de superfosfato triplo + 30g de cloreto de potássio por planta ou 127 kg/há) ao longo do tempo.

Para *Pinus caribaea* a dose de 600 g por planta de NPK na formulação comercial 8-10-10 proporcionou maior crescimento em diâmetro quando comparado com as árvores que não receberam adubação, enquanto a dose de 300 g de NPK/árvore produziu incremento em diâmetro menor do que o incremento da testemunha (LEÓN-SÁNCHEZ et al. 2016).

2.4. Conclusão

As maiores doses de nitrogênio e potássio contribuíram para o melhor desenvolvimento das variáveis dendrométricas de altura e diâmetro do plantio de *T. vulgaris*. Recomenda-se, portanto, a adubação combinada de nitrogênio e potássio nas doses de 26,67 e 30g por planta, respectivamente, ou 94,5 kg/ha.

Referencias

- BELAPART, D.; LEITE, S. M. M.; GIROTTO, M. D.; PEDRONE, L. P. Efeito de diferentes doses de nitrogênio e cálcio no desenvolvimento inicial do guanandi. **Unimar Ciências**, v. 1-2, p. 71-77, 2013.
- BENITES, V.M.; CARVALHO, M.C.S.; RESENDE, A.V.; POLIDORO, J.C.; BERNADI, A.C.C.; OLIVEIRA, F.A. Potássio, cálcio e magnésio. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba, SP: IPNI, 2010. Cap. 3, p. 137-191.
- BIAGIOTTI, G.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. DA; VASCONCELOS, R. T. de. Fertilização potássica na implantação de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Jonhson. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 113, p. 129-137, 2017.
- BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre na adubação e em folhas diagnósticas e raízes do capim-braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1641-1649, 2010.
- BORIN, A. L. D. C.; FERREIRA, A. C. de B.; SOFIATTI, V.; CARVALHO, M. da C. S.; MORAES, M. C. G. Produtividade do algodoeiro adensado em segunda safra em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 622-630, 2017.
- Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991. 343 p.
- CARNEVALI, N. H. de S.; MARCHETTI, M. E.; VIEIRA, M. do C.; CARNEVALI, T. de O. Eficiência nutricional de mudas de *Stryphnodendron polyphyllum* EM função de nitrogênio e fósforo. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 449-461, 2016.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA - CNPF. Brasília, DF: EMBRAPA - SPI, 1994. 640 p.
- CHEN, C. R.; HOU, E.Q.; CONDRON, L.M.; BACON, G.; ESFANDBOD, M.; OLLEY, J.; TURNE, B.L. Soil phosphorus fractionation and nutrient dynamics along the Cooloola coastal dune chronosequence, southern Queensland, Australia. **Geoderma**, v. 257-258, p. 4-13, 2015.
- CHERUBIN, M. R.; FRANCO, A. L.C.; CERRI, C. E. P.; KARLEN, D. L.; PAVINATO, P. S.; RODRIGUES, M.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C.

- Phosphorus pools responses to land-use change for sugarcane expansion in weathered Brazilian soils. **Geoderma**, v. 265, p. 27–38, mar. 2016.
- CIRIELLO, V.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Doses de nitrogênio no crescimento inicial e nutrição de plantas de guanandi. **CERNE**, v. 20, n. 4, p. 653-660, 2014.
- COSTA, C. F. G.; FIGUEIREDO, R. de O.; OLIVEIRA, F. de A.; SANTOS, I. P. de O. Escoamento superficial em Latossolo Amarelo distrófico típico sob diferentes agroecossistemas no nordeste paraense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 162-169, 2013.
- COSTA, L. N.; MORAIS, P. L. D. de; LEITE, G. A.; ALMEIDA, M. L. B.; MIRANDA, M. R. A. de; FERNANDES, P. L. de O. Influência da adubação potássica na qualidade e no potencial antioxidante do sapoti em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Ceres**, v. 64, n. 4, p. 419-425, 2017.
- COSTA, M.; TONINI, H.; DIAS, C.; IWATA, B. Fertilization during the establishment of a *Eucalyptus camaldulensis* plantation in the northern Brazilian Amazon. **Revista Agroambiente**, v. 6, n. 2, p. 91-101, 2012.
- DEBBARMA, J.; ALILA, P.; BANIK, M.; MANDAL, A. K.; CHAKMA, A. Effect of different levels of nitrogen and potassium on the growth and yield of Pepino (*Solanum muricatum* Ait.). **The Pharma Innovation Journal**, v. 6, n. 11, p. 817-821, 2017.
- FERREIRA, E. V. O.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M. H.; MARTINS, A. P.; CARVALHO, P. C. F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 161- 169, 2011.
- FRAZÃO, J. J.; BENITES, V. de M.; RIBEIRO, J. V. S.; PIEROBON, V. M.; LAVRES, J. Agronomic effectiveness of a granular poultry litter-derived organomineral phosphate fertilizer in tropical soils: Soil phosphorus fractionation and plant responses. **Geoderma**, v. 337, n. 5, p. 582–59, 2019.
- HAN, K.; ZHOU, C.; SHENG, H.; YANG, Y.; ZHANG, L.; WANG, L.; CHEN, G.; LI, Z. Agronomic improvements in corn by alternating nitrogen and irrigation to various plant densities. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 1, p. 93-103, 2015.
- JESUS, M. S.; FERNANDES, L. A.; FONSECA, F. S. A.; ROCHA, S. M. G.; MARTINS, E. R. Crescimento e composição do óleo essencial de mudas de *Eucalyptus globulus*

- (Labill) adubadas com nitrogênio e potássio. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 1-8, 2016.
- KUMARASWAMY, S.; MENDHAM, D.; GROVE, T.; O'CONNELL, A.; SANKARAN, K.; RANCE, S. Harvest residue effects on soil organic matter, nutrients and microbial biomass in eucalypt plantations in Kerala, India. **Forest Ecology and Management**, v. 328, n. 18, p. 140-149, 2014.
- LACLAU, J. P.; ALMEIDA, J. C. R.; GONÇALVES, J. L. M.; SAINT-ANDRÉ, L.; VENTURA, M.; RANGER, J.; MOREIRA, R. M.; NOUVELLON, Y. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in *Eucalyptus* plantations. **Tree Physiology**, v. 29, n. 1, p. 111- 124, 2009.
- LEÓN-SÁNCHEZ, M. A.; REYES-POZO, J. L.; HERRERO-ECHEVARRÍA, G.; PÉREZ-LEÓN, V. E. Efecto de la fertilización sobre el crecimiento en diámetro y altura de *Pinus caribaea* em plantaciones del occidente de Cuba. **Madera y Bosques**, v. 22, n. 3, p. 87-101, 2016.
- LIMA, R. M. B. **Crescimento do *Sclerolobium paniculatum* Vogel na Amazônia, em função de fatores de clima e solo**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- LISBÔA, M. A. A. T.; VIEGAS, I. J. M.; SAMPAIO, M. C. T.; Matos, A. de O.; CONCEIÇÃO, H. E. O. da. Crescimento de plantas jovens de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) em função da idade e da aplicação de fosfato de trauíra. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, p. 15-24, 2001.
- LUKOWIAK, R.; GRZEBISZ, W.; SASSENATH, G. F. New insights into phosphorus management in agriculture -A crop rotation approach. **Science of the total environment**, v.542, n. Part B, p. 1062 –1077, 2016.
- MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L.; BERNARDINO, D. C. S. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p.725-735, 2006.
- MELO, E. A. S. C.; GONÇALVES, J. L. M.; ROCHA, J. H. T.; HAKAMADA, R. E.; BAZANI, J. H., W. A. V. A.; ARTHUR JUNIOR, J. C.; BORGES, J. S.; MALHEIROS, R.; LEMOS, C. C. Z.; FERREIRA, E. V. O.; FERRAZ, A. V.

- Responses of Clonal Eucalypt Plantations to N, P and K Fertilizer Application in Different Edaphoclimatic Conditions. **Forests**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2016.
- MOREIRA, J. M. M. Á. P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 363, 2011.
- MORO, L.; GATIBONI, L. C.; SIMONETE, M. A.; CASSOL, P. C.; CHAVES, D. M. Resposta de *Pinus taeda* com diferentes idades à adubação npk no planalto sul catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1181-1189, 2014.
- MULLER, P.; POGGIANI, F.; LIBARDI, P.; NATAL, A. Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, v.301, n. 15, p. 67-78, 2013.
- NASCIMENTO, H. H. C. do.; PACHECO, C. M.; LIMA, D. R. M. de; SILVA, E. C. da; NOGUEIRA, R. J. M. C. Aspectos ecofisiológicos de mudas de *Hymenaea courbaril* L. em resposta a supressão de N, P e K. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 103, p. 315-328, 2014.
- OLIVEIRA, J. B.; VALE, A. T.; MELO, J. T. de. Caracterização mecânica e contração da madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel cultivado em um plantio homogêneo sob diferentes níveis de adubação. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 1, p. 89-97, 2006.
- PARENTE, T. de L.; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; SOUZA, L. G. M. de; PIVETTA, R. S.; BOSSOLANI, J. W. Potássio em cobertura no milho e efeito residual na soja em sucessão. **Revista Agroambiente**, v. 10, n. 3, p. 193-200, 2016.
- PEGORARO, R. F.; SILVA, I. R. da; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; FONSECA, S. Abundância natural de ¹⁵N e formas de nitrogênio em argissolo cultivado com eucalipto e acácia. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 295-305, 2016.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, Associação
- ROCHA, F. A.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T.; CANTARUTTI, R. B.; SILVA, J. O. da. Modelo numérico do transporte de nitrogênio no solo. Parte II: Reações biológicas durante a lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.54–61, 2008.
- RODRIGUES, M.; PAVINATO, P. S.; WITHERS, P. J. A.; TELES, A. P. B.; HERRERA, W. F. B. Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the

- Brazilian savanna. **Science of the Total Environment**, v. 542, n. Part B, p. 1050–1061, 2016.
- RODRIGUES, M.; RABÊLO, F. H. S.; CASTRO, H. A.; ROBOREDO, D.; CARVALHO, M. A. C.; ROQUE, C. G. Changes in chemical properties by use and management of an Oxisol in the Amazon biome. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 278-286, 2017.
- ROSIM, C. C.; HSING, T. Y.; PAULA, R. C. de. Nutrient use efficiency in interspecific hybrids of eucalypt. **Rev. Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 540-547, 2016.
- ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. dos S.; CELENTANO, D.; CARVALHO, C. J. R. de. Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v.44, n.4, p.499-512, 2014.
- RYAN, M. G. Factors controlling Eucalyptus productivity: how water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1695-1703, 2010.
- SANTOS, E. F.; ARAÚJO, É. de O.; CAMACHO, M. A. Eficiência no uso de nitrogênio por genótipos de algodoeiro arbóreo sob aplicação de fósforo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 4, p. 357-364, 2015.
- SARCINELLI, T. S.; LYNCH, L. DE S.; RIBEIRO Jr., E. S.; DIAS, L. E. Crescimento de mudas de taxi-branco (*Sclerobium paniculatum* Voguel) em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista de ciências Agrárias**. n. 42, p. 109-124, 2004.
- SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; LONDERO, E. K.; CALIL, F. N.; LOPES, V. G.; WITSCHORECK, R. Crescimento da acácia-negra em resposta a aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. **Cerne**, v. 19, n. 1, p. 51-58, 2013.
- SETTE JÚNIOR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 979-990, 2010.
- SHRYOCK, B.; LITTKE, K.; CIOL, M.; BRIGGS, D.; HARRISON, R. The effects of urea fertilization on carbon sequestration in Douglas-fir plantations of the coastal Pacific Northwest. **Forest Ecology and Management**, v. 318, n. 8, p. 341- 348. 2014.

- SILVA, A. R.; GONÇALVES, D. de A.; SALES, A. Desempenho do tachi-branco em resposta à adubação combinada de fósforo e potássio em Latossolos. **Acta Iguazu**, v.5, n.2, p. 37-48, 2016.
- SILVA, E. C., NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, M. A.; ALBUQUERQUE, M. B. Drought Stress and Plant Nutrition. **Plant Stress**, v. 5, n. 1, p. 32- 41, 2011.
- SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; LIBARDI, P. L.; GONÇALVES, A. N. Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Inicial growth and nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 67-78, 2013.
- SOUSA, V.G.; BRIENZA Jr., S.; BARBOSA, M.G.; MARTORANO, L.G.; SILVA, V.C. 2016. 37 p. **Taxi-branco (*Tachigali vulgaris* L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima):** botânica, ecologia e silvicultura. Documentos Embrapa, 426.
- TERRA, T. D. R. Avaliação físico-química do carvão de cachamorra (*Sclerolobium paniculatum* vogel) e pau-terra de folha larga (*Qualea grandiflora* mart.). **Bioenergia em Revista: Diálogos**. Ano 7, n. 2, p. 120-133, 2017.

3. Influência das variáveis meteorológicas sobre o desenvolvimento de plantio de *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (tachi-branco) em Igarapé-açu/Pa

RESUMO

O excesso ou insuficiência de água disponível no solo causa um decréscimo na taxa fotossintética refletindo na diminuição do crescimento das plantas. A influência da temperatura e precipitação sobre a distribuição e o crescimento das florestas é demonstrada pela alta correlação existente entre esses aspectos e as classificações climáticas. Deste modo o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das variáveis meteorológicas no incremento em altura e diâmetro de mudas de *Tachigali vulgaris* plantadas e adubadas com NPK. Os dados meteorológicos foram registrados pela estação agroclimatológica da Embrapa Amazônia Oriental, localizada em Igarapé-Açu, no período de março de 2016 quando se implantou o povoamento de tachi-branco, a junho de 2018. Neste mesmo período, foi feito o monitoramento da taxa de incremento em altura e diâmetro das plantas. Os dados levantados foram: temperatura mensal, temperatura média das máximas, temperatura média das mínimas, precipitação, e incrementos em altura e diâmetro, sendo submetidos ao teste de normalidade, e posterior análise estatística multivariada de Componentes Principais – PCA e correlação de Pearson, utilizando o software R Studio. O máximo incremento periódico trimestral em altura ocorreu no trimestre de junho a setembro de 2017, enquanto que o maior incremento em diâmetro ocorreu no trimestre de junho-setembro de 2016. A análise de componente principal mostrou que os três primeiros fatores explicam juntos 94% da variância total do crescimento da espécie, onde o desdobramento de análise das duas primeiras componentes principais demonstra que as variáveis que mais contribuíram para explicar o desenvolvimento do povoamento da espécie correlacionado com as medidas de clima observadas neste estudo, foram as temperaturas média e máxima e precipitação, seguidas da altura, diâmetro e temperatura mínima. Concluiu-se que as variáveis meteorológicas influenciaram positivamente no incremento em altura e diâmetro das plantas de *T. vulgaris*, sendo a precipitação a variável com maior contribuição para predizer o crescimento das árvores. Pode-se indicar o plantio de *T. vulgaris* para regiões com variações de clima similares a este estudo.

Palavras-chaves: Pluviosidade; incremento de plantas; sazonalidade; silvicultura.

ABSTRACT

The excess or insufficiency of available water in the soil causes a decrease in the photosynthetic rate reflecting the decrease of plant growth. The influence of temperature and precipitation on forest distribution and growth is demonstrated by the high correlation between these aspects and climate classifications. Thus, the objective of this work was to evaluate the influence of meteorological variables on the increase in height and diameter of *Tachigali vulgaris* seedlings planted and fertilized with NPK. Meteorological data were recorded by the Embrapa Eastern Amazon agroclimatological station, located in Igarapé-Açu, in March 2016, when the white tachi settlement was implemented, in June 2018, during which time the rate was followed. increase in plant height and diameter. The data collected were: monthly temperature, mean maximum temperature, mean minimum temperature, precipitation, and height and diameter increments, being submitted to the normality test, and subsequent multivariate statistical analysis of Principal Components - PCA and Pearson correlation, through from the R Studio software. The highest quarterly periodic increase in height occurred in the quarter from June to September 2017, while the largest increase in diameter occurred in the year 2016) in the June-September quarter. The principal component analysis showed that the first three factors together account for 94% of the total variance of the species growth, where the analysis of the first two main components shows that the variables that most contributed to explain the population growth of the species, correlated with the climate measurements observed in this study were mean and maximum temperatures and precipitation, followed by height, diameter and minimum temperature. It was concluded that the meteorological variables had a positive influence on the height and diameter increase of *T. vulgaris*, and precipitation was the variable that most contributed to predict tree growth. The planting of *T. vulgaris* may be indicated for regions with similar climate variations to this study.

Keywords: Climate changes; plants increment; seasonality; forestry.

3.1. Introdução

Sazonalidade é a primeira descrição do comportamento do sistema no tempo. A diferença no padrão sazonal de funcionamento de um sistema biológico, podendo ser mais ou menos estável, se deve tanto a fatores bióticos, quanto aos impactos ambientais. A Amazônia é um exemplo de ambiente de alta sazonalidade, com seu componente arbóreo-arbustivo diverso (SILVA et al., 2017).

O crescimento das árvores é definido pela composição genética da espécie e pode ser influenciado pelas características desta, interagindo com o ambiente. As influências ambientais incluem fatores climáticos (temperatura, precipitação, vento e exposição solar) (KANIESKI et al., 2012). Neste contexto, trabalhos vêm sendo realizados com o intuito de avaliar a influência das variáveis meteorológicas no crescimento das espécies tropicais e subtropicais. Muitos estudos relatam que a influência de variáveis meteorológicas (precipitação e temperatura média) no incremento em diâmetro de algumas espécies florestais apresentam correlações positivas (SOARES, & CRUZ, 2016).

O excesso ou insuficiência de água disponível no solo causa um decréscimo na taxa fotossintética refletindo na diminuição do crescimento das plantas. A influência da temperatura e precipitação sobre a distribuição e o crescimento das florestas é demonstrada pela alta correlação existente entre esses aspectos e as classificações climáticas, como as feitas por Merriam, Köppen e Thornthwaite (ZANON & FINGER, 2010).

A distribuição de povoamentos florestais está estreitamente relacionada com as condições microclimáticas de determinada região. Os elementos climáticos, como a temperatura, umidade relativa, precipitação, vento e exposição solar, podem influenciar o crescimento, o desenvolvimento e até mesmo a capacidade de sobrevivência das plantas (SANTOS NETO, 2014). Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das variáveis meteorológicas no incremento em altura e diâmetro de mudas de *Tachigali vulgaris* plantadas e adubadas com NPK.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Escola de Igarapé Açu - FEIGA da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, no município de Igarapé-açu, estado do Pará (Figura 17).

Localização da área de estudo

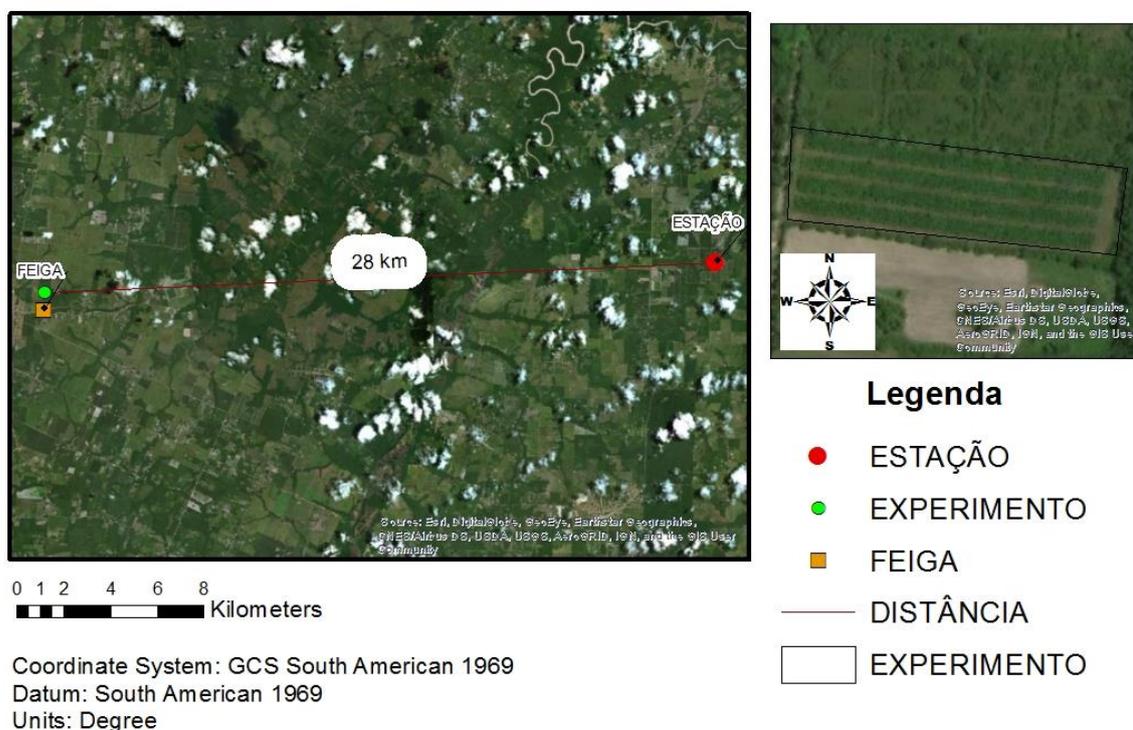


Figura 17: Mapa da área de estudo, com a distância entre o plantio e a estação meteorológica.

O município pertence à mesorregião do Nordeste Paraense e à microrregião Bragantina. A sede municipal tem as coordenadas geográficas: 01°07'33" de latitude Sul e 47°37'27" de longitude a Oeste de Greenwich. O clima do Município é do tipo Am pela classificação de Köppen (COSTA et al., 2013), com temperatura média em torno de 25°C durante todo o ano. A precipitação anual da região é elevada, atingindo 2.853 mm, com forte concentração nos meses de janeiro a junho e menos chuvoso de julho a dezembro. O solo predominante na região é o Latossolo amarelo (ROUSSEAU et al., 2014).

3.2.2. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos para este estudo foram obtidos na estação agroclimatológica da Embrapa Amazônia Oriental, localizada em Igarapé-Açu, PA, situada à latitude de 01°11'S, longitude de 047°35' W e altitude de 45 m, distante 28 km da área de estudo (Figura 17).

Os dados meteorológicos como temperatura do ar, Temperatura máxima e mínima, e precipitação foram analisados no período de março de 2016, quando foi realizado o plantio, a junho de 2018.

3.2.3. Delineamento experimental e avaliações

Um povoamento de *T. vulgaris* foi implantado em 2016, com as mudas plantadas no sentido Leste-Oeste. As mudas foram submetidas a diferentes níveis de adubação, que constituíram os tratamentos, que consistiram em duas doses de nitrogênio-N (0; 26,67g), duas doses de fósforo-P (0; 19,56g) e duas doses de potássio-K (0; 30g). Foram utilizadas as formulações comerciais de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio respectivamente, combinados segundo o fatorial fracionado 2^k , o que totaliza 8 tratamentos com 4 plantas e 4 repetições, sendo eles: T0 (Testemunha sem adubação); T1 (30 g de K); T2 (19,56g de P); T3 (19,56g de P + 30g de K); T4 (26,67g de N); T5 (26,67g de N + 30g de K); T6 (26,67g de N + 19,56g de P); T7 (26,67g de N + 19,56g de P + 30g de K). As adubações foram realizadas em 2016, logo após o plantio e repetidas doze meses depois em 2017.

Para acompanhar a periodicidade e a taxa de incremento em altura e diâmetro das plantas, fez-se medição a cada três meses durante o período de 2 anos, correspondendo aos meses de março de 2016 a março de 2017 no primeiro ano e de junho de 2017 a junho de 2018 no segundo ano, propiciando assim a análise trimestral do incremento em altura e diâmetro das plantas. As avaliações de diâmetro durante os dois anos foram divididas em duas formas de medição, devido às plantas só apresentarem DAP (diâmetro à altura do peito – diâmetro medido a 1,3 m do solo) mensurável, aos 15 meses de idade, que correspondeu à medição do mês de junho de 2017.

No primeiro ano o diâmetro foi medido à altura do coleto (DAC), utilizando-se um paquímetro digital, pois as alturas das plantas eram inferiores a 1,30 m (altura do DAP). Mas no segundo ano a medição do diâmetro foi feita ao DAP, utilizando-se fita diamétrica graduada em centímetros. A medição de altura total das plantas foi feita com régua graduada em centímetros. Calculou-se os incrementos periódicos trimestrais (IPT) do diâmetro e da altura das plantas, para expressar o crescimento de *T. vulgaris* a cada três meses.

$$IPT = Y(t + n) - Y_t$$

Onde: IPT = incremento periódico trimestral

Y = dimensão considerada

t = idade

n = período de tempo

3.2.4. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, e posterior análise estatística. Tendo a finalidade de verificar as associações entre as variáveis de crescimento de *T. vulgaris* e as variáveis climáticas, sendo feita uma análise estatística multivariada de Componentes Principais – PCA e correlação de Pearson. Para tanto utilizou-se o software R studio.

3.3. Resultados e discussão

Os resultados médios encontrados para o incremento periódico trimestral em altura do povoamento florestal de *T. vulgaris* demonstram (Tabela 8 e Figura 18) que a espécie manteve seu ritmo de crescimento até o mês de setembro de 2017 (94,4 cm média geral), quando foi registrado 76,3 milímetros de chuva, sendo o mesmo reduzido no trimestre seguinte (54,0 cm), o qual teve a menor precipitação observada durante o estudo, de 32,6 milímetros de chuva. Os resultados encontrados indicam que há proporcionalidade de forma gradativa para o incremento vertical das plantas e a precipitação, podendo inferir que o plantio apresentou boa elasticidade quanto às baixas precipitações, enquanto que a temperatura se mostrou estável ao longo dos anos, não tendo grande variação (Tabela 8), se mantendo dentro de um intervalo de aproximadamente 1°C.

Tabela 8: Incremento periódico trimestral em altura e diâmetro das plantas de *T. vulgaris* e as variáveis meteorológicas de temperatura média, máxima e mínima, e precipitação

Incrementos/ Tratamentos	2016			2017			2018		
	mar-jun	jun-set	set-dez	dez-mar	jun-set	set-dez	dez-mar	mar-jun	
Altura (cm)	0	18,7	37,1	23,3	43,8	77,1	44,4	57,7	76,6
	n:26,67	30,8	45,3	34,3	49,9	96,2	61,1	69,2	69
	p:19,56	19,6	42,9	26,8	48	82,3	47,8	66,3	65,7
	k:30	20,4	44,4	35	46,8	92,6	54,2	70,3	82
	n:26,67; p:19,56	30,7	47,5	32,8	53,4	94,6	55,9	75,3	76,4
	n:26,67; k:30	24,5	45,7	38,7	47	103,3	59,7	68,5	60,3
	p:19,56; k:30	21,3	44,9	41,1	52,6	108,1	54,4	80,2	78,8
	n:26,67; p:19,56; k:30	26,4	48,3	32,9	51,5	100,9	54,5	60,9	71,2
Média geral	24	44,5	33,1	49,1	94,4	54	68,6	72,5	
Diâmetro (cm)	0	0,36	1,09	0,78	0,82	1,05	0,73	1,2	0,97
	n:26,67	0,6	1,65	0,74	1,27	1,43	1,01	1,15	0,95
	p:19,56	0,38	1,47	0,63	1,01	1,44	0,69	1,04	0,93
	k:30	0,41	1,31	0,76	0,85	1,31	0,83	1,2	1
	n:26,67; p:19,56	0,54	1,71	0,82	1,2	1,45	0,75	1,01	0,9
	n:26,67; k:30	0,58	1,58	0,83	0,84	1,54	0,81	1,2	0,97
	p:19,56; k:30	0,49	1,45	0,89	1,3	1,82	0,86	1,4	1,09
	n:26,67; p:19,56; k:30	0,58	1,47	0,84	1,05	1,33	0,73	0,96	0,81
Média	0,49	1,47	0,79	1,04	1,42	0,8	1,15	0,95	
Variáveis meteorológicas	Temperatura-T. °C	27,7	27,5	28	27,5	28,7	28,6	27,5	27,3
	T. máxima °C	32,5	33	33,7	32	33,8	34,1	32	31,9
	T. mínima °C	23	22	22,3	23,1	23,6	23,1	22,9	22,8
	Precipitação (mm)	321,2	120,5	78,9	384,7	76,3	32,6	262,5	310,1

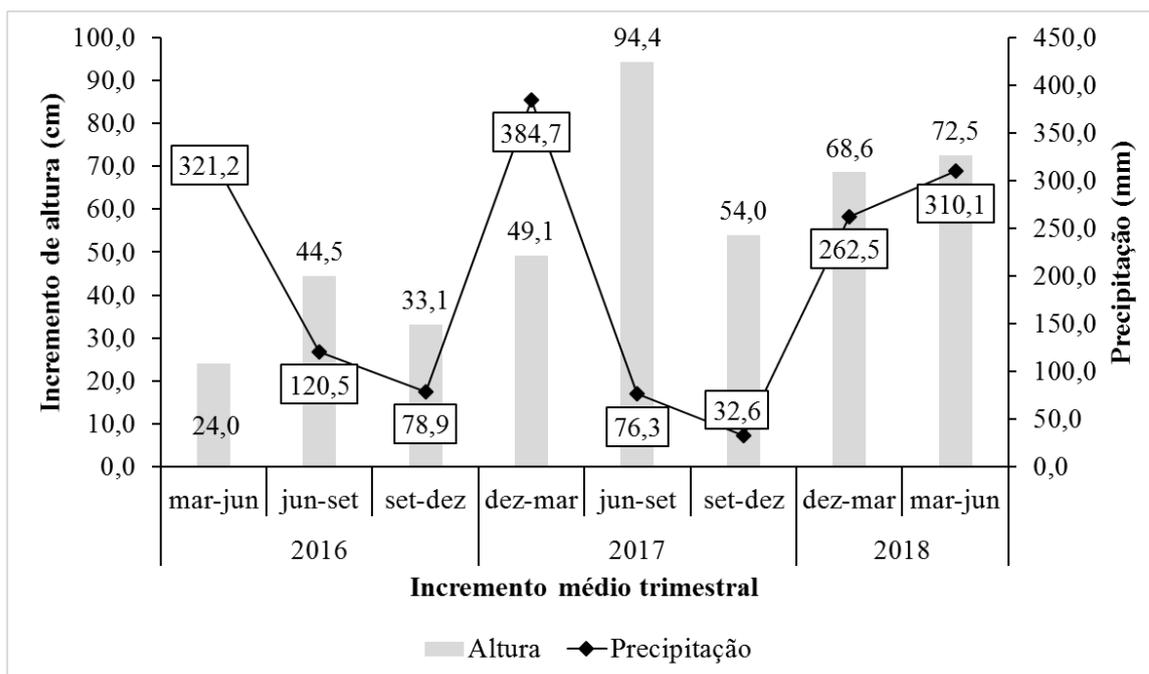


Figura 18: Media dos Incrementos periódicos trimestrais em altura das plantas de *T. vulgaris* e precipitação.

O máximo incremento periódico trimestral em altura ocorreu no trimestre de junho a setembro de 2017, onde os tratamentos com fertilização de nitrogênio + potássio, fosforo + potássio e NPK (nitrogênio, fosforo e potássio) apresentaram valores de 103,3; 108,1 e 100,9 cm, respectivamente (Tabela 8). E o segundo maior incremento do plantio correspondeu ao trimestre de março a junho de 2018, onde o tratamento sem adubação obteve acúmulo dendrométrico em altura similar ao com adição de nitrogênio mais potássio (76 cm). Esse ritmo de crescimento em altura está fora dos padrões esperados, visto que normalmente os maiores incrementos ocorrem no período chuvoso, o que não foi observado no presente estudo. Dias e Marengo (2016) avaliaram o efeito da sazonalidade das chuvas no crescimento das árvores de 28 espécies em floresta tropical de terra firme na Amazônia central e concluíram que a estação seca branda da região não é longa o suficiente para esgotar a água do solo, além do alcance do sistema radicular, o que permite que as árvores cresçam com taxas constantes ao longo do ano. No presente estudo, o crescimento também se manteve constante, não sendo nulo durante o período de avaliação.

Diferente do crescimento em altura, o maior incremento em diâmetro ocorreu no primeiro ano de plantio (2016), com 1,47 cm em junho-setembro (Tabela 8; Figura 19). O segundo maior incremento (1,42 cm) também ocorreu em junho-setembro, mas do ano

seguinte (2017). Nesse período também ocorreu o maior incremento em altura. A precipitação nesses períodos de maior incremento foi de apenas 120,5 mm em jun-set de 2016 e 76,3 mm em jun-set de 2017 (Figura 19).

Dentre os tratamentos com maiores médias de incremento, se destacam os com adição de nitrogênio + fósforo (1,71 cm), nitrogênio (1,65 cm) e nitrogênio + potássio (Tabela 8). Assim como para altura, a espécie apresentou boa elasticidade quanto aos baixos índices de precipitação. Segundo Sette JR et al. (2010), este resultado é explicado pela disponibilidade de água da estação de chuvas, armazenada nas camadas mais profundas do solo.

A redução do incremento em diâmetro e altura das árvores no trimestre de dezembro a março de 2017, apesar do alto nível de precipitação (384,7 mm), pode ser parcialmente atribuída ao maior número de dias nublados afetando a respiração e a translocação de nutrientes pelas raízes e a fotossíntese, com reflexo no incremento das variáveis dendrométricas. Em estudo de avaliação do crescimento em diâmetro do tronco de árvores de *Eucalyptus grandis* e sua relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral, Sette JR et al. (2010) concluíram que as variáveis climáticas influenciaram as taxas de crescimento, onde a maior pluviosidade provocou reduções de incrementos. Narducci et al. (2016) avaliaram o crescimento de *Sclerolobium paniculatum* e a relação entre a precipitação e o incremento diamétrico, em diferentes espaçamentos de plantio em latossolo amarelo distrófico com precipitação anual de 2500 mm, e chegaram à conclusão que a correlação entre a precipitação e o incremento em diâmetro foi de moderada a forte, o que mostra, segundo os autores, sensibilidade do crescimento desta espécie à disponibilidade de água. Entretanto, no presente estudo essa correlação não ocorreu.

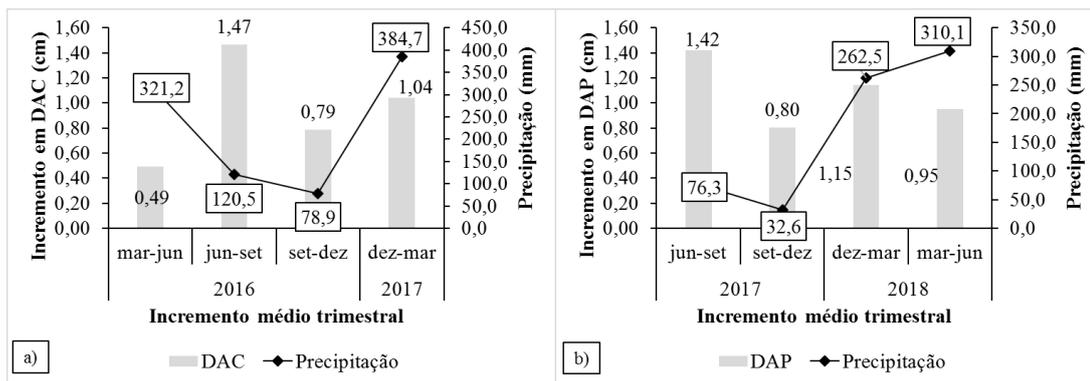


Figura 19: Incremento médio em diâmetro à altura do coleto – DAC (a), correspondente ao primeiro ano de plantio e diâmetro à altura do peito – DAP (b), correspondente ao segundo ano de plantio e a precipitação em todo o período estudado.

A análise de componente principal mostrou que os três primeiros fatores possuem autovalores, que correspondem a 46,5%, 27,4% e 20,1% da variância (Figura 20), explicada pelos autovalores do modelo, ou seja, explicam juntos 94% da variância total do crescimento da espécie, com uma estabilização da curva após a quarta componente. Assim, foram consideradas as três primeiras componentes, considerando que as outras componentes apresentam uma baixa explicação.

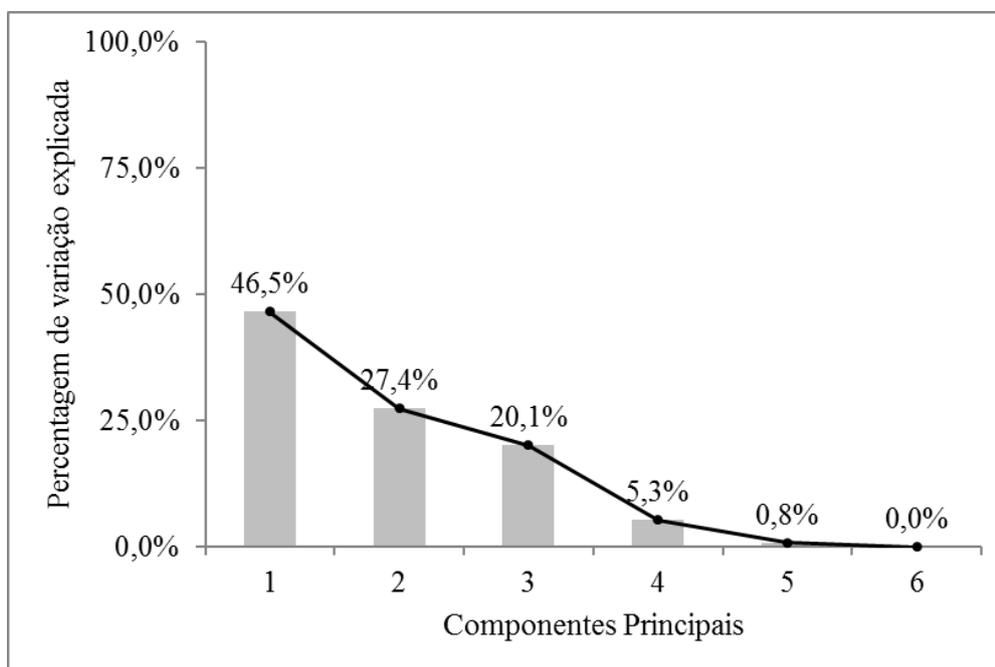


Figura 20: Resultado da análise de componentes principais das variáveis: altura, diâmetro, temperatura média, máxima e mínima, e precipitação.

O desdobramento de análise das duas primeiras componentes principais demonstra que as variáveis que mais contribuíram para explicar o desenvolvimento do povoamento da

espécie, correlacionado com as variáveis meteorológicas observadas neste estudo, foram as temperaturas média e máxima e a precipitação (Figura 21), seguidas da altura, diâmetro e temperatura mínima (Figura 22). Para a terceira componente principal somente a temperatura mínima contribuiu para explicar a variância dos dados (Tabela 9). Isto demonstra que a variação da temperatura e a quantidade de chuvas, foram as primeiras variáveis a predizer o desenvolvimento do plantio, seguidas dos indicadores dendrométricos. Segundo Mattos et al. (2015), a precipitação do ano anterior teve grande contribuição no posterior incremento em diâmetro de *Mimosa tenuiflora* em floresta tropical sazonalmente seca no Brasil. Toledo et al. (2011) observaram nas florestas de terras baixas da Bolívia, que o clima teve maior influência do que a fertilidade e textura do solo no crescimento das árvores. Segundo Santos et al. (2017), em locais onde há inventário para subsidiar o desenvolvimento e intervir nos plantios florestais, como a escolha de clones de maior produtividade por sítio, as informações das precipitações pluviométricas, juntamente com as análises das curvas de crescimento em diferentes tipos de solos, podem auxiliar na definição do clone mais adequado para determinada região.

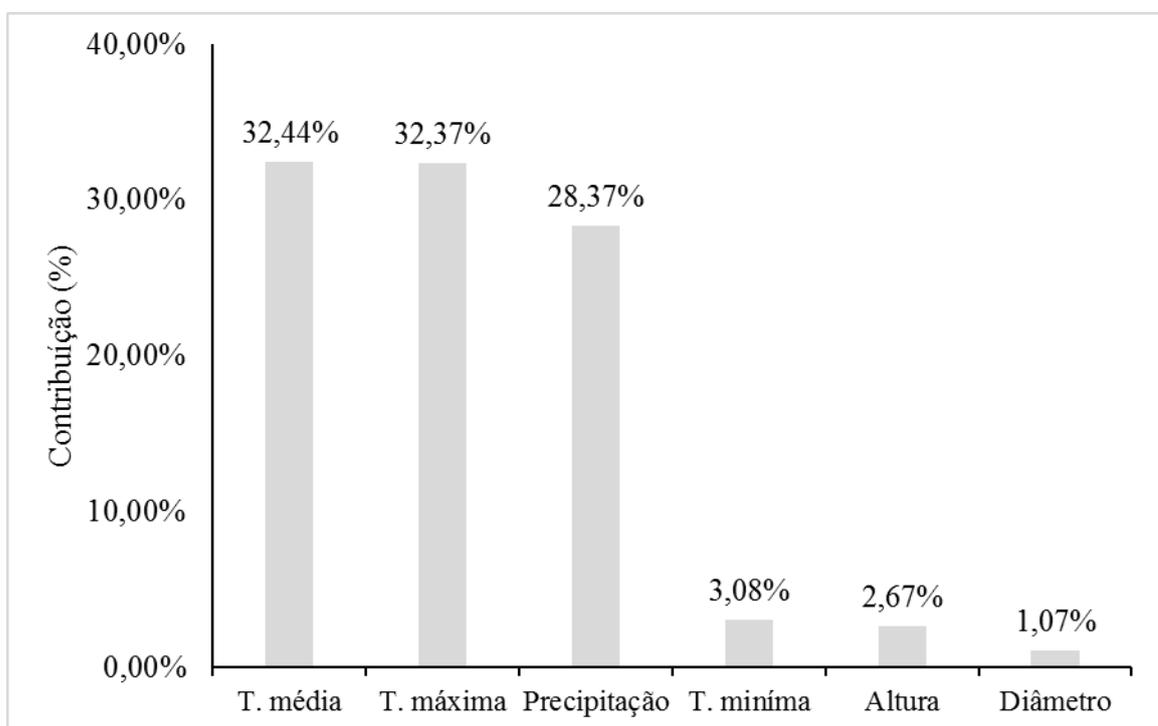


Figura 21: Contribuição das variáveis de altura, diâmetro, temperaturas média, máxima e mínima, e precipitação para a primeira componente principal.

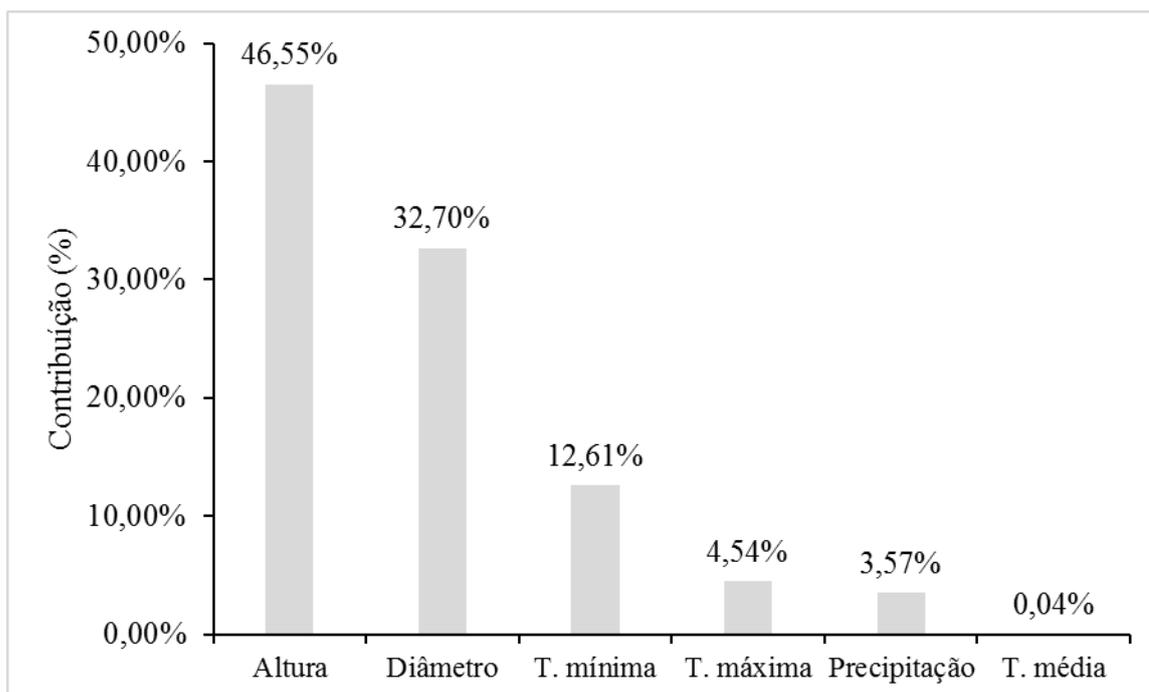


Figura 22: Contribuição das variáveis de altura, diâmetro, temperatura média, máxima e mínima, e precipitação para a segunda componente principal.

Tabela 9: Contribuição de cada variável para as três primeiras componentes principais

Variável	Componentes Principais		
	1	2	3
Altura	2,67%	46,55%	0,63%
Diâmetro	1,07%	32,70%	25,16%
Temperatura média	32,44%	0,04%	7,03%
Temperatura máxima	32,37%	4,54%	0,90%
Temperatura mínima	3,08%	12,61%	56,74%
Precipitação	28,37%	3,57%	9,53%

No diagrama de ordenação das variáveis originais das seis componentes principais, pode-se observar que algumas variáveis dendrométricas e climáticas estão sobrepostas (lado direito do círculo), o que demonstra que estas possuem representatividade semelhante (Figura 23). Pode-se observar, ainda, que as variáveis ambientais estão próximas ao círculo unitário, denotando uma forte relação com o incremento em altura e diâmetro. Segundo Moraes et al. (2017), *T. vulgaris* apresenta estratégias ao estresse hídrico, que é ligado com aumento da temperatura foliar. Isso promove a elevação das taxas de transpiração foliar, servindo como uma estratégia utilizada para reduzir a temperatura foliar, evitando danos em função do aquecimento exagerado do aparato fotossintético, pois o processo de evaporação da molécula

da água pelas plantas ocasiona uma substancial perda de calor e constitui um dos meios mais importantes que elas dispõem para regular a temperatura. Isso está de acordo com os resultados encontrados no presente estudo, onde a precipitação e temperaturas máxima e média influenciaram fortemente os incrementos dendrométricos de *T. vulgaris*.

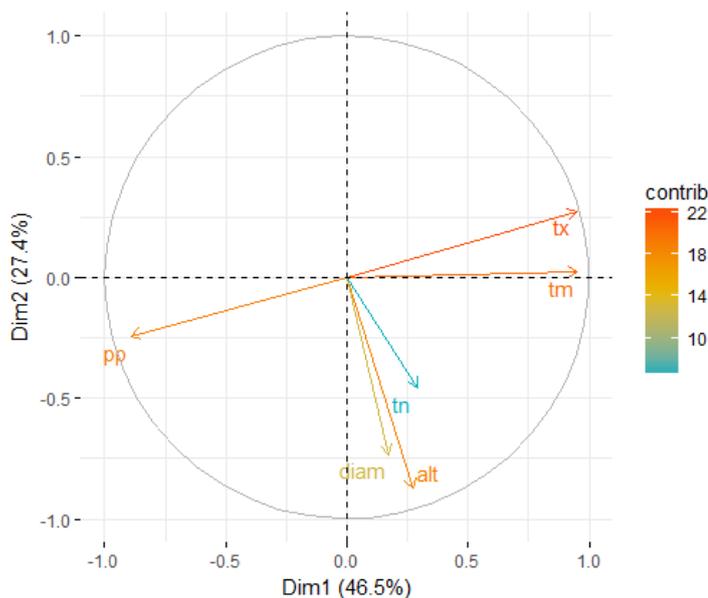


Figura 23: Diagrama de ordenação das variáveis originais das seis componentes principais.

A correlação de Pearson mostrou que as variáveis que mais se correlacionaram foram a precipitação com as temperaturas média e máxima, com valores de correlação próximos a 1 (100%) (Tabela 10). As variáveis de altura e diâmetro tiveram de baixa ($R=0,3$) a moderada ($R=0,6$) correlação com a precipitação. Em plantio de *T. vulgaris* com espaçamento (4 x 2 m), Narducci et al. (2016) também observaram correlação próxima de 0,6 entre a precipitação e o incremento em diâmetro.

Tabela 10: Matriz de correlação de Pearson para as variáveis estudadas

Matriz de correlação de Pearson						
Variáveis	Altura	Diâmetro	T. média	T. máxima	T. mínima	Precipitação
Altura	1					
Diâmetro	,	1				
T. média	-	-	1			
T. máxima	-	-	B	1		
T. mínima	-	.	.	-	1	
Precipitação	-	.	*	B	-	1
Legenda	“-“ 0,3	“.” 0,6	“,” 0,8	“*” 0,95	“B” 1	

Legenda: “-“ 0,3; “.” 0,6; “,” 0,8; “*” 0,95; “B” 1, nível de correlação.

Soares e Cruz (2016), avaliaram a influência de variáveis meteorológicas no crescimento em diâmetro e em altura de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*), por meio da análise de correlação de Pearson, e encontraram correlações positivas, apresentando relação diretamente proporcional entre as variáveis meteorológicas e os incrementos em diâmetro e altura das árvores da espécie. Em estudo da relação das variáveis meteorológicas com o crescimento de árvores plantadas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, verificou-se que o aumento da precipitação influí positivamente no incremento em diâmetro (ZANON & FINGER 2010), o que corrobora com os resultados do presente estudo.

3.4. Conclusão

A precipitação foi a variável climática que mais influenciou positivamente no incremento em altura e diâmetro das plantas de *T. vulgaris*. Podendo se indicar o plantio de *T. vulgaris* para regiões com variações de clima similares a este estudo.

Referências

- COSTA, C. F. G.; FIGUEIREDO, R. de O.; OLIVEIRA, F. de A.; SANTOS, I. P. de O. Escoamento superficial em Latossolo Amarelo distrófico típico sob diferentes agroecossistemas no nordeste paraense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 162-169, 2013.
- DIAS, D. P.; MARENCO R. A. Tree growth, wood and bark water content of 28 Amazonian tree species in response to variations in rainfall and wood density. **iForest**, v. 9, p. 445-451, 2016.
- KANIESKI, M. R.; SANTOS, T. L.; GRAF NETO, J.; SOUZA, T.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V. Influência da Precipitação e da Temperatura no Incremento Diamétrico de Espécies Florestais Aluviais em Araucária-PR. **Floresta e Ambiente**, v.19, n.1, p. 17-25, 2012.
- MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; DOMENE, V. D.; SAMPAIO E. V. de S. B.; GASSON, P.; PAREYN, F. G. C.; ALVAREZ, I. A.; BARACAT, A.; ARAÚJO, E. de L. climate-tree growth relationships of *Mimosa tenuiflora* in seasonally dry tropical forest, brazil. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 141-149, 2015.
- MORAIS, R. R.; ROSSI L. M. B.; HIGA, R. C. V. Trocas gasosas de plantas jovens de tachi-branco submetidas à variação de temperatura foliar e suspensão da irrigação. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 97-104, 2017.
- NARDUCCI, T. S.; YARED, J. A. G.; BRIENZA JUNIOR, S. Growth and survival of *Sclerolobium paniculatum* Vogel AND the relationship between rainfall and the increment in diameter at different planting spacings. **Revista Árvore**, v. 40, n. 3, p. 447-454, 2016.
- ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. dos S.; CELENTANO, D.; CARVALHO, C. J. R. de. Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v.44, n.4, p.499-512, 2014.
- SANTOS NETO, A. P. **Crescimento inicial de mogno africano (*Khaya* spp.) sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica**. 2014. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo. 2014.

- SANTOS, A. C. A.; SILVA, S.; LEITE, H. G.; CRUZ, J. P. da. Influência da variabilidade edafoclimática no crescimento de clones de eucalipto no Nordeste baiano. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 37, n. 91, p. 259-268, 2017.
- SETTE JR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. dos S.; LACLAU, J. P. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. HILL. EX. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p.979-990, 2010.
- SILVA, S. B.; SOUSA, V. C.; SANTOS, C. M.; MARIANO, D. C.; OKUMURA, R. S. Levantamento florístico do componente arbustivo-arbóreo da vegetação ciliar de fragmento no rio Parauapebas. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 1, p. 99-115, 2017.
- SOARES, T. S. & CRUZ, E. S. Influência de variáveis meteorológicas no crescimento em diâmetro e altura de *Schizolobium parahyba* var. amazonicum. **Revista Univap**. v. 22, n. 40, Edição Especial 2016.
- TOLEDO, M; POORTER, L.; PEÑA-CLAROS, M.; ALARCÓN, A.; BALCÁZAR, J.; LEAÑO, C.; LICONA, J. C.; LLANQUE, O.; VROOMANS, V.; ZUIDEMA, P.; BONGERS, F. Climate is a stronger driver of tree and forest growth rates than soil and disturbance. **Journal of Ecology**, v. 99, n. 1, p. 254-264, 2011.
- ZANON, M. L. B; FINGER C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 467-476, 2010.