



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

ADÉLIA RIBEIRO FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE TECA (*Tectona grandis*) EM RESPOSTA À
FERTILIZAÇÃO COM NPK EM DIFERENTES CONDIÇÕES
EDAFOCLIMÁTICAS NO ESTADO DO PARÁ**

**BELÉM - PARÁ
AGOSTO - 2015**

ADÉLIA RIBEIRO FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE TECA (*Tectona grandis*) EM RESPOSTA À
FERTILIZAÇÃO COM NPK EM DIFERENTES CONDIÇÕES
EDAFOCLIMÁTICAS NO ESTADO DO PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental como parte das exigências para a obtenção de grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e dinâmica sócioambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Ecossistemas amazônicos e dinâmicas sócio-ambientais.

Orientador: Silvio Brienza Júnior

BELÉM
2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) Sistema de
Bibliotecas da UFPA

Ferreira, Adélia Ribeiro, 1979-

Desenvolvimento inicial de teca (*tectona grandis*) em resposta à fertilização com npk em diferentes condições edafoclimáticas no estado do Pará / Adélia Ribeiro Ferreira. - 2015.

Orientador: Silvio Brienza Júnior.

Dissertação (Mestrado) – Universidade

Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2015.

1. Florestas – Pará. 2. Plantas – Efeito dos minerais - Pará.
3. Plantas – Nutrição. 4. Florestas – Reprodução - Pará. 5.
Reflorestamento - Pará. I. Título.

CDD 22. ed. 634.95098115

ADÉLIA RIBEIRO FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE TECA (*Tectona grandis*) EM RESPOSTA À
FERTILIZAÇÃO COM NPK EM DIFERENTES CONDIÇÕES
EDAFOCLIMÁTICAS NO ESTADO DO PARÁ**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA – Amazônia Oriental. Área de Ecossistemas Amazônicos e Dinâmica Sócio-Ambientais.
Orientador: Dr. Silvio Brienza Junior

Data de aprovação: 31 / 08 / 2015

Banca Examinadora:



Orientador

Prof. Dr. Silvio Brienza Junior
Doutor em Agricultura Tropical
EMBRAPA –Amazônia Oriental



Prof. Dr. Jessivaldo Rodrigues Galvão
Doutor em Ciências Agrárias
Universidade Federal Rural da Amazônia



Prof. Dr. Steel Silva Vasconcelos
Doutor em Recursos e Conservação Florestais
EMBRAPA – Amazônia Oriental



Prof. Dr. Everaldo Barreiros de Souza
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Aos meus pais José Evangelista Ferreira e Raimunda Costa Ribeiro pela educação e ensinamentos, e aos meus irmãos Áurea, Benjamim e Margarida pelo apoio e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as bênçãos e proteção e por me permitir realizar este sonho.

Aos meus pais pela educação e ensinamentos e aos meus irmãos pelo apoio e compreensão.

Ao meu noivo pelo companheirismo, dedicação e compreensão.

Aos meus amigos, pelo apoio e força nas horas em que mais precisei.

Ao meu orientador Dr. Silvio Brienza Júnior pela confiança, orientação e oportunidade de realizar este trabalho.

As amigas Vanessa Sousa e Mari Barbosa pelo apoio e valiosas orientações.

Aos estagiários Arllen, Stephane, Yuki, Andressa e Alberto, pelos valiosos apoios nas coletas de dados.

Ao Projeto Restauração e Produção de Florestas Sustentáveis para o Estado do Pará (Rede Restaura Ambientes), pelo apoio na realização deste trabalho.

A empresa Pampa Exportações Ltda, que cedeu a propriedade Fazenda Pampa para instalação do experimento, ajudantes e infra-estrutura para coleta de campo.

A empresa Floresteca Brasil Ltda, que cedeu a propriedade Fazenda Santa Marta do Inajá para instalação do experimento, ajudantes e infra-estrutura para coleta de campo.

A minha amiga Nilma Josy pela ajuda na confecção do mapa e ao INMET pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

A Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental, por esta grandiosa oportunidade para realização do mestrado em Ciências Ambientais.

RESUMO

As áreas destinadas para reflorestamento, em geral, possuem baixa fertilidade, exigindo, portanto, o emprego de uma adubação balanceada, de forma a propiciar níveis de nutrientes compatíveis com as espécies. Para tanto, é necessário o estabelecimento de valores de referência mais precisos para a recomendação de fertilização de espécies florestais. Como estudos publicados sobre a adubação de teca em condições de campo são bastante escassos, este trabalho visa avaliar a influência de fertilizações com N, P e K e de fatores climáticos no crescimento de teca, em diferentes condições edafoclimáticas do estado do Pará. O teste de adubação constituiu-se de um experimento fatorial com doses de N e K aplicadas em teca no município de Vigia e de Santa Maria das Barreiras, em delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, em arranjo fatorial 4 x 2, sendo quatro doses de nitrogênio e duas doses de potássio, totalizando oito tratamentos e 24 parcelas experimentais. E outro experimento fatorial com doses de P e N aplicadas em teca nos municípios de Vigia e Santa Maria das Barreiras, com delineamento em blocos casualizados e três repetições em arranjo fatorial 4 x 2, sendo quatro doses de fósforo e duas doses de nitrogênio, totalizando oito tratamentos e 24 parcelas experimentais. O crescimento em H e DAP de teca submetida às doses de N e K no município de Vigia e Santa Maria das Barreiras, aos 30 meses de idade, não foi influenciado significativamente pelo fatorial N x K, não ocorrendo o aumento nestas duas variáveis com a elevação das doses de N e K aplicadas ao solo. Nas condições edafoclimáticas estudadas do município de Vigia, o crescimento máximo em H foi alcançado com as doses de 80 g de N e 138,5 g de P planta⁻¹, e o crescimento máximo em DAP foi alcançado com as doses de 80 g de N e 206 g de P planta⁻¹, enquanto que nas condições edafoclimáticas estudadas do município de Santa Maria das Barreiras, o crescimento máximo em H foi alcançado com as doses de 40 g de N e 140,62 g de P planta⁻¹, e o crescimento máximo em DAP foi alcançado com as doses de 40 g de N e 161,25 g de P planta⁻¹. O IPDAP apresentou relação com a sazonalidade da precipitação, com os maiores valores de IPDAP ocorrendo no período chuvoso e os menores valores ocorrendo no período menos chuvoso.

Palavras-chave: Silvicultura. Nutrição mineral. Recuperação de áreas alteradas.

ABSTRACT

The areas headed for reforestation generally have low fertility, and then they demand a balanced fertilizing to provide levels of compatible nutrients according to each species. Therefore it is necessary the property value of reference more accurate to the fertilization recommendation of forest species. The studies published about teak fertilization under field conditions are so scarce, this paper aims to evaluate the influence fertilization with N, P and K of climatic factors in the growth of the teak, in different soil conditions of Para state. The fertilization test constitutes of a factorial experiment with dose of N and K applied on teak at the Vigia and Santa Maria das Barreiras cities, in experimental design in randomized blocks with three repetitions, in factorial arrangement 4 x 2 m, it is four doses of nitrogen and two of potassium, totaling eight treatments and 24 experimental plots. And other factorial experiment with doses of P and N applied in teak at the Vigia and Santa Maria de Barreiras cities, with design in randomized blocks and three repetitions in factorial arrangements 4 x 2 m, it is four doses of phosphorus and two doses of nitrogen, totaling eight treatments and 24 experimental plots. The growth in H and DAP of teak submitted to doses of N and K at Vigia and Santa Maria das Barreiras cities, to 30 months of age, It was not significantly influenced by N x K factor, it is not happened the growth on these two variables owing to elevation of N x K doses applied in soil. At the soil conditions studied at Vigia city, the maximum growth in H was achieved with doses of 80 g of N and 138,5 g of P plant⁻¹, and the maximum growth in DAP was achieved with doses of 80g of N and 206 g of P plant⁻¹, while the soil conditions studied at Santa Maria das Barreiras city, the maximum growth in H was achieved with doses of 40 g of N and 140,62 g of P plant⁻¹, and the maximum growth in DAP was achieved with doses of 40 g of N and 161,25 g of P plant⁻¹. The IPDAP showed a relationship between the precipitation seasonality with the high values of IPDAP happened on the rainy period and lower values happened on the less rainy period.

Key-Words: Silviculture. Mineral Nutrition. Recovery of degraded areas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Localização dos municípios de Vigia e Santa Maria das Barreiras, no estado do Pará.....	32
Figura 02	Layout do sistema de plantio de teca para experimento NK e PN, replicados nos município de Vigia e Santa Maria das Barreiras – PA....	38
Figura 03	Layout da parcela de 20 plantas com as seis plantas úteis medidas.....	39
Figura 04	Altura de teca em resposta às doses de K no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	52
Figura 05	Diâmetro à altura do peito de teca em resposta às doses de K no município de Santa Maria das Barreiras - Pa.....	54
Figura 06	Altura das plantas de teca, em resposta às doses de P e N, aos 30 meses de idade, em condições de campo no município de Vigia - PA. R ² coeficiente de determinação.....	58
Figura 07	Diâmetro à altura do peito médio das plantas de teca, em resposta às doses de P e N, aos 30 meses de idade, em condições de no município de Vigia - PA. R ² coeficiente de determinação.....	61
Figura 08	Altura das plantas de teca, aos 30 meses, em resposta às doses de P e N, no município de Santa Maria das Barreiras - PA. R ² coeficiente de determinação.....	63
Figura 09	Diâmetro à altura do peito das plantas de teca, aos 30 meses, em resposta às doses de PN, no município de Santa Maria das Barreiras-Pa. R ² coeficiente de determinação.....	66
Figura 10	Incremento periódico semestral em altura de teca em função das doses de nitrogênio (N) e potássio (K), dos 12 aos 30 meses de idade, e distribuição pluviométrica (mm) do período de avaliação do experimento (março de 2012 a setembro de 2014), no município de Santa Maria das Barreiras-PA.....	69
Figura 11	Incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito de teca em função das doses de nitrogênio (N) e potássio (K), dos 18 aos 30 meses de idade, e distribuição pluviométrica (mm) do período de avaliação do experimento (de março de 2012 a setembro de 2014), no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	71
Figura 12	Incremento periódico semestral em altura total de teca em função das doses de fósforo (P) e nitrogênio (N), dos 12 aos 30 meses de idade, e distribuição pluviométrica (mm) do período de avaliação do experimento (março de 2012 a setembro de 2014), no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	73
Figura 13	Incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito de teca em função das doses de fósforo (P) e nitrogênio (N), dos 18 aos 30 meses de idade, e distribuição pluviométrica (mm) do período de avaliação do experimento (março de 2012 a setembro de 2014), no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Características químicas e físicas das amostras dos solos estudados nos municípios de Vigia e Santa Maria das Barreiras – PA.....	35
Tabela 02	Doses de nitrogênio (N) e potássio (K) aplicados por planta segundo o nível de cada elemento.....	39
Tabela 03	Doses de P e N aplicados por planta, segundo o nível de cada elemento.....	40
Tabela 04	Análise de variância para o fatorial nitrogênio (N) x potássio (K) para altura e diâmetro à altura do peito de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo, no espaçamento 4 m x 4 m, no município de Vigia – PA.....	43
Tabela 05	Análise de variância para o fatorial nitrogênio (N) x potássio (K) para altura e diâmetro à altura do peito de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo, no espaçamento 4 m x 4 m, no município de Santa Maria das Barreiras-Pa.....	49
Tabela 06	Análise de variância para o fatorial fósforo (P) x nitrogênio (N) para altura total (H) e diâmetro à altura do peito (DAP) de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo no espaçamento 4 m x 4 m, no município de Vigia – PA.....	55
Tabela 07	Análise de variância para o fatorial fósforo (P) x nitrogênio (N) para altura e diâmetro à altura do peito de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo, no espaçamento 4 m x 4 m, no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	61
Tabela 08	Equações de regressão ajustadas para altura e diâmetro à altura do peito de teca em função das doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) aplicadas nos municípios de Vigia e Santa Maria das Barreiras, aos 30 meses de idade, no estado do Pará.....	66
Tabela 09	Incremento periódico semestral em altura de teca em função das doses de nitrogênio (N) e potássio (K) e da idade, ordenados segundo o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	68
Tabela 10	Correlação de Pearson entre incremento periódico semestral em altura de teca submetida às doses de nitrogênio (N) e potássio (K) e precipitação acumulada dos períodos avaliados, no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	70
Tabela 11	Incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito de teca em função das doses de nitrogênio (N) e potássio (K) e da idade, ordenados segundo o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	71
Tabela 12	Correlação de Pearson entre incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito de teca submetida às doses de nitrogênio (N) e potássio (K), e precipitação acumulada dos períodos avaliados, no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	72
Tabela 13	Incremento periódico semestral em altura de teca em função das doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) e da idade, ordenados segundo o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	73

Tabela 14	Correlação de Pearson entre incremento periódico semestral em altura de teca submetida à doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) e a precipitação acumulada dos períodos avaliados, no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	74
Tabela 15	Incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito de teca em função das doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) e da idade, ordenados segundo o teste de Tukey ($\alpha =0,05$), no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	75
Tabela 16	Correlação de Pearson entre incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito de teca submetida às doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) e a precipitação acumulada dos períodos avaliados, no município de Santa Maria das Barreiras – PA.....	76

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	HIPÓTESE(S)	15
3	OBJETIVOS	16
3.1	OBJETIVO GERAL	16
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
4.1	REFLORESTAMENTO COMO ALTERNATIVA PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS ALTERADAS E DEGRADADAS.....	17
4.2	NUTRIÇÃO E FERTILIZAÇÃO FLORESTAL.....	18
4.3	RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES.....	20
4.4	INFLUÊNCIA DE FATORES EDAFOCLIMÁTICOS NO CRESCIMENTO DAS PLANTAS E NA RESPOSTA À FERTILIZAÇÃO.....	21
4.5	CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO PARÁ.....	23
4.6	CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DO ESTADO DO PARÁ.....	25
4.7	CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE ESTUDADA.....	26
4.7.1	Taxonomia	26
4.7.2	Origem e distribuição geográfica	27
4.7.3	Ecologia e comportamento da espécie	27
4.7.4	Características botânicas	27
4.7.5	Características da madeira e principais usos	28
4.7.6	Importância	29
4.7.7	Requisitos climáticos	30
4.7.8	Requisitos edáficos	30
4.7.9	Requerimentos nutricionais	31
5	MATERIAIS E MÉTODOS	32
5.1	ÁREAS DE ESTUDO.....	32
5.2	DESCRIÇÃO DE CLIMA E SOLO DOS MUNICÍPIOS.....	33
5.2.1	Vigia	33
5.2.2	Santa Maria das Barreiras	33
5.3	LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	34
5.4	ANÁLISE DE SOLO.....	34
5.5	PREPARO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	35
5.6	PLANTIO.....	36
5.7	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	36
5.7.1	Experimento de Nitrogênio e Potássio	39
5.7.2	Experimento de Fósforo e Nitrogênio	40
5.8	DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS SILVICULTURAIS.....	40
5.9	DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO.....	41
5.10	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	42
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6.1	TESTE DE ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM TECA NO MUNICÍPIO DE VIGIA.....	43
6.1.1	Altura	43
6.1.2	Diâmetro à altura do peito	46
6.2	TESTE DE ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM TECA NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DAS BARREIRAS.....	49

6.2.1	Altura	49
6.2.2	Diâmetro à altura do peito	52
6.3	TESTE DE ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E NITROGÊNIO EM TECA NO MUNICÍPIO DE VIGIA.....	55
6.3.1	Altura	55
6.3.2	Diâmetro à altura do peito	58
6.4	TESTE DE ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E NITROGÊNIO EM TECA NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DAS BARREIRAS.....	61
6.4.1	Altura	61
6.4.2	Diâmetro à altura do peito	62
6.5	COMPARAÇÃO ENTRE TECA DO MUNICÍPIO DE VIGIA E DE SANTA MARIA DAS BARREIRAS.....	67
6.6	INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NO INCREMENTO DE TECA SUBMETIDA A DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DAS BARREIRAS – PA.....	68
6.6.1	Correlação entre Incremento periódico semestral em altura e precipitação	68
6.6.2	Correlação entre Incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito e precipitação	70
6.7	INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NO INCREMENTO DE TECA SUBMETIDA A DOSES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DAS BARREIRAS.....	72
6.7.1	Correlação entre Incremento periódico semestral em altura e precipitação	72
6.7.2	Correlação entre Incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito e precipitação	74
7	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	78
	ANEXOS	91
	ANEXO A: Plantio de teca no município de Vigia - PA	92
	ANEXO B: Plantio de teca no município de Santa Maria das Barreiras – PA	92
	ANEXO C: Plantio de teca	93
	ANEXO D: Adubação de teca	93

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia tem sido alvo de atividades promotoras de desmatamento, impulsionado por fatores como, a exploração ilegal de madeira, especulação de terras, pecuária extensiva e produção de grãos. (MONTEIRO, 2013; MARGULIS, 2003; FEARNSSIDE, 2003). Sobram na Amazônia uma grande área alterada e desmatada, que se encontra completamente subutilizada (IPAM, 2013).

O desmatamento causa graves consequências ao meio ambiente, tais como, redução de biodiversidade, da ciclagem d'água, da ciclagem de nutrientes e do estoque de carbono (FEARNSSIDE, 1997; FEARNSSIDE, 2006); contribui para a exposição do solo à erosão, para a redução da fertilidade do solo e assoreamento de cursos d'água (CARVALHO, 2013). Somam-se a isso o aumento da emissão de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases responsáveis pelo efeito estufa e aquecimento global (SILVA, 2001; SOARES FILHO, 2005; FEARNSSIDE, 2006; FEARNSSIDE, 2003; TNC, 2013).

Nesse contexto, a reincorporação ao processo produtivo, das áreas alteradas, com o reflorestamento de espécies tropicais de valor comercial é uma alternativa para minimizar os impactos ambientais, com benefícios ecológicos, aumento da oferta de madeira, diminuição da pressão sobre as florestas naturais remanescentes e minimização dos danos ambientais, como perdas de solo, água e nutrientes (BRIENZA JÚNIOR, 2008; VIEGAS, 2007).

Dessa forma, pesquisas vêm sendo desenvolvidas na Amazônia com espécies florestais em diferentes sistemas de produção, com o objetivo de indicação para recuperação de áreas alteradas e degradadas (YARED, 1988; KANASHIRO; YARED, 1991; SABOGAL *et al.*, 2006; BRIENZA JUNIOR *et al.*, 2008). Uma das espécies estudadas é teca (*Tectona grandis*), nativa das florestas tropicais do continente asiático, e uma das espécies florestais mais plantadas nos países tropicais por apresentar uma das madeiras mais valiosas e apreciadas no mundo (FAVARE, 2013; PELISSARI, 2014).

Os principais fatores que interferem no crescimento das plantas em projetos de reflorestamento estão relacionados com as condições do ambiente, que compreendem os fatores climáticos, edáficos, topográficos e competição onde são plantadas (BARBOSA, 2010; LAMPRECHT, 1990; ROCHA, 2008). Dos fatores edáficos, a nutrição apresenta maior facilidade de manipulação em plantações florestais, podendo ser manejada através de práticas de fertilização (SILVA, 2011). O bom desenvolvimento das culturas

exige um equilíbrio adequado dos nutrientes no solo (LOPES, 1989). A nutrição inadequada tem como consequência o menor crescimento das árvores já nos estádios iniciais, até a idade de corte, com perdas na produtividade final (ROCHA, 2008).

A maior parte dos solos agricultáveis na região amazônica apresentam baixa fertilidade (MADARI *et al*, 2009), dessa forma, de modo geral, as áreas destinadas para reflorestamento possuem baixa fertilidade, exigindo, portanto, o emprego de uma adubação balanceada, de forma a propiciar níveis de macro e micronutrientes compatíveis com a espécie (PAIVA *et al.*, 2001). Para tanto, é necessário o estabelecimento de valores de referência mais precisos para a recomendação de fertilização, visando maior produção e máxima eficiência econômica (SANTOS *et al.*, 2002).

A curto prazo, a fertilização é um dos principais meios para se obter ganhos de produtividade, mas dentro de certos limites (PAIVA *et al.*, 2001), pois deve-se levar em consideração as condições climáticas, que também influenciam no crescimento e produção das espécies florestais. Dos fatores climáticos, a precipitação é um dos fatores que podem comprometer a sobrevivência e o crescimento das plantas, pois está diretamente relacionada com a disponibilidade de água no solo e sua redução pode afetar drasticamente o metabolismo e crescimento das plantas. Assim o entendimento sobre condições climáticas ideais para o cultivo de espécies florestais são importantes para programas de reflorestamento e recuperação de áreas alteradas e degradadas.

Estudos publicados sobre a adubação de plantações de teca em condições de campo são bastante escassos (FAVARE, 2013; VIEIRA *et al*, 2011), se fazendo de fundamental importância a realização de pesquisas envolvendo a adubação de teca em diferentes condições edafoclimáticas, visando o entendimento das relações solo-planta-atmosfera e possibilitando a formulação de recomendações adequadas de doses de nutrientes para as variadas condições de cultivo da espécie.

2 HIPÓTESE(S)

A espécie florestal teca responde positivamente em crescimento à fertilização com fósforo (P) e nitrogênio (N), havendo interação positiva entre estes nutrientes, e existindo doses de P e N em que a espécie apresenta crescimento máximo, que podem variar de acordo com as condições edafoclimáticas locais.

A espécie florestal teca responde positivamente em crescimento à fertilização com nitrogênio (N) e potássio (K), havendo interação positiva entre estes nutrientes, e existindo doses de N e K em que a espécie apresenta crescimento máximo, que podem variar de acordo com as condições edafoclimáticas locais.

Espera-se que o incremento em altura e em diâmetro à altura do peito de teca acompanhem a variação da precipitação ao longo do ano e que haja evidências de correlação entre os incrementos e a precipitação local.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência de fertilizações com NPK e de fatores climáticos no crescimento de teca (*Tectona grandis*), em diferentes condições edafoclimáticas do estado do Pará e contribuir com a definição de técnicas de manejo para o estabelecimento de plantações de espécies florestais empregadas no reflorestamento e recuperação de áreas alteradas e degradadas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar a influência de fertilizações com NPK no crescimento em altura e diâmetro à altura do peito de teca, aos 30 meses de idade, em duas condições edafoclimáticas no estado do Pará.
2. Determinar as doses de NPK necessárias para o crescimento máximo das plantas de teca, aos 30 meses de idade, em duas condições edafoclimáticas no estado do Pará.
3. Verificar a influência da precipitação no incremento em altura e diâmetro à altura do peito de teca, nos períodos de maior e menor precipitação, durante 30 meses, no município de Santa Maria das Barreiras – PA.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 REFLORESTAMENTO COMO ALTERNATIVA PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS ALTERADAS E DEGRADADAS

O Pará é um dos líderes de desmatamento da Amazônia (WHATELY, 2013). Estimativas do INPE calculam que até 2012, 22,28% das florestas no estado foram desmatadas (INPE, 2012; WHATELY, 2013). O estado possui cerca de 20% de áreas alteradas, o que equivale a 25 milhões de hectares e muitas dessas áreas se encontram subutilizadas ou improdutivas (CARVALHO, 2013) e com algum nível de degradação (ALMEIDA, 2008).

O desmatamento e uso intensivo da terra produzem um imenso “passivo ambiental” ao longo do tempo, que na atualidade precisa ser recuperado, senão por razões ambientais, mas por que a legislação assim determina. O proprietário rural está legalmente obrigado a recompor os solos e os ecossistemas degradados em suas terras, como é o caso da recomposição das “florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente” localizada nas Áreas de Preservação Permanente” (APPs), bem como da vegetação natural que deveria ser mantida no que a lei denomina de “Reserva Legal”. Assim, sempre que não mais exista, mesmo que apenas parcialmente, a vegetação natural que deveria cobrir as APPs e a RL, diz-se que aquela é uma área degradada. Nesses casos, impõe-se a obrigatoriedade de recompor a vegetação com vistas à restauração do ecossistema e de suas funções ambientais (AHRENS, 2005).

As áreas alteradas na Amazônia brasileira ocupam expressiva proporção do território. A reincorporação dessas áreas ao processo produtivo, a partir de plantações florestais, pode contribuir significativamente para o aumento da oferta de madeira de elevado valor econômico, para a diminuição da pressão sobre as florestas nativas, minimização de danos ambientais decorrentes de aumento na emissão de gases de efeito estufa, além da biodiversidade que deve ser considerada (BRIENZA JÚNIOR, 2008; VIEGAS, 2007).

Portanto, pode-se dizer que a presença de florestas, gera serviços ambientais benéficos ao homem e ao meio ambiente, como a filtragem das águas da chuva que escorrem pelo solo, o amortecimento de enchentes, a prevenção da erosão e do assoreamento, a manutenção da pesca e da navegação, a conservação da biodiversidade,

entre outros (RODRIGUES; GANDOLFI, 1998). Além disso, os sistemas florestais proporcionam, com grande eficácia, o serviço ambiental de sequestro de carbono atmosférico, possibilitando uma futura fonte adicional de renda ao empreendedor do setor florestal (FIGUEIREDO *et al.*, 2005).

Os benefícios relacionados aos serviços ambientais gerados pela restauração florestal, principalmente em áreas protegidas por lei (APPs e RLs) vão além daqueles puramente ligados às questões ambientais, e a ideia de que a sociedade como um todo também se beneficia nesse processo tem conferido à restauração florestal uma posição de destaque na adequação ambiental de propriedades rurais, justamente por incorporar também os benefícios sociais e econômicos. Esse entendimento deve ocorrer em função da capacidade que a restauração florestal possui de devolver às áreas restauradas as condições mínimas que garantam ao mesmo tempo o cumprimento da legislação ambiental brasileira, a continuidade de atividades econômicas e os serviços ambientais responsáveis pela sustentabilidade em longo prazo (TNC, 2013).

De acordo com Ferreira e Silva (2008), embora muitos progressos tenham sido verificados nos últimos anos, o desenvolvimento silvicultural para implantação de florestas ainda é insatisfatório em muitos aspectos. Faz-se necessário aumentar o conhecimento sobre as técnicas de manejo e cultivo das espécies florestais importantes economicamente, com o objetivo primordial de aumentar a eficiência dos plantios e reduzir os custos das ações silviculturais.

4.2 NUTRIÇÃO E FERTILIZAÇÃO FLORESTAL

Algumas práticas de manejo que influenciam no grau de fertilidade ou na disponibilidade de nutrientes do solo podem alterar a produtividade de um povoamento (SILVA, 2011). Novais *et al.* (1990) apontam que a fertilização mineral é uma das técnicas silviculturais que pode ser adotada, visando elevar a produtividade florestal e reduzir o período de rotação.

Estudos avaliando a resposta à fertilização de plantios de eucalipto em diferentes regiões do estado de São Paulo observaram incremento na produção de biomassa das plantas que receberam adubação, em relação às plantas que receberam adubação convencional (SILVA, 2011; FERREIRA, 2007).

Informações sobre exigências nutricionais de espécies florestais, em especial das essências nativas, são escassas. Contudo, deficiências minerais e distúrbios de

crescimento são comuns (DRESCHER; ZECH, 1991). Para o sucesso do empreendimento florestal é importante, entre outros aspectos, o conhecimento das quantidades exigidas de cada elemento pela espécie (LIMA, 2000).

Portanto, para que essências florestais sejam cultivadas, é necessário maior conhecimento sobre a sua silvicultura, incluindo-se a nutrição mineral, com vistas a aperfeiçoar o sistema de produção com técnicas que promovam melhor qualidade das plantas, resultando em maior potencial de sobrevivência e crescimento (CARNEIRO, 1995). No entanto, a fertilização mineral demanda grandes investimentos e necessita de um planejamento adequado. O conhecimento do valor e da escala da resposta à fertilização é essencial para estudos de investimento em práticas silviculturais (FERREIRA, 2007).

Assim as características e quantidades de adubos a aplicar dependerão das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de fatores de ordem econômica (VOGEL *et al.*, 2005).

Dado ao crescente processo de devastação das áreas de florestas, juntamente com a necessidade de reflorestamento em solos com características químicas diferentes, o conhecimento das demandas nutricionais das espécies utilizadas para estas finalidades, entre outras, é de fundamental importância, pois permite obtenção de maior produtividade e qualidade, além de maior economia no processo de produção (BATISTA, 2009).

Nesse sentido, os estudos envolvendo adubação no campo tornam-se fundamentais, servindo de subsídio no entendimento da relação solo-planta, possibilitando maior inferência na formulação da dose a ser aplicada bem como o tipo de fertilizante, minimizando os problemas decorrentes da falta ou excesso de nutrientes nas plantas. Em sítios com melhor qualidade, essa adubação possivelmente permitirá bom crescimento ao longo de todo o ciclo. Porém em sítios de baixa fertilidade, normalmente mais frequentes, após alguns anos, o crescimento reduz-se, chegando a ser nulo em alguns casos (VOGEL *et al.*, 2005).

Portanto, maior quantidade de pesquisas referentes a esse assunto deve ser realizada pelo fato do Brasil apresentar uma infinidade de espécies nativas e exóticas com pouco conhecimento sobre as diferentes respostas às práticas silviculturais por essas espécies (SOUZA *et al.*, 2006).

4.3 RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES

Os modelos mais difundidos para interpretação e recomendação de corretivos e fertilizantes, utilizam a análise de solo como técnica de diagnóstico e fundamentam-se na identificação da classe de fertilidade em que o solo se enquadra na recomendação com base em tabelas de fertilização (CANTARUTTI *et al.*, 2007). Com os resultados da análise do solo interpreta-se o nível de fertilidade do mesmo e realiza-se a recomendação de uso de corretivos e adubos (PEREIRA; GOMES, 1998).

Segundo Rajj (1981), a melhor forma de se avaliar a fertilidade de um solo consiste na condução de experimentos de adubação perfeitamente planejados para se obter as respostas desejadas. A avaliação da fertilidade do solo é muito importante para que, além da obtenção do máximo retorno com os nutrientes aplicados, também sejam evitadas fertilizações onde se fazem desnecessárias ou onde possam ter efeito depressivo. A avaliação da fertilidade do solo é o primeiro passo para a definição das medidas necessárias para correção e manejo da fertilidade de um solo (SILVA *et al.*, 1998).

A aplicação de fertilizantes requer a adoção de alguns critérios, como, quais nutrientes aplicar, em que doses, épocas e modo de localização em relação à planta. Portanto, para a boa nutrição das árvores, tem-se que balancear a sua demanda com a oferta de nutrientes, no tempo e no espaço, constituindo tarefa bem mais difícil, comparado com as culturas de ciclo curto (VOGEL *et al.*, 2005).

Dessa forma, torna-se necessário estabelecer valores de referência para a disponibilidade dos nutrientes e a definição de suas doses a serem aplicadas, fundamentada em uma expectativa de resposta, de acordo com o diagnóstico da fertilidade (CANTARUTTI *et al.*, 2007).

Para isso são necessários experimentos em que se avalia a resposta das culturas de interesse a doses crescentes do nutriente, em estrutura experimental uni ou multifatorial, incluindo solos que se enquadrem nas diferentes classes de fertilidade e, ainda, repetidos em vários locais (regiões) e anos. Esses experimentos devem possibilitar a identificação da máxima produção da cultura para cada condição experimental e assim dar sustentação à definição das doses a serem recomendadas. (CANTARUTTI *et al.*, 2007).

A resposta à fertilização de plantios de *Eucalyptus* é comumente estudada através de experimentos clássicos de fertilização. Entretanto, o delineamento clássico de

experimentação em um único local não traz base estatística suficiente para a estimativa do crescimento em escala regional. Se a população de interesse é um maciço florestal que se estende por vários tipos de solo, idades, condições climáticas e materiais genéticos, então a experimentação deve amostrar esta população de forma representativa (FERREIRA, 2007).

A avaliação da fertilidade envolve, em síntese, processos de amostragem, métodos de análise, técnicas de diagnóstico dos resultados e modelos de interpretação e de recomendação de corretivos e fertilizantes. Com isso, a fertilidade como ciência, visa ao desenvolvimento de práticas de manejo dos nutrientes que foquem altas produtividades, além da proteção ambiental (CANTARUTTI, *et al.*, 2007).

Em termos quantitativos, a análise de solo fornece as bases para a elaboração de programas de calagem e adubação, buscando não somente manter os teores dos nutrientes em níveis adequados no solo, mas, também, obter o máximo retorno econômico possível. Como o potencial de resposta pode variar em função de vários fatores (solo, clima, cultura, variedades, produção esperada, nível de manejo, etc.), tabelas regionais de interpretação dos teores de nutrientes, a partir da análise de solo, têm sido elaboradas para dar suporte às recomendações de adubação (BRASIL; CRAVO, 2007).

Para compreender completamente a fertilidade do solo, é necessário conhecer também os outros fatores que favorecem, ou limitam a produtividade. E Para compreendermos a produtividade do solo precisamos reconhecer as relações solo-planta existentes (LOPES, 1989).

Apesar de, em termos objetivos, buscar-se quantificar a disponibilidade dos nutrientes, a avaliação da fertilidade do solo tem um enfoque mais amplo, Outros fatores que limitam a produtividade, tais como edafoclimáticos, devem ser identificados (CANTARUTTI *et al.*, 2007).

4.4 INFLUÊNCIA DE FATORES EDAFOCLIMÁTICOS NO CRESCIMENTO DAS PLANTAS E NA RESPOSTA À FERTILIZAÇÃO

O crescimento das árvores consiste da alongação e aumento da espessura das raízes, troncos e galhos, provocando mudanças em termos de tamanho e forma. O crescimento linear (alongação) de todas as partes da árvore resulta da atividade do

meristema primário, enquanto que o crescimento em diâmetro é uma consequência da atividade do meristema secundário ou câmbio (HUSCH *et al.*, 1982).

O crescimento das árvores é governado pelos fatores genéticos das espécies e pelas condições ambientais que compreendem, basicamente, os fatores climáticos, edáficos, topográficos e de competição (LAMPRECHT, 1990).

Muitos fatores ligados às condições ambientais afetam a produtividade das plantas, como clima, solo e planta (TISDALE *et al.*, 1993; FAGERIA, 1998), cada um desses afetam diretamente o crescimento da planta e está relacionado aos demais (LOPES, 1989) Os principais fatores que limitam a produtividade das culturas em solos aráveis em várias partes do mundo são a deficiência hídrica e o estresse nutricional (FAGERIA, 1998).

Assim como a produtividade de uma planta é afetada pelas características do ambiente, o potencial de resposta à fertilização também será afetada (FERREIRA, 2007). Portanto, compreender o comportamento da planta em função da disponibilidade de recursos auxilia na interpretação das relações Fertilidade x Produtividade x Resposta à Fertilização (SILVA, 2011).

A resposta à fertilização e a produtividade podem ser influenciadas pelas características do solo, seja pelos atributos químicos (relacionados com a fertilidade do solo) ou por suas qualidades físicas, que condicionam principalmente o regime hídrico dos solos (SILVA, 2011).

Segundo Griffiths e Parry (2002), a água é o principal fator que determina a produção das culturas. A comparação entre o comportamento de uma planta durante uma estação seca e aquele observado durante uma chuvosa permite verificar alterações bem distintas nesta planta. Os sintomas de deficiência nutricional que podem ser intensos em condições de baixa disponibilidade de água no solo diminuem em intensidade ou desaparecem durante os períodos chuvosos (NOVAIS; MELLO, 2007).

A disponibilidade de água no solo condiciona (solubiliza/mobiliza) a disponibilidade dos nutrientes (SILVA, 2011). Stape *et al.* (2010), com uma rede experimental de *Eucalyptus*, obtiveram um aumento de 30% na produtividade devido a irrigação. Em um estudo com *Eucalyptus* em diferentes regiões no estado de São Paulo, Silva (2011) verificou que a disponibilidade hídrica foi o principal indicador do potencial de resposta à fertilização, sendo que a precipitação apresentou correlação positiva com a resposta à fertilização, enquanto que o déficit hídrico apresentou correlação negativa.

Apesar do maior efeito da água na produtividade e sua relação com as propriedades físicas do solo, os atributos químicos também podem se correlacionar com a produtividade dos sítios florestais e conseqüentemente com o efeito da fertilização (SILVA, 2011). Assim Silva (2011) verificou que solos mais argilosos apresentaram maior resposta à fertilização, e Sgarbi (2002) observou que nas regiões de Capão Bonito e Jacareí, no estado de São Paulo, os nutrientes mais limitantes para o crescimento do *Eucalyptus* sp. foram o boro, o fósforo e o nitrogênio.

Dessa forma, destaca-se a adoção na silvicultura brasileira da aplicação de corretivos e fertilizantes, como forma de reduzir ou eliminar a indisponibilidade de nutrientes para os plantios florestais.

4.5 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO PARÁ

O Estado do Pará, devido sua dimensão geográfica, com aproximadamente 1.257.000 Km², apresenta uma variação climática bastante diversificada (OLIVEIRA *et al.*, 2004). O regime térmico desta área é caracterizado por reduzidas oscilações em espaço e tempo (SÁ, 1986), Já a precipitação é o elemento meteorológico de maior variabilidade sendo o principal fator utilizado na subdivisão dos climas (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

O regime pluviométrico do Estado do Pará é bem definido em estação chuvosa, que vai de dezembro a maio, regionalmente chamada de inverno, e estação menos chuvosa, que vai de junho a novembro, regionalmente chamada de verão (BASTOS, 1972; OLIVEIRA *et al.*, 2004). Segundo Moraes *et al.* (2005), o trimestre mais chuvoso no Pará é de fevereiro a abril, na maioria das localidades, que corresponde a 44% da precipitação anual, e o menos chuvoso é de agosto a outubro que corresponde a 9% da precipitação anual.

Em relação à precipitação média anual do estado do Pará, ocorrem duas regiões no estado com os maiores valores pluviométricos, a região da Ilha de Marajó e o nordeste paraense (Curuçá, Colares, Magalhães Barata, Marapanim, São Caetano de Odivelas, São João da Ponta, Terra Alta e Vigia), o fato do alto índice pluviométrico se deve a influência de sistemas de grande-escala como a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), forte convecção local, aglomerados de Cumulonimbus e por estar localizada às proximidades de áreas litorâneas (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Em relação à distribuição espacial da temperatura do ar média anual do Estado, as áreas de temperaturas mais elevadas encontram-se na região norte da ilha de Marajó e no baixo Amazonas. E as menores temperaturas encontram-se no sudoeste e sudeste paraense (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Em relação à Umidade Relativa do Ar média anual os maiores valores para o estado encontram-se na região nordeste da Ilha de Marajó, e os menores valores encontram-se no nordeste Paraense (Paragominas, Ulianópolis e Dom Eliseu) e na região oeste da calha norte compreendendo parcialmente os municípios de Oriximiná, Terra Santa e Faro (OLIVEIRA *et al.*, 2004). O regime hídrico do estado é caracterizado por elevados valores médios de umidade do ar, durante a maioria dos meses do ano. Em termos médios são encontrados valores entre 80% e 90% (SÁ, 1986)

De acordo com a classificação de Köppen, adaptada por Martorano *et al.* (1993), o Pará apresenta três tipologias climática Af, Am e Aw, que correspondem a climas tropicais úmidos, sem estação fria e com temperatura média do mês menos quente acima de 18°C.

O tipo Af é encontrado em faixa que atravessa a porção central da ilha de Marajó e parte do nordeste do Pará, caracterizando-se por apresentar total pluviométrico anual geralmente superior a 2.000 mm, chuvas abundantes durante todo o ano e totais pluviométricos mensais iguais ou superiores a 60 mm (SÁ, 1986).

Assim é que o tipo Afi, caracterizado por apresentar ausência de período seco com todos os meses registrando-se total de chuva superior a 60 mm. No estado do Pará abrange a região em volta da cidade de Belém e a oeste da Ilha de Marajó (BASTOS, 1972). O tipo Aw é encontrado ao sul, sudeste, leste e noroeste do Pará e caracteriza-se por exibir total pluviométrico anual em geral inferior a 2.000mm, evidenciando nítida estação seca. O tipo Am é encontrado em maior extensão, abrangendo a área litorânea e o restante da área continental. E um tipo com características de transição entre Af e Aw, cujo regime pluviométrico define curta estação seca, total pluviométrico anual em geral superior a 2.000mm e pelo menos um mês com total pluviométrico inferior a 60mm. Estes três tipos climáticos têm em comum a característica térmica de exibirem valores médios de temperatura do ar iguais ou superiores a 18 graus centígrados (SÁ, 1986).

Com base nos estudos climáticos já realizados, a temperatura, a insolação e a radiação solar durante o ano inteiro, não causariam impedimento à agricultura. Enquanto que a pluviosidade, pelo longo período de estiagem no tipo Awi, pode ocasionar limitações severas a determinado grupo de culturas (perenes) não adaptadas a

essas condições, onde o déficit hídrico é bastante acentuado, em torno de 5 meses (GAMA *et al.*, 2007).

4.6 CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DO ESTADO DO PARÁ

As características referentes à fertilidade dos solos do estado do Pará são mais restritivas do que as relacionadas às propriedades físicas. Este fato é evidenciado pela ocorrência dominante de solos distróficos de baixa soma de bases trocáveis, baixa saturação por bases, alta toxicidade por alumínio, ácidos, bem drenados e profundos, representados, principalmente, pelos Latossolos e Argissolos. A deficiência de fósforo é expressiva, refletida pelos baixos teores encontrados nesses solos, cujos níveis de deficiência dependem diretamente do tipo de cultura. A fixação de fósforo é bastante significativa, requerendo, portanto, um suprimento moderado de fertilizantes fosfatados. As reservas de nutrientes são muito baixas, principalmente de potássio e de fósforo (GAMA *et al.*, 2007).

As limitações de natureza física e a exploração agrícola das terras do Pará são pouco representativas. Apenas 10% do estado apresentam declividade superior a 20%. As limitações de caráter químico são muito expressivas, onde 90% das terras têm deficiência em fósforo, 73% apresentam toxidez de alumínio, 50% com baixa reserva de potássio. As principais limitações referem-se à acidez elevada, saturação alta com alumínio e disponibilidade baixa de nutrientes. (GAMA *et al.*, 2007), além dos baixos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} total e trocável (SILVA *et al.*, 2015)

Alguns dos principais tipos de solos de ocorrência no Pará são Latossolo Amarelo, Latossolo Amarelo Vermelho, Terra Roxa Estruturada, Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico, Podzólico Vermelho-Amarelo Plíntico e Plinotssolo. O tipo de solo Latossolo Amarelo é, talvez, o de maior ocorrência no Estado, e está representado por solos de grande importância agrícola pela extensão de sua área de ocorrência. Ocorre em faixas paralelas aos rios Amazonas, Tocantins e Guamá. Na zona chamada Bragantina chega a dominar 78,56% da área. São solos fortemente ácidos e pobres em base, motivo pelo qual em uma agricultura intensiva deverão sofrer calagem e fertilização de acordo com a cultura a ser plantada. Destaca-se que as práticas de adubação e correção deverão ter por base dados experimentais com a finalidade de serem obtidos rendimentos econômicos (FERREIRA, 2013; VIEIRA; OLIVEIRA; BASTOS, 1971).

Os déficits hídricos são encontrados em 25% da área do estado (312.500 km²), correspondendo às características de umidade do tipo climático Aw. As áreas com drenagem restrita ou com risco de inundação representam 8% dos solos do Estado do Pará, enquanto que 89% da área contêm solos bem drenados. Nas áreas com restrição de drenagem são encontrados solos com alta fertilidade, capazes de produzir colheitas maltas, se sistematizados para eliminar o excesso de água (GAMA *et al.*, 2007).

Os solos com aptidão edáfica adequada para uso com lavouras compreendem uma superfície aproximada de 11.080 km², que necessitam de nível baixo da aplicação de fertilizantes e corretivos da acidez para manutenção do seu estado nutricional, enquanto que os da superfície de aproximadamente 577.252 km² (57.725.200 ha) necessitam de nível alto de aplicação de fertilizantes e corretivos, por exigirem altas quantidades de fertilizantes organo-minerais e moderada necessidade de calagem para correção e manutenção do estado nutricional desses solos (GAMA *et al.*, 2007).

Os solos da Amazônia são representados em sua maioria por Latossolos e Argissolos de alta acidez e baixa fertilidade e quando ocorre a substituição da floresta primária por cultivos a capacidade produtiva é reduzida rapidamente. A utilização de técnicas convencionais de exploração agrícola nesses solos, tem resultado invariavelmente, em degradação dos mesmos e consequentes abandonos das áreas (MELLO; MELLO PEREIRA; NASCIMENTO, 2009).

4.7 CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE ESTUDADA

4.7.1 Taxonomia

A teca (*Tectona grandis*) é uma espécie madeireira da família Verbenaceae com alto valor econômico, muito famosa por sua beleza, resistência e durabilidade, de múltiplo uso, como construção, mobiliários finos e até a construção naval (BARROSO, 2005; KRETSCHKEK; SAMONEK, 1998).

4.7.2 Origem e distribuição geográfica

É nativa das florestas tropicais de monção do continente asiático (Índia, Myanmar, Tailândia e Laos) (FIGUEIREDO *et al.*, 2005; FAVARE, 2013). Sua área de ocorrência natural é ampla, estendendo-se entre os paralelos de 09° N e 25° N, compreendendo regiões situadas desde o nível do mar até mil metros de altitude, sujeitas a precipitações anuais entre 500 e 5.000 mm e a temperaturas absolutas entre a mínima de 2° C e a máxima de 48° C (CACERES FLORESTAL, 2006).

4.7.3 Ecologia e comportamento da espécie

A teca é uma espécie de hábito pioneiro, isto é, que ocupa com velocidade as clareiras abertas na floresta; é também uma planta heliófita, ou seja, que exige plena exposição à luz solar, não tolerando qualquer forma de sombreamento. Seu crescimento inicial em altura é muito rápido, chegando aos três metros no primeiro ano e aos cinco metros, ou mais, no segundo (CACERES FLOREAL, 2006). Possui, ainda, a característica de árvore caducifólia, onde durante o período de repouso vegetativo (época de inverno) as árvores perdem suas folhas e assim se apresentam até a mudança de estação (FAVARE, 2013).

A teca realiza associação mutualística com fungos micorrízicos no solo, que proporciona efeitos benéficos às plantas, com o estímulo do crescimento das mesmas com o incremento na absorção de nutrientes em geral, o P em especial, que é um macronutriente presente no solo em baixas concentrações e pouco móvel em solos intemperizados, como os tropicais. Não que os fungos micorrízicos não absorvam N, por exemplo; eles o fazem, absorvem e em quantidades superiores aos de P, mas no entanto, a planta não necessita deles para sua nutrição nitrogenada, pois seu próprio sistema radicular é capaz de absorvê-lo, visto que apresenta grande mobilidade no solo (BERBARA, 2006).

4.7.4 Características botânicas

Apresenta grande porte e pode alcançar 2,5 m de diâmetro à altura do peito (DAP) e até 30 m de altura segundo. Em ambientes naturais, a teca apresenta um tronco

retilíneo e cilíndrico de baixa conicidade, casca gretada de cor marrom, com a peculiar característica de elevada resistência ao fogo (MATRICARDI, 1989; FAVARE, 2013).

As inflorescências surgem entre os meses de junho a setembro, na Amazônia Ocidental, e os frutos amadurecem entre 3 e 22 meses após sua formação. Este ciclo determina que os frutos maduros caíam gradualmente na próxima estação seca (FIGUEIREDO *et al.*, 2005). As flores se abrem poucas horas depois do amanhecer e o melhor período para a polinização ocorre entre as 11h30 e 13h (WEAVER, 1993).

Seus frutos, recobertos por uma grossa camada marrom, apresentam aproximadamente 1,2 centímetro de diâmetro (FIGUEIREDO *et al.*, 2005). Os frutos possuem de uma a três sementes e raramente quatro, sendo que as plântulas advindas do fruto apresentam tamanhos distintos e, às vezes, nem todas conseguem germinar.

Teca é uma espécie de polinização cruzada, com autoincompatibilidade bastante elevada. Sementes resultantes da autopolinização podem ocorrer, porém, apresentam baixo poder de germinação, comparadas com aquelas resultantes de polinização cruzada (SCHUBERT, 1974; WEAVER, 1993).

Em relação ao sistema radicular em florestas plantadas, a espécie apresenta uma raiz pivotante grossa e larga. Na base do tronco pode ocorrer a formação de sapopemas que aparecem em diversas estratégias de manejo em função do material genético empregado (FIGUEIREDO *et al.*, 2005).

4.7.5 Características da madeira e principais usos

A madeira da teca é muito utilizada na indústria de construção naval, como em construção de barcos, pontes e cais, por apresentar resistência à ação do sol, calor, frio, água de chuva e do mar, além de ser facilmente trabalhada. Também é amplamente utilizada na construção de móveis de qualidade, como de jardins e interiores, em pisos, peças torneadas, chapas, painéis, postes e dormentes. Se conserva bem em contato com o solo. Em função da água não afetar sua madeira, é utilizada em ambientes úmidos (saunas e outros). Sua grande resistência à produtos químicos a faz ideal para móveis de laboratório. Os produtos fabricados com madeira de teca armazenam carbono por muito tempo (FIGUEIREDO *et al.*, 2005; KEOGH, 2013).

4.7.6 Importância

A teca é uma espécie florestal madeireira amplamente empregada em reflorestamentos em várias partes do mundo (FIGUEIREDO, 2001), que tem sido alvo de uma excelente demanda durante séculos devido à alta qualidade de sua madeira (KEOGH, 2013). Atualmente, é a terceira espécie de folhosas tropicais com maior área plantada no mundo, ficando atrás dos plantios de eucaliptos e acácias. (BUFULIN, 2001; FIGUEIREDO *et al.*, 2005).

Mundialmente, a área plantada com teca excede 2 milhões de hectares. (FIGUEIREDO *et al.*, 2005; VEIT, 1996). A teca representa 74% de área plantada com madeiras tropicais de alta qualidade, o que significa que é a espécie cultivada mais importante nesta categoria (KEOGH, 2015). As plantações abastecem atualmente a maior parte (mais de 80%) da teca comercializada no mundo (KEOGH, 2013).

A área atual com plantio de teca nos principais países que possuem plantações desta espécie varia de 2,3 milhões de hectares à 6,4 milhões (KEOGH, 2015). Indonésia, com cerca de um milhão de há de teca, forneceu, e ainda fornece a maior parte do volume comercializado. As plantações estabelecidas na África (Benin, Costa do Marfim, Gana, Nigéria e Sudão) têm se tornado fontes importantes de teca para o mercado internacional (KEOGH, 2013).

Sua madeira é de alto valor no mercado internacional, no qual são registrados preços bem mais elevados que o do mogno (*Swietenia macrophylla* King) - (FIGUEIREDO *et al.*, 2005; VEIT, 1996).

Suas qualidades ambientais são aceitáveis, não é invasora e não ameaça os ecossistemas locais (KEOGH, 2013).

Entre as razões pelas quais é bastante usada em plantações, estão: é de fácil propagação, estabelecimento e manejo e sua madeira é de excelente qualidade. O destaque de teca se deve as propriedades de sua madeira: forte, leve, durável, com estabilidade dimensional; não se corroe em contato com metais; boa trabalhabilidade e dureza; resistente a cupins, produtos químicos, fungos e às intempéries do clima (KEOGH, 2013).

Muitas plantações não comerciais que produzem teca são estabelecidas em sítio pobres, com material genético inferior e são manejadas de forma inadequada. Por exemplo, algumas plantações de pequenos produtores são abandonadas e então o crescimento é estancado, o que faz que a plantação não alcance seu rendimento

potencial. Dessa forma, existem muitas plantações manejadas de forma inadequada. Dessa forma, a literatura sugere que existem motivos reais para se preocupar com a gestão as plantações de teca (KEOGH, 2013).

4.7.7 Requisitos Climáticos

A espécie tolera uma grande variedade de climas, porém cresce melhor em condições tropicais moderadamente úmidas e quentes. Grande parte da área de distribuição natural da teca se caracteriza com precipitação entre 1.300 e 2.500 mm/ano e uma estação seca de 3 a 5 meses. Porém, a espécie suporta precipitações de 500 mm/ano e intensidades pluviométricas de até 5.100 mm/ano. A espécie apresenta seu melhor desenvolvimento em regiões onde a precipitação anual fica entre 1.250 e 3.750 mm, temperatura mínima de 13°C e máxima de 43°C, e uma estação biologicamente seca (disponibilidade hídrica menor que 50 mm/mês) de 3 meses (FIGUEIREDO *et al.*, 2005).

4.7.8 Requisitos edáficos

O solo é um aspecto importante para o crescimento do cultivo de teca; em particular variáveis como o pH, presença de alumínio, disponibilidade de macro e micronutrientes são chaves para a seleção dos sítios adequados (MONTENEGRO *et al.*, 2013).

O solo deve ser profundo, permeável, com razoável capacidade de retenção de água e de fertilidade mediana ou melhor (CACERES FLORESTAL, 2006). Em geral, para que a teca desenvolva todo o seu potencial, requer solos profundos, férteis e bem drenados e a espécie não tolera inundações e cresce em um Ph próximo da neutralidade, com precipitação acima de 1500 mm e pelo menos três meses de estação seca (MONTENEGRO *et al.*, 2013).

Como as raízes são sensíveis à deficiência de oxigênio, a espécie se desenvolve melhor em solos com boa aeração. Esta característica de alta demanda por oxigênio resulta na concentração de 65% a 80% de sua biomassa radicular fina, nos primeiros 30 cm de solo, com a maior concentração entre 10 e 20 cm (KRISHNAPILLAY, 2000). O desenvolvimento é melhor em solos profundos, bem drenados e férteis. O pH ótimo do

solo é de 6,5 a 7,5. A disponibilidade de cálcio é também um fator limitante, visto que a falta desse nutriente ocasiona raquitismo das árvores (FIGUEIREDO *et al.*, 2005).

4.7.9 Requerimentos nutricionais

Ainda são poucos os trabalhos realizados sobre nutrição e adubação de teca. Essa espécie é altamente responsiva à adubação fosfatada e calagem no momento do plantio, mas ainda faltam testes sob condições de campo. A falta de esclarecimento quanto às necessidades nutricionais dessa espécie é fator limitante para o seu cultivo, principalmente quanto à produção de madeira que tem alto potencial de crescimento no país (FAVARE, 2010). O sucesso da espécie é prejudicado quando o assunto é o déficit nutricional e déficit hídrico, estes podem barrar o desenvolvimento da cultura (FAVARE, 2013).

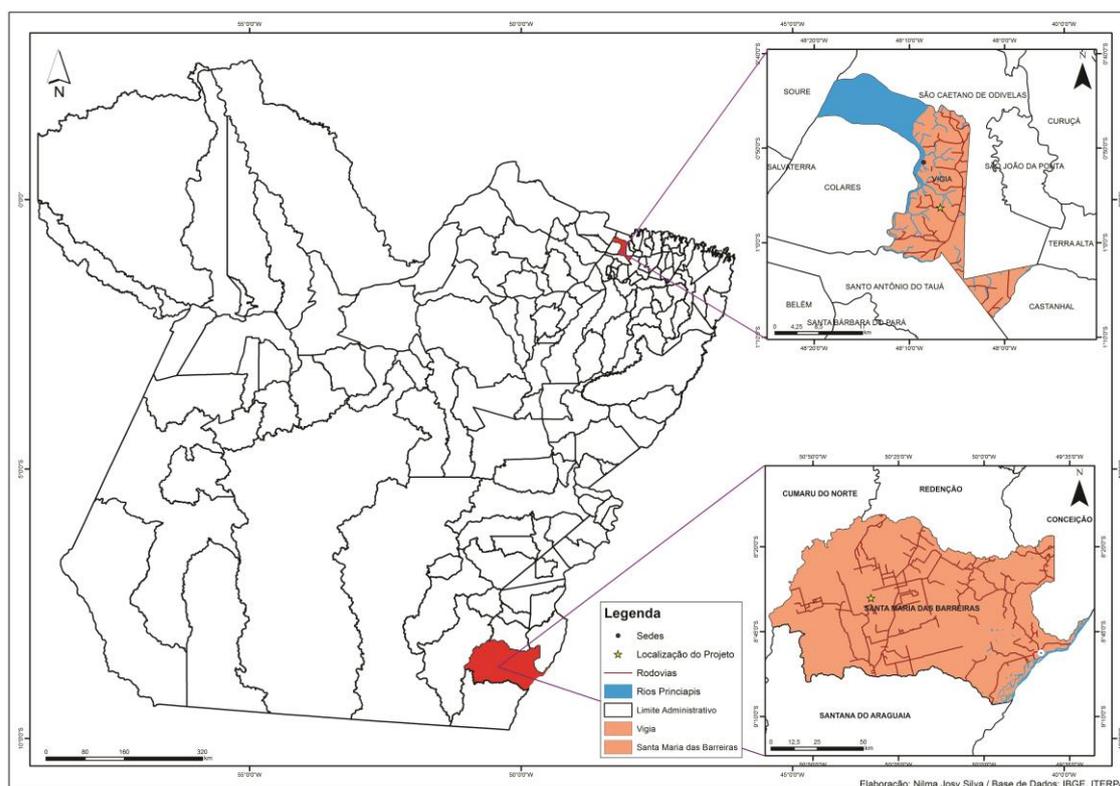
5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em campo, em área de empresas privadas, no âmbito do Projeto Restauração e Produção de Florestas Sustentáveis para o Estado do Pará (Rede Restaura Ambientes), que inclui experimentos para selecionar espécies e testar modelos silviculturais para recuperação de áreas alteradas e degradadas, de acordo com o potencial bio-topoclimático.

Para o presente estudo foram avaliados os testes de adubação com teca instalados nos municípios de Vigia e Santa Maria das Barreiras (Figura 01), no estado do Pará, com a finalidade de amostrar a diversidade das características edafoclimáticas dos plantios nas regiões.

FIGURA 01: Localização dos municípios de Vigia e Santa Maria das Barreiras, Estado do Pará.



Fonte: Da Autora

5.2 DESCRIÇÃO DE CLIMA E SOLO DOS MUNICÍPIOS

5.2.1 Vigia

O município de Vigia pertence à Mesorregião Nordeste Paraense e à Microrregião do Salgado, apresenta clima equatorial tipo Af, segundo a classificação de Köppen, e temperatura média do ar de 27° C. A precipitação anual é relativamente elevada, cerca de 2.770 mm. (SEPOF, 2015; RAMOS, 2007).

No município de Vigia estão presentes manchas de Latossolo Amarelo distrófico, textura média, e Gley Pouco Úmico distrófico, textura argilosa. Também há presença do Podzol hidromórfico e do Latossolo Amarelo distrófico, textura média (SEPOF, 2015).

Aproximadamente 35 anos antes da instalação do experimento a área do experimento foi coberta por vegetação secundária (capoeira).

5.2.2 Santa Maria das Barreiras

O município de Santa Maria das Barreiras localiza-se na Mesorregião do Sudeste Paraense e integra a Microrregião Conceição do Araguaia. O clima insere-se na categoria de equatorial super-húmido, tipo Am, da classificação de Köppen, no limite de transição para o Aw. As características de umidade deste tipo climático o caracterizam com presença de déficit hídrico (GAMA *et al.*, 2007). Possui temperatura média anual de 26,35° C (FERREIRA, 2003) e estação seca (disponibilidade hídrica menor que 50 mm/mês) de 3 meses.

Os solos predominantes no município são Podzólico Vermelho-Amarelo, textura argilosa, Concrecionário plântico, solos Litólicos distróficos, textura indiscriminada e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa e textura média; Plintossolo distrófico textura argilosa, Gley distrófico e aluvial eutrófico, texturas indiscriminadas; Solos Litólicos distróficos textura indiscriminada, Podzólico Vermelho-Amarelo argilosa e afloramento rochosos; aluvial eutrófico e distrófico e Hidromórficos Indiscriminados, texturas indiscriminadas em associações (FERREIRA, 2003).

Neste município a área foi ocupada por pasto para a criação de gado durante vinte anos, antes da instalação do experimento.

5.3 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os experimentos de adubação foram instalados nas dependências das seguintes empresas: i) Na fazenda Pampa da empresa Pampa Exportações Ltda, localizada no município de Vigia, Rodovia PA 140, Km 39, estrada Porto Salvo, Km 4 Latitude $0^{\circ}56'17.22''$ e Longitude $48^{\circ}6'44.33''$; e ii) na fazenda Santa Marta da empresa Floresteca Brasil Ltda, do Inajá, localizada no município de Santa Maria das Barreiras, BR 158, Distrito de Santa Maria das Barreiras, Latitude $-08^{\circ}35'10.31''$ e Longitude $-50^{\circ}33'00.35''$.

5.4 ANÁLISE DE SOLO

Antes do plantio, em cada área experimental, foi realizada coleta de solo na profundidade 0-20 cm para determinação das características químicas e físicas dos solos (Tabela 01) e para recomendação de correção e adubação dos mesmos. O material foi analisado conforme metodologia do laboratório de análise de solo da EMBRAPA (SILVA *et al.*, 1998).

Tabela 01: Características químicas e físicas das amostras dos solos estudados nos municípios de Vigia e Santa Maria das Barreiras - PA.

Característica	Vigia	Santa Maria das Barreiras
pH (água)	5,3	5,9
P mg/dm ³	2,5	0,9
K mg/dm ³	20	33
Na mg/dm ³	12	-
Ca cmol _c /dm ³	1,1	2,1
Ca+Mg cmol _c /dm ³	1,55	2,6
Al cmol _c /dm ³	0,85	0
H + Al cmol _c /dm ³	-	-
M. ORG (%)	-	3,1
Areia (g/kg)	828	600
Silte (g/kg)	73	116
Argila total (g/kg)	100	284

Análises realizadas no Laboratório de análise de solos da Embrapa Amazônia Oriental
 pH em H₂O = Relação 1:2,5; P – K = Extrator Mehlich-1; Ca – Mg – Al = Extrator:
 KCl – 1 mol/L; H+Al = Extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L – pH 7,1-7,2.

5.5 PREPARO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Nas duas áreas de estudo, seis meses antes da instalação dos experimentos, as vegetações que cobriam as áreas dos experimentos foram removidas. No município de Vigia, os restos de vegetação de capoeira que ficaram na área foram enleirados e queimados. Nas duas áreas foi realizado o preparo do solo com gradagem e subsolagem. No município de Vigia, conforme recomendação da análise química do solo foi realizada calagem com aplicação de 1,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico na área do experimento. No município de Santa Maria das Barreiras, conforme análise química do solo, não houve necessidade de aplicação de calcário.

Após o plantio foi realizado controle da matocompetição nas duas áreas de estudo, sendo executadas duas limpezas anuais, uma antes e outra após as chuvas, em coroamento ao redor das plantas e nas linhas de plantio.

5.6 PLANTIO

O plantio da espécie florestal foi realizado em períodos diferenciados para cada localidade, em maio de 2012 no município de Vigia e em março de 2012 no município de Santa Maria das Barreiras. As mudas de teca plantadas no experimento de Santa Maria das Barreiras foram clones produzidos na empresa Floresteca de Mato Grosso-MT, enquanto que as mudas de teca utilizadas no experimento de Vigia foram produzidas a partir de sementes pela própria empresa.

Na ocasião do plantio, em cada experimento, se procedeu à realização de adubação de base (adubação de cova), tendo como referência a análise de fertilidade dos solos, com aplicação de 27 g planta⁻¹ de FTE Br 12 em todas as plantas dos dois experimentos, e também aplicação de superfosfato simples (SFS), este seguindo as mesmas dosagens dos tratamentos de adubação posteriormente aplicado nas plantas, ou seja, no experimento que testou fósforo (P) e nitrogênio (N), as doses de superfosfato simples aplicadas no momento do plantio foram: 0, 75, 150 e 225 g de SFS por planta (tabela 03). No experimento que testou nitrogênio (N) e potássio (K), as plantas receberam no momento do plantio uma dose única e padrão de 140 g de SFS por planta.

Um mês após o plantio de teca nos municípios de Vigia e Santa Maria das Barreiras foi realizada a primeira aplicação em cobertura dos tratamentos de adubação dos experimentos, sendo aplicada novamente nos anos seguintes, duas vezes por ano, sempre no período chuvoso, início e fim (metade da adubação no início e metade no final). Os tratamentos de adubação tiveram como base a análise de fertilidade dos solos das áreas de estudo.

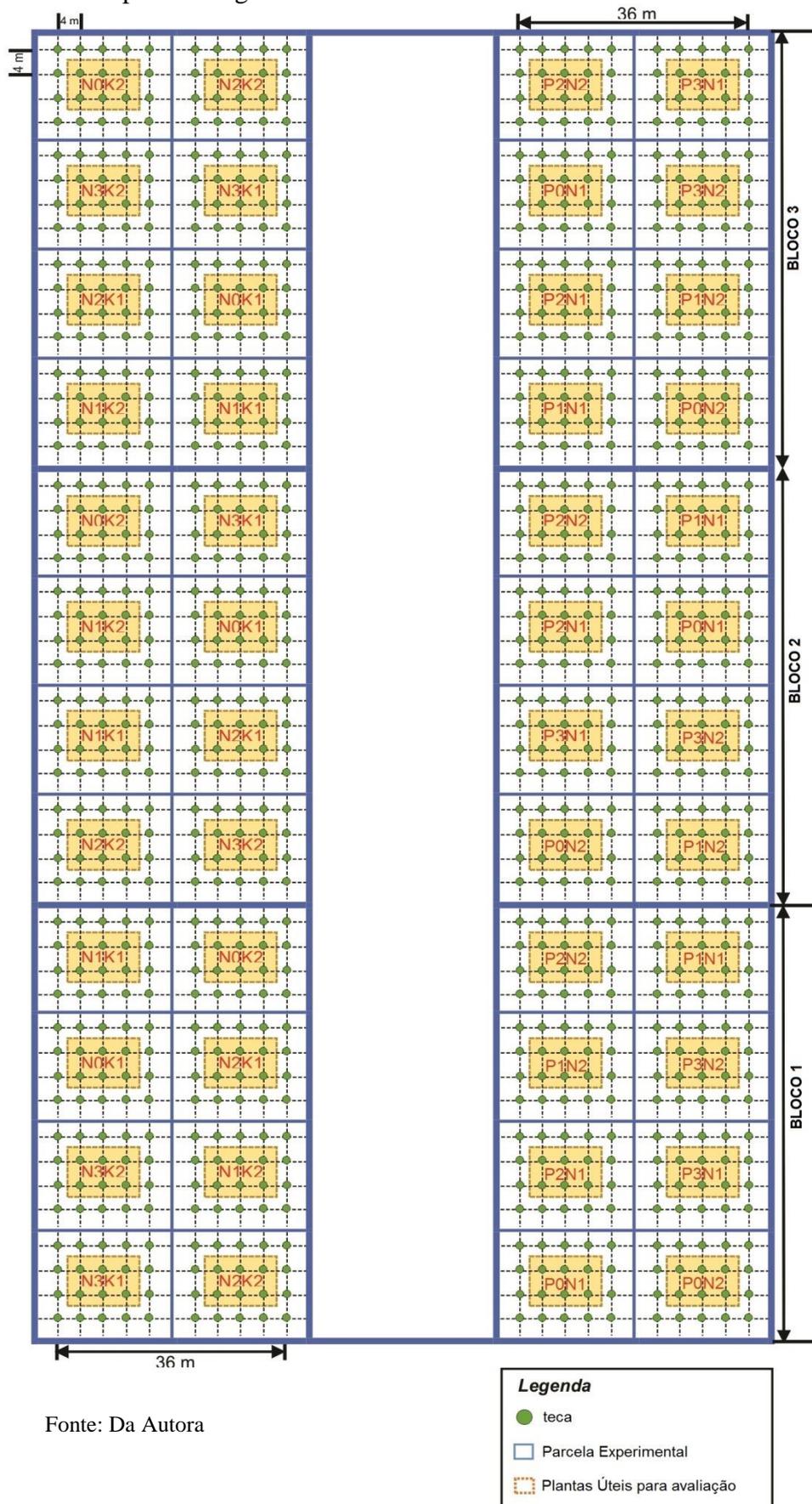
As fontes dos fertilizantes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) utilizados no experimento de adubação de cobertura foram uréia, cloreto de potássio (KCl), e superfosfato simples (SFS), que foram aplicados em sulcos laterais, na projeção da copa.

5.7 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os testes de adubação constituem-se de um experimento fatorial com doses de nitrogênio (N) e potássio (K), aplicados em teca, em plantio homogêneo, instalado no município de Vigia e de Santa Maria das Barreiras, e outro experimento fatorial com

doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) aplicados em teca em plantio homogêneo, também replicados nos municípios de Vigia e Santa Maria das Barreiras, no estado do Pará (Figura 02).

Figura 02: Layout do sistema de plantio de teca para experimento NK e PN, replicados nos municípios de Vigia e Santa Maria das Barreiras - PA.



Fonte: Da Autora

5.7.1 Experimento de Nitrogênio e Potássio

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições, em arranjo fatorial 4 x 2, sendo quatro doses de nitrogênio, na forma de uréia (0, 30, 60 e 90 g planta⁻¹), correspondendo aos níveis N0, N1, N2 e N3 e duas doses de potássio, na forma de cloreto de potássio (38 e 75 g planta⁻¹), correspondendo aos níveis K1 e K2 (Tabela 02), totalizando oito tratamentos e 24 parcelas experimentais, em cada município (Figura 02). No momento da aplicação das doses de fertilizantes dos tratamentos, também foi fornecido para cada planta uma dose única e padrão de superfosfato simples, na quantidade de 140 g planta⁻¹. As plantas encontram-se plantadas no espaçamento 4 m x 4 m.

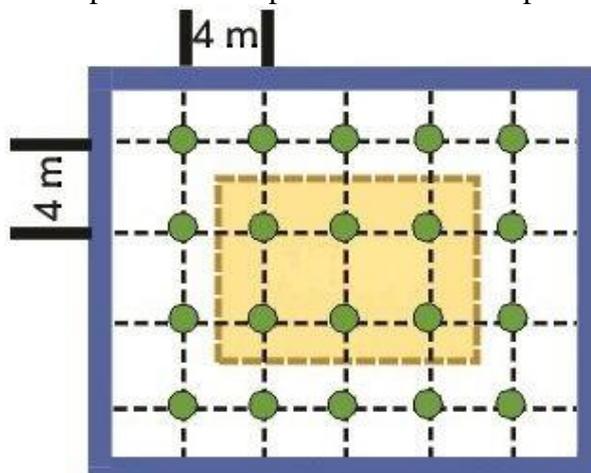
TABELA 02: Doses de nitrogênio (N) e potássio (K) aplicadas por planta, segundo o nível de cada elemento.

Nutrientes	Fontes	Níveis			
		0	1	2	3
		Doses			
		-----g planta ⁻¹ -----			
N	Uréia	0	30	60	90
K	KCl	-	38	75	-

Fonte: Da Autora

As parcelas experimentais foram constituídas por cinco linhas de quatro plantas e a área útil da parcela é formada pelas seis plantas centrais. (Figura 03):

Figura 03: Layout da parcela de 20 plantas com as seis plantas úteis medidas.



Fonte: Da Autora

5.7.2 Experimento de Fósforo e Nitrogênio

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições, em arranjo fatorial 4 x 2, sendo quatro doses de fósforo, na forma de superfosfato simples (0, 75, 150 e 225 g planta⁻¹), correspondendo aos níveis P0, P1, P2 e P3 e duas doses de nitrogênio, na forma de uréia (40 e 80 g planta⁻¹), correspondendo aos níveis N1 e N2 (Tabela 3), totalizando oito tratamentos e 24 parcelas experimentais, em cada município (Figura 02). No momento da aplicação das doses de fertilizantes dos tratamentos, foi fornecido para cada planta, uma dose única e padrão de KCl, na quantidade de 60 g planta⁻¹. A teca encontra-se plantada no espaçamento 4 m x 4 m.

TABELA 03: Doses de P e N aplicados por planta, segundo o nível de cada elemento.

Nutrientes	Fontes	Níveis			
		0	1	2	3
		Doses			
		-----g planta ⁻¹ -----			
P	SFS	0	75	150	225
N	Uréia	-	40	80	-

Fonte: Da Autora

5.8 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS SILVICULTURAIS

As avaliações de crescimento em altura total (H) e diâmetro a altura do peito (DAP) foram semestrais durante o período de avaliação do experimento (30 meses).

A altura total das árvores (H) foi medida da superfície do solo até o ápice das árvores com uma fita métrica nos primeiros meses, depois passou a ser realizada com auxílio de um Hipsômetro Vertex. O diâmetro a altura do peito começou a ser medido em plantas que apresentaram alturas maiores que 1,3 m e diâmetros acima de um centímetro. A medição do DAP foi realizada com fita diamétrica.

A partir das médias da altura total e do diâmetro à altura do peito, foram calculados os incrementos periódicos semestrais médios em H e DAP. Não foram consideradas nas análises estatísticas, as plantas mortas, replantadas, rebrotadas e com ponta seca. Os incrementos periódicos médios semestrais em H e DAP foram calculados conforme as equações seguintes, adaptadas de Scolforo (1994).

$$IPH = H_{fp} - H_{ip}$$

Onde:

IPH = incremento periódico semestral em altura

H = altura total

f = final

i = inicial

p = período

$$IPDAP = DAP_{fp} - DAP_{ip}$$

Onde:

IPDAP = incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito

DAP = diâmetro à altura do peito

f = final

i = inicial

p = período

5.9 DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

O elemento climático considerado no presente estudo foi a precipitação (PRP). Foram consideradas as precipitações mensais dos municípios onde os experimentos estão instalados, correspondente ao período de avaliação dos experimentos, em cada localidade. Para o experimento do município de Vigia, foram tomadas as precipitações mensais de maio de 2012 a novembro de 2014, para o município de Santa Maria das Barreiras, foram tomadas as precipitações mensais de março de 2012 a setembro de 2014.

Para os experimentos instalados no município de Santa Maria das Barreiras, os valores mensais de precipitação foram obtidas a partir de estação meteorológica instalada na fazenda Santa Marta do Inajá, da empresa Floresteca Brasil Ltda, onde está instalado o experimento.

Para os experimentos instalados no município de Vigia, os valores mensais de precipitação, correspondentes ao período de avaliação do experimento, foram obtidos a partir de estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do município de Castanhal, que é o município mais próximo de Vigia e possui estação,

devido Vigia não possuir estação meteorológica. O município de Castanhal está localizado a 53,65 Km do município de Vigia.

5.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores médios das variáveis silviculturais altura total (H) e diâmetro à altura do peito (DAP) de teca, aos 30 meses de idade, foram submetidos à análise de variância ANOVA (VIEIRA, 2006), com a finalidade de verificar a existência de diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados. A ANOVA foi realizada separadamente por município em que os experimentos foram instalados, pois o material genético de teca plantado no município de Vigia é diferente do material genético de Santa Maria das Barreiras. Quando o resultado da ANOVA mostrou efeito significativo dos tratamentos sobre a variável analisada, se procedeu à análise de regressão para ajuste das equações de regressão, com a finalidade de relacionar as variáveis observadas com as doses de NK e PN estudadas (BANZATTO; KRONKA, 1992). A partir das equações de regressão com efeito quadrático, foi calculada a primeira derivada para estimar a dose máxima do nutriente e o respectivo crescimento máximo de teca, para o experimento NK e PN (GOMES, 1987; BANZATTO; KRONKA, 1992; CANTARUTTI *et al.*, 2007).

Foram calculados o incremento periódico semestral em altura total (IPH) e o incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito (IPDAP) de teca plantada no município de Santa Maria das Barreiras - PA, no período da avaliação de 30 meses. Os IPH e IPDAP foram correlacionados, pela correlação de Pearson, com a precipitação acumulada dos semestres avaliados, correspondentes ao período seco e chuvoso na região, para verificar a influencia da precipitação no incremento das plantas. Não foi possível correlacionar o IPH e o IPDAP de teca plantada no município de Vigia com a precipitação local, devido a ausência de medição aos 24 meses de idade das plantas neste município.

As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do programa SPSS, versão 20.0. Em todos os testes adotou-se o nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 TESTE DE ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM TECA NO MUNICÍPIO DE VIGIA

6.1.1 Altura

A altura (H) de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo, no município de Vigia – PA, não foi significativamente ($p > 0,05$) influenciada pelas doses de nitrogênio (N), associadas com as doses de potássio (K), não havendo interação significativa entre N e K (Tabela 04), o que indica não haver dependência entre os efeitos destes nutrientes, ou seja, segundo Banzatto e Kronka (1992) os fatores agem independentes sobre o desenvolvimento das plantas.

As médias das alturas das plantas de teca foram estatisticamente semelhantes entre si, com valor da média geral igual a 5,94 m. Altura superior (6,51 m) foi encontrada por Favare (2013), com teca cultivada em doses menores de fósforo e potássio, aos 30 meses de idade, cultivada em solo com menor teor de areia que do presente experimento.

Tabela 04: Análise de variância para o fatorial nitrogênio (N) x potássio (K) para altura total e diâmetro à altura do peito de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo, no espaçamento 4 m x 4 m, no município de Vigia - PA.

Fonte de Variação	GL	p – valor	
		H	DAP
Nitrogênio (N)	3	0,212ns	0,767ns
Potássio (K)	1	0,605ns	0,503ns
N x K	3	0,547ns	0,728ns
CV		16,77	21,10

Em que: * = significativo ($p < = 0,05$) ao nível de 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

GL = Grau de liberdade. H = Altura total. DAP = Diâmetro à altura do peito. CV = Coeficiente de variação em %.

Fonte: Da Autora

Segundo Cantarella (2007), nitrogênio e potássio são os dois nutrientes minerais absorvidos em maiores quantidades em quase todas as plantas e a interação entre ambos é comum de acontecer. A absorção de um elemento eleva a demanda pelo outro, logo, o estímulo do crescimento provocado pela adição de N pode levar à deficiência de K e vice-versa.

MALAVOLTA *et al.* (1997) destacaram que a resposta das plantas à adubação com nitrogênio e potássio é mais dependente da interação entre esses elementos, do que de cada nutriente isoladamente, mas no entanto, não se observou interação entre estes nutrientes no presente trabalho. Também não foram observadas por Valeri *et al.* (2001) interações significativas entre N e K para volume da madeira das árvores de *E. urophylla* aos 7 anos de idade.

Não houve efeito isolado das doses de N e de K sobre o crescimento em H das plantas (Tabela 04), mostrando que a teca não foi exigente a estes nutrientes nesta fase de crescimento, com os mesmos não sendo limitantes para o crescimento da planta nas condições de estudo, e no caso do nitrogênio, que teve a dose zero, seus níveis no solo, sendo, aparentemente, suficientes para o crescimento das plantas.

O N é essencial para o crescimento das plantas, pois faz parte de cada célula viva, e as plantas exigem grandes quantidades deste nutriente (LOPES, 1989), logo a não resposta das plantas de teca às doses de N, no presente trabalho, pode ser atribuída ao teor deste nutriente no solo, que atendeu a demanda da planta nesta fase de crescimento, nas condições de cultivo em campo. O teor de N no solo pode ser atribuído à matéria orgânica depositada no mesmo pela vegetação de pousio (capoeira), que ocupou a área do cultivo por 35 anos antes da instalação do experimento.

Segundo Cantarella (2007), o grande estoque de N no solo ocorre em forma orgânica, como parte da matéria orgânica do solo. A mineralização da matéria orgânica libera o N inorgânico, o qual constitui a principal fonte de N para as plantas em muitos sistemas agrícolas. Oliveira (2003) verificou que o N foi o nutriente que ocorreu em maior concentração na serapilheira sob plantios de teca. Este autor também verificou que o N tem a segunda maior taxa de recuperação do solo pelas árvores de teca, depois do K.

As plantas de teca também contam com o estabelecimento de associação com fungos micorrízicos no solo para aumentar sua capacidade de absorção de nutrientes, como N e K (BERBARA, 2006). Esta absorção também é facilitada pela alta mobilidade destes nutrientes no solo, tornando-os mais próximos ao alcance das raízes das plantas. Deve-se também considerar que, segundo Novais e Mello (2007), a demanda de plantas por N e K, é crítica mais tarde, coincidente com estádios de crescimento de maior demanda das plantas.

Segundo Gonçalves *et al.* (2008), efeitos no crescimento de plantas em virtude da aplicação de N são esperados, em razão das diversas funções que o nutriente exerce

dentro das mesmas. Dessa forma, contrário ao observado no presente trabalho, outros autores observaram influência do nitrogênio em fase de mudas de teca, como Favare (2010), que observou resposta significativa para a altura de mudas teca em condições de vaso, em função da elevação das doses de N.

Da mesma forma, Barroso *et al.* (2005) verificaram no tratamento com omissão de nitrogênio em mudas de teca, que houve redução drástica do crescimento das plantas. Pode-se atribuir estas respostas de mudas de teca à N, provavelmente, em função da reduzida concentração deste nutriente no solo e na solução de cultivo destes experimentos citados, contrário ao observado no presente trabalho, em que teca cultivada em condições de campo não respondeu às doses de N, provavelmente em função do teor de nitrogênio do solo ter atendido a necessidade da planta, nesta fase de crescimento.

Para outras espécies florestais, o comportamento varia entre significativo e não significativo à aplicação de nitrogênio. Dessa forma, respostas à aplicação de doses de nitrogênio em mudas de espécies florestais foram observadas por Marques *et al.* (2006) para a altura de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell) Fr. All. Ex Benth.), por Cruz *et al.* (2006) para a altura de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*) e por Gonçalves *et al.* (2008) para altura de mudas de angico- vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*(Benth.) Brenan). No entanto não foram observadas respostas à adubação nitrogenada para a altura de mudas de parica (*Schizolobium amazonicum*, Huber Ducke) por Viégas *et al.* (2007) e para o volume da madeira das árvores de *E. urophylla* aos 7 anos, por Valeri *et al.* (2001).

De acordo com o observado no presente trabalho para o K, ausência de resposta positiva à adubação potássica de teca também foi observada por Favare (2013), com teca aos 30 meses de idade, em condições de campo. Da mesma forma, ausência de resposta positiva à adubação potássica de teca em condições de vaso, foi observada por Favare (2010), que verificou redução da H de mudas de teca com o aumento das doses deste nutriente. Estes autores mostram a não resposta de teca à fertilização com potássio na fase inicial de crescimento, tanto na fase de mudas em vaso, quanto em fase inicial de crescimento em campo, indicando que a planta apresenta baixa exigência a este nutriente em estágio inicial de desenvolvimento.

A ausência de resposta de espécies arbóreas à adubação potássica também foi observada por Viégas *et al.* (2007) para a altura de mudas de parica (*Schizolobium amazonicum*, Huber Ducke), por Tucci *et al.* (2011), para produção de matéria seca total

de mudas de mogno, e para altura de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), em que o K foi o nutriente que provocou menores efeitos significativos nas diversas características estudadas (GONÇALVES *et al.*, 2008).

O K é um dos elementos essenciais na nutrição da planta, é vital na fotossíntese, e em situação de deficiência, ocorre redução de fotossíntese e aumento da respiração da planta, estas duas condições reduzem a acumulação de carboidratos, tendo como consequência, reduções do crescimento e produção da planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Desse modo, em trabalho que avalia o efeito da omissão de nutrientes em mudas de teca, Frazão *et al.* (2007) verificaram redução do crescimento das plantas com a omissão total de K. Este comportamento pode ser atribuído ao fato do cultivo das plantas ter sido realizado em solução com ausência completa de K, causando, conseqüentemente, efeito negativo no crescimento das plantas, contrário do cultivo de teca em condições de campo, como observado no presente trabalho, em que a planta pode contar com certa quantidade deste nutriente no solo, que atenda sua demanda nessa fase de crescimento.

6.1.2 Diâmetro à altura do peito

Assim como para a H de teca, o diâmetro à altura do peito (DAP) não foi significativamente ($p > 0,05$) influenciado pelas doses de N, associadas com níveis de K, não havendo interação entre os nutrientes, com a elevação de um, não elevando a necessidade da planta ao outro, nas condições do estudo (Tabela 04). Segundo Gomes (1987), interações não significativas entre nutrientes indicam que os mesmos agem de forma independente.

As médias dos DAPs das plantas, que receberam os diferentes tratamentos, foram estatisticamente semelhantes entre si, com DAP médio geral apresentado pelas plantas, igual 5,7 cm. Favare (2013) encontrou DAP superior (7,2 cm), com teca cultivada em condições de campo, submetida a menores doses de fósforo e potássio, aos 30 meses de idade, em solo textura média, apresentando melhor resultado do que no presente trabalho, com teca cultivada em solo arenoso, indicando melhor desenvolvimento de teca em solo textura média

Os nutrientes minerais podem influenciar no crescimento das plantas indiretamente, via seus efeitos no suprimento de assimilados e de substâncias de

crescimento (ROBSON; PITMANN, 1983). O nitrogênio pode ser utilizado na formação dos cloroplastos, síntese proteica e síntese de clorofila (MOORBY; BESFORD, 1983). Já o potássio destaca-se pela ativação de vários sistemas enzimáticos e atua na síntese de proteínas e de carboidratos (ERNANI *et al.*, 2007). Desta maneira, nitrogênio e potássio são necessários para que ocorra a síntese proteica e a ativação de uma série de enzimas e, conseqüentemente, a produção de biomassa vegetal.

Dessa forma, Favare (2010) observou que doses de N aumentaram os teores de K na parte aérea de mudas de teca, assim como as doses de K também aumentaram os teores de N, mostrando interação positiva entre eles na fase de mudas em vaso. Interação significativa entre NK também foi observada para o diâmetro do caule de mudas de laranjeira por Prado *et al.* (2008).

Não houve efeito isolado das doses de N e K sobre o crescimento em diâmetro à altura do peito das plantas (Tabela 04), mostrando que a teca não foi exigente a estes nutrientes para o crescimento nesta variável, com os mesmos não sendo limitantes para o crescimento da planta nesta fase de crescimento, nas condições de estudo; e no caso do nitrogênio, que teve a dose zero, seus níveis no solo, foram, aparentemente, suficientes para o crescimento da planta.

A não resposta em DAP das plantas à adição de N pode ser atribuída ao teor deste nutriente no solo, que atendeu às exigências da planta a este nutriente nesta fase de cultivo, em condições de campo. A disponibilidade do N no solo deve ter sido proporcionada pela matéria orgânica, originada da vegetação de pousio (capoeira) que ocupou a área 35 anos antes da instalação do experimento. Uma vez que a matéria orgânica é o grande reservatório de N para as plantas (CANTARELLA, 2007).

Favare (2010), por sua vez, observou influência significativa de doses de N no diâmetro de mudas de teca em condições de vaso, ajustando equação de regressão quadrática para o diâmetro, com o aumento das doses de N. Esta resposta significativa a doses de N deve ter sido em função da reduzida concentração deste nutriente na areia de subsolo usada para o cultivo, levando a planta a responder às doses destes nutrientes, contrário ao que ocorreu no presente trabalho, com teca cultivada em condições de campo, que não respondeu às doses de N, provavelmente devido ao teor deste nutriente no solo ter atendido a demanda da planta nesta fase de crescimento.

As espécies florestais respondem de maneira diferenciada quanto à adubação com N. Vale lembrar que são espécies de material genético diferente, cultivadas em variadas condições de solo, clima e manejo, o que influencia sobremaneira o

crescimento das plantas. Dessa forma, contrário ao observado no presente trabalho, Tucci *et al.* (2009) observaram resposta positiva ao diâmetro do caule de mudas de mogno, à adubação de N, Gonçalves *et al.* (2008) verificaram resposta positiva em mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) e Cruz *et al.* (2006) em mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*).

Depois do nitrogênio, o potássio é o nutriente exigido em maior quantidade pelas culturas e seu teor no tecido vegetal, para que a planta expresse bom crescimento e produtividade, varia de 2% a 5% do peso da biomassa seca (MARSCHNER, 1995). Mudanças com reduzido teor de potássio apresentam como consequência, baixo teor proteico, com acúmulo de compostos de baixo peso molecular, isto porque este macronutriente está envolvido na síntese de proteínas (SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000).

De acordo com o observado no presente trabalho, Favare (2013) não verificou resposta do DAP de teca às doses de K avaliadas em experimento com teca aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo, confirmando a baixa exigência de teca à K na fase inicial de cultivo em campo.

No entanto, em experimento com mudas de teca submetidas à omissão de potássio, foi observado, por Barroso *et al.* (2005), redução do crescimento das plantas, que pode ser atribuído ao cultivo das mudas em solução nutritiva com ausência total de K, causando, conseqüentemente, efeito negativo no desenvolvimento das plantas, contrário do cultivo de teca em condições de campo, como do presente trabalho, em que a planta pode contar com certa quantidade deste nutriente no solo, disponível para as plantas.

Há que se levar em consideração também, que exigências a K aumentam com a idade da árvore de teca (ALVARADO, 2006). Segundo estudos realizados por Alvarado (2012), as quantidades absorvidas de K serão maiores a partir da idade de três anos das árvores de teca, o que supostamente está ligado ao início da frutificação, a partir do 5º ano, e só deixarão de aumentar após o 12º ano. Dessa forma, a resposta a K poderá ser observada em período superior ao avaliado no presente trabalho (30 meses).

Segundo Novais e Mello (2007), a demanda de plantas por N e K, é crítica mais tarde, coincidente com estádios de crescimento de maior demanda das plantas. Dessa forma, se faz importante a avaliação da resposta das plantas de teca à adubação com N e K, nas condições de estudo, em período superior ao observado no presente trabalho, para verificar a demanda da planta a estes nutrientes com o aumento da idade e

subsidiar a recomendação de adubação destes nutrientes para o cultivo de teca nas condições do presente cultivo.

6.2 TESTE DE ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM TECA NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DAS BARREIRAS

6.2.1 Altura

A altura total (H) de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo no município de Santa Maria das Barreiras – PA, não foi significativamente ($p > 0,05$) afetada pelas doses de N, associadas com as doses de K (Tabela 05), mostrando não ter ocorrido interação significativa entre estes fatores, conseqüentemente, não havendo dependência entre o efeito dos mesmos para o crescimento das plantas, nas condições do cultivo.

Tabela 05: Análise de variância para o fatorial nitrogênio (N) x potássio (K) para altura e diâmetro à altura do peito de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo, no espaçamento 4 m x 4 m, no município de Santa Maria das Barreiras - PA.

Fonte de Variação	GL	p – valor	
		H	DAP
Nitrogênio (N)	3	0,653ns	0,650ns
Potássio (K)	1	0,010*	0,002*
N x K	3	0,116ns	0,102ns
CV		30,86	26,95

Em que: * = significativo ($p < 0,05$) ao nível de 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo. GL = Grau de liberdade. H = Altura total. DAP = Diâmetro à altura do peito. CV = Coeficiente de variação em %.

Fonte: Da Autora

A altura total média observada para as plantas de teca foi igual a 5,28 m. Altura superior (6,51 m) foi observada por Favare (2013), com teca submetida a menores doses de fósforo e potássio, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo também em solo textura média.

As interações geralmente levam ao estabelecimento de relações adequadas ou balanceadas entre nutrientes (CANTARELLA, 2007). Quantidades adequadas de potássio aumentam a capacidade das plantas em utilizar altas doses de N para produzir

mais proteínas (GERWIG; AHLGREN, 1958; HONDA; HONDA, 1990). O suprimento balanceado destes nutrientes, frequentemente, aumentam a resposta a ambos, mas a não adição de um deles em solos deficientes pode levar a decréscimos na resposta ao outro, tanto em produção quanto em acúmulo de nutriente (CANTARELLA, 2007).

Embora na literatura haja relato de que a interação entre N e K seja comum de acontecer (CANTARELLA, 2007), verificou-se neste trabalho, tanto com teca cultivada no município de Vigia, quanto com teca cultivada em Santa Maria das Barreiras, que não houve interação significativa entre estes nutrientes, não havendo influência dos tratamentos sobre o crescimento das plantas. Da mesma forma Valeria *et al.* (2001), não observou interação significativa entre NK para o volume da madeira das árvores de *E. urophylla* aos 7 anos de idade.

Não houve efeito isolado ($p > 0,05$) das doses de N sobre o crescimento em H das plantas, independente das doses de K (Tabela 05), mostrando que a planta não foi exigente a este nutriente, com o N não sendo limitante para o crescimento da mesma, nesta fase de crescimento em campo, com seus níveis no solo, aparentemente, sendo suficientes para o crescimento da planta.

Este comportamento de ausência do efeito isolado de N sobre o crescimento em H e teca, foi o mesmo observado em condições de campo, para teca plantada no município de Vigia, que confirma o comportamento de baixa exigência de teca à nitrogênio na fase inicial de crescimento, em condições de campo, com os níveis no solo, aparentemente, atendendo a demanda da planta.

O N é essencial para o crescimento das plantas (LOPES, 1989), ele é necessário para a síntese da clorofila e está envolvido no processo da fotossíntese dos vegetais, uma vez que faz parte da molécula de clorofila. É um componente das vitaminas e dos sistemas energéticos na planta. É também um componente dos aminoácidos, os quais formam proteínas. Portanto, o N é diretamente responsável pelo incremento do conteúdo de proteínas. À medida que aumenta o fornecimento de N, as proteínas sintetizadas a partir dos aminoácidos promovem o crescimento das folhas, aumentando a superfície fotossintética (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Dessa forma, contrário ao observado no presente trabalho, Zhou *et al.* (2012) observaram que a altura de mudas de teca, em vaso, foram significativamente afetadas pelas doses de N, e da mesma forma, Frazão *et al.* (2007) estudando a deficiência de macronutrientes em mudas de teca, verificaram que a omissão de N reduziu o crescimento em altura das mudas. Estas respostas de teca à nitrogênio, em fase de

mudas, podem ser atribuídas ao fato dos substratos de cultivo terem sido areia esterilizada e solução nutritiva com ausência total de N, levando a planta a responder às doses aplicadas e a ausência do N, respectivamente, o que era esperado, em função da importância do nutriente para o desenvolvimento das plantas, contrário ao observado no presente trabalho, em que não foi observado resposta de teca a N em condições de campo, provavelmente, atribuído ao teor deste nutriente no solo.

Resposta à adubação nitrogenada também foi observado para mudas de outras espécies florestais, como de *Eucalyptus citriodora* (MAFFEIS *et al.*, 2000), *Myracrodruon urundeuva* (MENDONÇA *et al.*, 1999), *Aspidosperma polyneurom*, *Cedrella fissilis*(MUNIZ; SILVA, 1995) e de *Acacia mangium* (DIAS *et al.*, 1994).

Houve efeito isolado ($p < 0,05$) das doses de K sobre a altura de teca (Tabela 05), com o nível de potássio K1 (38 g planta⁻¹), apresentando altura significativamente superior ao nível K2 (75 g planta⁻¹), independente das doses de N. A altura em K1 correspondeu ao ganho de 16%, em relação à altura em K2 (Figura 04), mostrando que o aumento da dose de potássio causou efeito negativo no crescimento das plantas, que pode ser atribuído à baixa exigência de teca a K nesta fase inicial de crescimento em campo, com o nível deste nutriente no solo, somado à dose K1, proporcionando o melhor desenvolvimento em H das plantas de teca, pois segundo Novais *et al.*(2007), o que se adiciona como fertilizante ao solo irá somar-se às reservas já existentes no mesmo.

O teor de K no solo deve ter sido proveniente da vegetação de pastagem que ocupou a área antes da instalação do experimento, pois Correa e Reichardt (1995) observaram que o solo sob pastagem apresentou teores de K superiores aos solos sob floresta, atribuindo parte desse nutriente adicionado ao solo, às cinzas proveniente da queima da vegetação de floresta, por ocasião da instalação da pastagem.

Este comportamento de teca, em resposta às doses de K, mostra a importância da manutenção deste nutriente no solo ao nível da demanda da planta, dessa forma, se faz importante testar doses menores de K1 com teca cultivada nas condições do presente estudo, para verificar a demanda da planta a este nutriente e subsidiar melhor a recomendação de adubação para o cultivo de teca nas condições deste experimento.

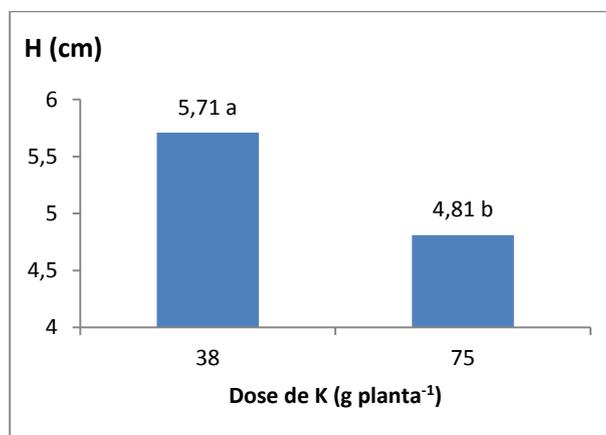
Concordando com o presente trabalho, Vieira *et al.* (2011) observaram efeito negativo das maiores doses de K sobre o crescimento de teca, aos 14 meses de idade, em condições de campo, confirmando baixa exigência de plantas jovens ao nutriente K, em condições de campo. Do mesmo modo, Favare (2010) avaliando efeito dos

macronutrientes NPK, no crescimento de teca em fase de mudas, verificou que K foi o nutriente menos exigido durante seu desenvolvimento.

São percebidas contradições na literatura entre as respostas de espécies arbóreas para a aplicação de potássio. Há que se considerar, que são espécies de materiais genéticos diferentes, cultivadas em variadas condições de solo, clima e manejo, o que influencia sobremaneira ao crescimento das plantas. Desse modo, concordando com o presente estudo, Gonçalves *et al.* (2008) observou que o K foi o nutriente que provocou menores efeitos significativos nas diversas características estudada em mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), enquanto que Faria *et al.* (2002) observaram influencia significativa de doses de K na produção volumétrica e de biomassa do tronco de *Eucalyptus grandis*.

Com relação ao potássio, alguns estudos indicam que a demanda por esse elemento é menos expressiva nas fases iniciais dos povoamentos florestais, quando comparado ao nitrogênio e principalmente, ao fósforo. (SCHUMACHER *et al.*, 2013).

Figura 04: Altura de teca em resposta às doses de K no município de Santa Maria das Barreiras - PA.



Fonte: Da Autora

6.2.2 Diâmetro à altura do peito

O diâmetro à altura do peito (DAP), assim como a H de teca, não foi significativamente ($p > 0,05$) influenciado pelas doses de nitrogênio, associadas às doses de potássio (Tabela 05), não ocorrendo interação significativa entre estes nutrientes, com a elevação de um não elevando a necessidade da planta ao outro nutriente, para seu crescimento nesta variável. Observou-se DAP médio geral entre as plantas de 6,4 cm.

Não houve efeito isolado ($p > 0,05$) das doses de N sobre o crescimento em DAP das plantas, independente das doses de K (Tabela 05), mostrando que a planta não foi exigente a este nutriente para o crescimento nesta variável, com o N não sendo limitante para o crescimento da mesma nesta fase de crescimento nas condições de estudo, e seus níveis no solo, sendo, aparentemente, suficientes para o crescimento das plantas.

Dentre os estudos sobre omissão de nutrientes e seus efeitos no desenvolvimento de mudas de espécies arbóreas, a omissão de N é uma das principais causas da redução de crescimento das plantas (FAVARE, 2010), uma vez que, a demanda por este elemento é grande durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois é o nutriente mineral exigido em maior quantidade pelas culturas (RAIJ, 1991).

Dessa forma, Locatelli *et al.* (2006) verificou no tratamento com omissão de nitrogênio, que houve redução drástica do crescimento de mudas de teca, o que era de se esperar, pois a planta foi submetida à ausência total de N, causando, conseqüentemente, deficiência deste nutriente na planta. Contrário ao observado no presente trabalho, em que mudas de teca não responderam em DAP às doses de N, em condições de campo, provavelmente devido à presença deste nutriente no solo ter atendido a demanda da planta.

Segundo Reis e Barros (1990), a adição de fertilizante a solo pobre em um ou mais nutrientes, normalmente, resulta em ganhos de crescimento e, conseqüentemente, em maior absorção de todos os nutrientes pelas árvores, e não só daqueles aplicados. Dessa forma, contrário ao observado no presente estudo, alguns pesquisadores encontraram efeito positivo da aplicação de doses de nitrogênio em espécies florestais, como Tucci *et al.* (2009) para o diâmetro do coleto de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King); por Gonçalves *et al.* (2008) para mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) e por Cruz *et al.* (2006) para mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*).

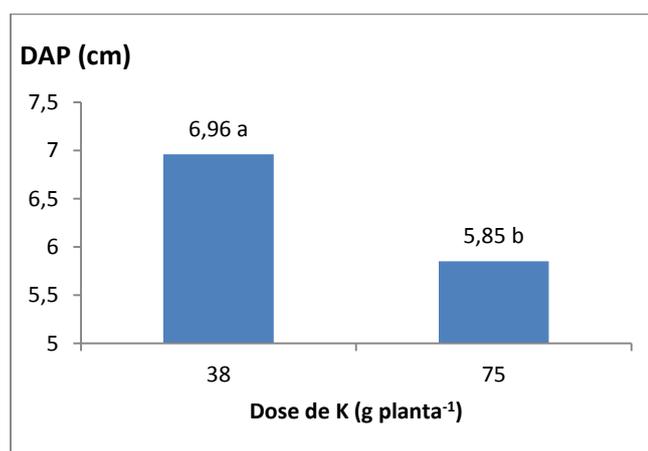
Houve efeito isolado ($p < 0,05$) das doses de K sobre a variável DAP, independente dos níveis de N (Tabela 05). No nível de potássio K1 (38 g planta⁻¹) a planta apresentou diâmetro à altura do peito significativamente superior que no nível K2 (75 g planta⁻¹), com o DAP em K1, correspondendo ao ganho de 16%, em relação ao DAP em K2 (Figura 05), mostrando que o aumento da dose de potássio causou efeito negativo no crescimento, com teca apresentando baixa exigência a este nutriente, nesta fase, em condições de campo. Segundo Oliveira (2003), o potássio é o nutriente que árvores de teca apresentam maior taxa de recuperação do solo.

Concordando com o presente trabalho, Favare (2010) verificou efeito negativo das doses de K para o diâmetro de mudas de teca. No entanto, Barroso *et al.* (2005) observaram diminuição de crescimento e redução de emissão de raízes em resposta à omissão de K, o que era de se esperar, devido a planta ter sido submetida à ausência total de K, causando, conseqüentemente, deficiência na planta.

Alvarado (2006) observou que a teca pode remover quantidades significativas de nutrientes, no entanto, podem crescer em solos relativamente inférteis, com boa estrutura e drenagem. Segundo esse autor, a exigência a K aumenta com a idade da árvore, notando que a maior exigência nutricional ocorre em faixas etárias mais avançadas, de 9 anos. Dessa forma, observações superiores ao tempo de observação do presente estudo, devem ser realizadas, para melhor avaliação da exigência de teca a este nutriente.

Para outras espécies florestais, Faria *et al.* (2002) observaram resposta positiva em volume de plantios de *Eucalyptus grandis* à adubação potássica, observando maior produção nas árvores adubadas com este nutriente. Segundo este autor, com o aumento da dose de K, houve tendência de maior acúmulo de N, P, Ca e Mg na copa e no tronco das árvores, sendo N e Ca os nutrientes mais acumulados.

Figura 05: Diâmetro à altura do peito de teca em resposta às doses de K no município de Santa Maria das Barreiras - PA.



Fonte: Da Autora

No município de Vigia, as plantas de teca não responderam negativamente, em H e DAP, ao aumento das doses de K, como ocorreu no município de Santa Maria das Barreiras, que pode ser atribuído ao teor de K no solo deste município ser superior ao teor

disponível no solo de Vigia (Tabela 01), com a dose K2, somada ao nível do K no solo, prejudicando o crescimento da planta nesta fase de crescimento.

6.3 TESTE DE ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E NITROGÊNIO EM TECA NO MUNICÍPIO DE VIGIA

6.3.1 Altura

A altura total (H) de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo, no município de Vigia – PA, foi significativamente influenciada ($p < 0,01$) pelas doses de fósforo, associadas com as doses de nitrogênio (Tabela 06), havendo interação positiva entre os dois nutrientes. Interações significativas entre nutrientes indicam que um influenciou na ação do outro, existindo uma dependência entre os efeitos dos dois fatores (GOMES, 1987; PRADO *et al.*, 2008).

Tabela 06: Análise de variância para o fatorial fósforo (P) x nitrogênio (N) para altura e diâmetro à altura do peito de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo, no espaçamento 4 m x 4 m, no município de Vigia - PA.

Fonte de Variação	GL	p – valor	
		H	DAP
Fósforo (P)	3	0,000*	0,000*
Nitrogênio (N)	1	0,042*	0,763ns
P x N	3	0,000*	0,000*
CV (%)		61,19	24,16

Em que: * = significativo ($p < = 0,05$) ao nível de 5 % de probabilidade de erro pelo teste F; ns = não significativo ($p > = 0,05$); GL = Grau de liberdade. H = Altura total. DAP = Diâmetro à altura do peito. CV = Coeficiente de variação em %.

Fonte: Da Autora

De acordo com Cantarella (2007), a interação entre dois nutrientes ocorre quando a adição de um elemento causa o aumento ou diminuição da resposta ao outro, podendo a interação ser positiva ou negativa. Quando a adição de dois nutrientes proporciona uma resposta superior, do que quando aplicados individualmente, haverá um efeito sinérgico, se a resposta for inferior, haverá efeito antagônico.

Favare (2010) observou que doses de N aumentaram os teores de P na parte aérea de mudas de teca, assim como as doses de P também aumentaram os teores de N, confirmando que esses dois elementos possuem interação positiva entre eles. Interações significativas

entre N x P também foram observadas para o crescimento em altura de mudas de guapuruvu *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. (Huber ex Ducke) Barneby (MELO, 2005).

Na dose de nitrogênio N1 (40 g de N planta⁻¹), as doses crescentes de fósforo aplicadas ao solo elevaram a altura da planta de forma linear positiva e significativamente, isto é, aumentando as doses de P aplicadas ao solo, os valores desta variável aumentaram com a altura variando de 2,98 a 5,94 m e as doses de fósforo variando de 0 a 225 g de P planta⁻¹ (Figura 06), não sendo possível encontrar a dose de P que permitisse o máximo crescimento em altura da planta, uma vez que a resposta em crescimento foi linear.

Quando a planta responde de forma linear à elevação dos níveis de um determinado nutriente, indica que maiores valores poderiam ser obtidos se doses mais elevadas do nutriente tivessem sido testadas (BARROS *et al.*, 1984). Este comportamento da planta indica que o solo não dispunha de quantidade suficiente de P para atender a demanda das plantas, com as doses de P aplicadas, aparentemente, corrigindo o baixo teor deste elemento no solo.

No nível de nitrogênio N2 (80 g de N planta⁻¹), a altura da planta aumentou de forma quadrática com a elevação das doses de fósforo, ajustando-se um modelo de regressão caracterizado por uma parábola. Calculando-se sua primeira derivada e igualando-a a zero, possibilitou encontrar a dose máxima de 138,5 g de P planta⁻¹, e com este valor encontrar, por meio de regressão, altura máxima de 5,73 m (Figura 6). Favare (2013) encontrou altura superior de teca (6,51 m) que a observada no presente estudo, com teca submetida a menores doses de P e K, aos 30 meses de idade, em condições de campo, em solo textura média, mostrando tendência da planta a apresentar melhor desenvolvimento em solo textura média, contrário ao observado neste estudo, em solo mais arenoso.

Comparando-se as doses de nitrogênio, verifica-se maior crescimento em altura (5,94 m), embora não significativo, na dose N1 (40 g N planta⁻¹), comparada com a dose N2, indicando que na dose de N1, a dose de fósforo P3 (225 g P planta⁻¹) atendeu melhor a demanda da planta para os processos de síntese da mesma, conforme indicado por Abreu *et al.* (2002). Enquanto que, no nível de nitrogênio N2 (80 g N planta⁻¹), a dose de fósforo de 138,5 g de P planta⁻¹ (Tabela 08), não foi muito adequada para dar continuidade aos processos fisiológicos da planta, limitando o crescimento da mesma.

Segundo Abreu *et al.* (2002), o aumento na concentração de N no solo eleva a necessidade de fósforo pela planta, para dar início aos seus processos de síntese.

De acordo com o observado no presente estudo, Favare (2010) verificou redução no crescimento em altura de mudas de teca, em função da elevação das doses de N. Viera *et al.* (2006) por sua vez, observou influencia positiva de doses de N para altura de mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba var. amazonicum*. (Huber ex Ducke) Barneby).

Verificou-se menor desenvolvimento em altura nas plantas mantidas nos tratamentos com ausência de fósforo, quando comparadas com os tratamentos que receberam P, tanto no nível de nitrogênio N1, quanto em N2 (Figura 06), provavelmente, devido ao fato deste nutriente desempenhar papel importante na fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, dentre outros, logo, sua ausência causa redução do crescimento das plantas e maturação dos cultivos e também por se apresentar pouco disponível para as plantas no solo. Nutrientes que se encontram em concentrações extremamente baixas na solução do solo, como o P, e considerado imóvel, são mais críticos na fase inicial de crescimento das plantas, dado ao pequeno volume de solo explorado pelas raízes (NOVAIS; MELLO, 2007).

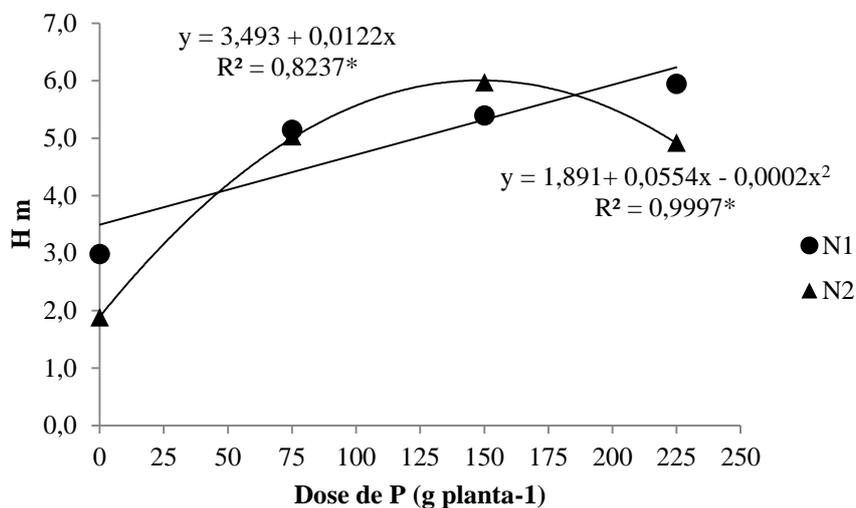
Entre os nutrientes essenciais para as plantas, o fósforo é um dos mais limitantes ao seu crescimento em condições de solos tropicais, devido à característica de “solo-dreno” que estes apresentam, sofrendo forte fixação e conseqüente indisponibilidade para as plantas (NOVAIS; SMYTH, 1999; CECONI *et al.*, 2006). Em condições de deficiência severa de fósforo no campo, foi observado para Eucalipto, que ocorre drástica redução no tamanho das plantas, ficando completamente arroxeadas (SILVEIRA; GAVA, 2004).

Dessa forma, de acordo com o observado neste estudo, resposta positiva à adubação fosfatada para teca foi observada por Favare (2013), que verificou em seu estudo, que a ausência de P limitou o crescimento em altura das plantas, comparadas com tratamentos contendo fósforo, aos trinta meses de idade, em condições de campo. Da mesma forma, Pinto e Rodigheri (2001) observaram melhor desempenho de teca na dose de 300g/cova de P, aos quatro anos de idade, em condições de campo. Estes autores comprovam a exigência da planta a fósforo na fase inicial de crescimento em campo.

Segundo Novais *et al.* (1982), para *Eucalyptus* a exigência a fósforo é maior na fase inicial do desenvolvimento, diminuindo com o aumento da idade, mostrando a

importância do fornecimento de fósforo na adubação de plantio, com o objetivo de promover maior crescimento inicial da floresta.

Figura 06: Altura de teca em resposta a aplicação de doses de P e N, aos 30 meses de idade, em condições de campo no município de Vigia - PA. R^2 coeficiente de determinação.



Fonte: Da Autora

6.3.2 Diâmetro à altura do peito

Conforme observado para a altura, o diâmetro à altura do peito (DAP) de teca foi significativamente influenciado ($p < 0,01$) pelas doses de fósforo, associadas com as doses de nitrogênio (Tabela 06), havendo, dessa forma, interação positiva entre os dois nutrientes, com a interação sendo relevante para o crescimento diferencial em DAP das plantas. Assim, a interação indica que o efeito da aplicação de um nutriente no crescimento das plantas, depende do outro nutriente (PRADO *et al.*, 2008).

O N influencia a absorção de P pelas plantas (LOPES, 1989), assim como quantidades adequadas de fósforo aumentam a capacidade das plantas em utilizar altas doses de N para produzir mais proteínas (HONDA; HONDA, 1990). O fósforo se torna mais disponível para as plantas quando aplicado com nitrogênio na fase inicial de crescimento, do que quando aplicado sem N (LOPES, 1989). Dessa forma, interação significativa entre P e N também foi observada por Melo *et al.* (2005) para produção de massa seca da parte aérea total de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) e por Abreu *et al.* (2002) para produção de matéria seca em plantas de insulina (*Cissus sicyoides*).

No nível de nitrogênio N1 (40 g planta⁻¹), o diâmetro aumentou de forma linear significativamente, com a elevação das doses de fósforo, com os valores de DAP variando entre 3,0 a 5,7 cm e as doses de P aplicadas variando de 0 a 225 g de P planta⁻¹ (Figura 07), mostrando ser a planta responsiva a maiores doses de P. Dessa forma, não foi possível encontrar a dose de fósforo que permitisse o máximo crescimento em altura da planta, uma vez que a resposta em crescimento foi linear. Este comportamento indica que maior crescimento poderia ser alcançado com a aplicação de doses superiores de P na presença de N1.

No nível de nitrogênio N2 (80 g de N planta⁻¹), o efeito quadrático das doses crescentes de fósforo sobre o DAP das plantas, permitiu estimar diâmetro máximo de 6,7 cm, obtido na dose de 206 g de P planta⁻¹ (Figura 07). Favare (2013), por sua vez, encontrou DAP superior (7,2 cm), com teca cultivada em campo aos 30 meses de idades, submetida a menores doses de P e K, em solo textura média, indicando melhor desenvolvimento de teca neste tipo de solo, comparado com o resultado obtido no presente trabalho, em solo mais arenoso.

Comparando-se as doses de nitrogênio, verifica-se que o maior crescimento em DAP das plantas (6,7 cm) ocorreu na dose de nitrogênio N2 (80 g N planta⁻¹), indicando que nesta dose de nitrogênio, o fósforo P na concentração de 206 g planta⁻¹, atendeu melhor a demanda da planta para seus processos de síntese, enquanto que em N1 (40 g N planta⁻¹), o maior crescimento (5,7 cm) ocorreu na dose aplicada de P de 225 g planta⁻¹ (Tabela 08), indicando que nesta dose de fósforo, o nível N1 de nitrogênio foi limitante para o crescimento das plantas, comprovando o relatado por Honda e Honda (1990), que a elevação de fósforo aumenta a capacidade das plantas em utilizar altas doses de N para seu crescimento.

O nitrogênio é um nutriente requerido em grandes quantidades pela maioria das culturas (SILVA *et al.*, 1998), pois é necessário para a síntese de clorofila e está envolvido no processo da fotossíntese dos vegetais, também é um componente dos aminoácidos, os quais formam proteínas (DECHEN; NACHTIGALL, 2007), logo é um elemento com grande capacidade para promover o crescimento das plantas, que traz implicações diretas e indiretas para a produtividade e qualidade dos produtos (CANTARELLA, 2007). Dessa forma, resposta positiva às doses de N foi observada por Vieira *et al.* (2006) para diâmetro do colo de mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba var. amazonicum*. (Huber ex Ducke) Barneby).

Observa-se, que os tratamentos que contém doses de P, na presença dos níveis de nitrogênio N1 e N2, apresentaram DAP significativamente superiores aos tratamentos sem fósforo, mostrando que este nutriente foi limitante para o crescimento em DAP de teca, com as plantas apresentando exigência a este nutriente, mostrando a importância do fornecimento de fósforo neste período inicial de desenvolvimento das plantas (Figura 07).

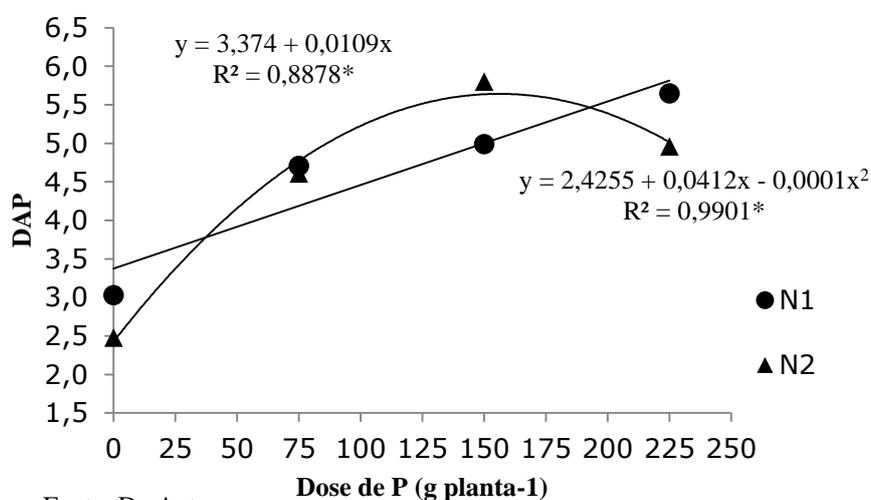
Em quantidades adequadas no solo, o P estimula o desenvolvimento radicular e é essencial para a boa formação da planta e incremento da produção (RAIJ, 1991). Em virtude da dinâmica de P nos solos mais intemperizados, a sua baixa disponibilidade para as mudas é apontada como uma das causas do inadequado desenvolvimento da maioria das culturas em solos das regiões tropicais. Áreas onde os solos possuem elevada capacidade de fixação, a deficiência deste nutriente é o fator de restrição do crescimento vegetal (SANCHEZ; SALINAS, 1981).

Segundo Favare (2010), o fósforo é o elemento mais requerido por teca, sendo responsável pelo menor desenvolvimento das plantas na fase inicial de crescimento desta espécie, e a baixa disponibilidade deste nutriente para as mudas resulta em problemas futuros.

Dessa forma, de acordo com o observado no presente trabalho, resposta positiva ao fósforo foi observada por Favare (2010) para o diâmetro de mudas de teca, em que foi observado resposta linear à elevação das doses de P. Também foi observado resposta positiva de *T. grandis* ao P, por Favare (2013), para o diâmetro de teca, aos 30 meses de idade, em condições de campo, ambos trabalhos realizados em solo textura média.

De acordo com Furtini Neto *et al.* (2000), semelhante ao que ocorre com teca, espécies pioneiras, em função de sua elevada taxa de crescimento e absorção de nutrientes, são mais responsivas à adubação fosfatada, conforme notado também por Resende *et al.* (1999) para espécies florestais, indicando a necessidade do suprimento deste nutriente para o adequado desenvolvimento destas espécies.

Figura 07: Diâmetro à altura do peito médio de teca em resposta à aplicação de doses de P e N, aos 30 meses de idade, em condições de no município de Vigia - PA. R² coeficiente de determinação.



6.4. TESTE DE ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E NITROGÊNIO EM TECA NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DAS BARREIRAS

6.4.1 Altura

A altura total (H) de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo, no município de Santa Maria das Barreiras – PA, foi significativamente influenciada ($p < 0,01$) pelas doses de P, associadas com as doses de nitrogênio, indicando existir uma dependência entre os efeitos destes nutrientes, em que os efeitos do P dependem do N, e os efeitos do N dependem do P (Tabela 07).

Tabela 07: Análise de variância para o fatorial fósforo (P) x nitrogênio (N) para altura total e diâmetro à altura do peito de teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de campo, no espaçamento 4 m x 4 m, no município de Santa Maria das Barreiras – PA.

Fonte de Variação	GL	p – valor	
		H	DAP
Fósforo (P)	3	0,158ns	0,123ns
Nitrogênio (N)	1	0,028*	0,037*
P x N	3	0,009*	0,032*
CV		22,82	20,93

Em que: * = significativo ($p \leq 0,05$) ao nível de 5 % de probabilidade de erro pelo teste F; ns = não significativo ($p > 0,05$); GL = Grau de liberdade. H = Altura total. DAP = Diâmetro à altura do peito. CV = Coeficiente de variação em %.

Fonte: Da Autora

No nível de nitrogênio N1 (40 g planta⁻¹), a altura total das plantas de teca aumentou de forma quadrática, com a elevação das doses de fósforo, permitindo estimar altura máxima de 5,34 m, na dose de 140,62 g de P planta⁻¹ (Figura 08).

No nível de nitrogênio N2 (80 g N planta⁻¹), a altura total aumentou de forma linear positiva e significativamente, isto é, aumentando as doses de P aplicadas ao solo, os valores desta variável se elevaram, apresentando maior altura de 6,46 m, na dose aplicada de 225 g de P planta⁻¹ (Figura 08), não sendo possível encontrar a dose de P que permitisse o máximo crescimento em altura da planta, uma vez que a resposta em crescimento foi linear. Altura aproximada (6,87 m) foi observada por Favare (2013) com teca, aos 30 meses de idade, cultivada em condições de solo semelhantes às condições de cultivo do presente trabalho.

Comparando-se as doses de nitrogênio, verifica-se que o maior crescimento em altura (6,46 m) ocorreu na dose de N2 (80 g N planta⁻¹), indicando que a concentração de 225 g de P planta⁻¹ atendeu melhor a demanda da planta para seus processos de síntese, enquanto que na dose N1 (40 g N planta⁻¹) a concentração de fósforo de 140,62 g P planta⁻¹ (Tabela 08) não foi suficiente para dar continuidade aos processos fisiológicos da planta, limitando o crescimento da mesma.

A interação entre N e P na nutrição de algumas culturas é conhecida há bastante tempo. Ocorre aumento na absorção de fósforo, quando este nutriente é empregado juntamente com N, assim como a adição de fertilizantes nitrogenados promove o aumento da absorção de P, mesmo em solos com alta disponibilidade deste último, nos quais a adubação de fósforo tem pouco efeito (CANTARELLA, 2007). Dessa forma, efeitos positivos da interação de N x P também foram observados por Schumacher *et al.* (2012) para a altura de plantas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) aos seis anos de idade e para altura de árvores de gravioleira (SILVA *et al.*, 2002).

O nitrogênio (N) é essencial para o crescimento das plantas, pois é um componente necessário para a estrutura e as funções da célula, uma vez que o protoplasma é o local de divisão celular e, portanto, de crescimento das plantas (LOPES, 1989). Devido a grande exigência de N pelas culturas e seu baixo efeito residual no solo, a adubação nitrogenada precisa ser feita em maior quantidade e constantemente em relação aos demais nutrientes (FURTINI NETO *et al.*, 2001).

Observa-se também, que o valor médio da altura na dose de fósforo P3 (225 g de P planta⁻¹), com o nível N2 (80 g N planta⁻¹), foi significativamente superior à altura obtida na dose P0, apresentando um ganho de 32%, mostrando que o P foi limitante

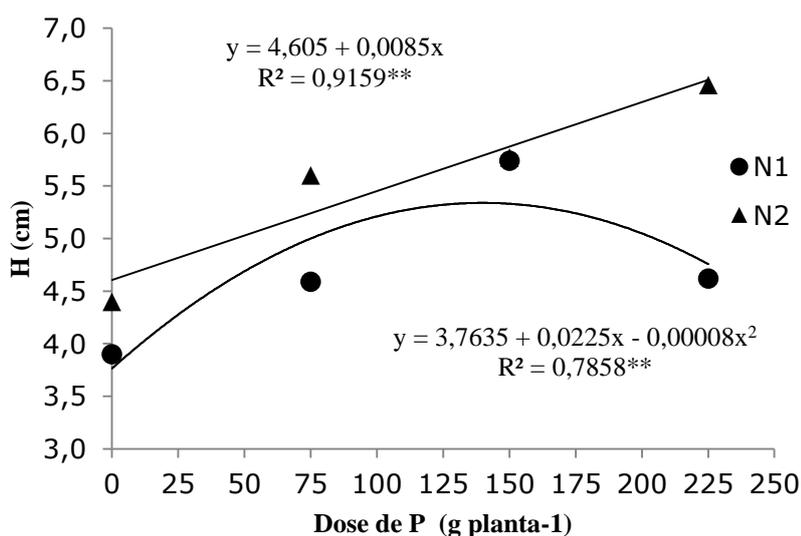
para o crescimento em altura da teca em Santa Maria das Barreiras (Figura 08). Este reduzido crescimento observado nos tratamentos sem adição de fósforo é esperado, pois a planta precisa do P para completar seu ciclo normal de produção, pois o fósforo atua na fotossíntese, na respiração, no armazenamento e transferência de energia, além de promover a formação e o crescimento prematuro das raízes (LOPES, 1989).

Os solos florestais brasileiros apresentam baixo teor de fósforo disponível. Além disso, apresentam alta capacidade de retenção de fósforo (Raij, 1991), que é adsorvido (retido) pelos óxidos de Fe e de Al, presentes, de modo geral, em maiores quantidades em solos tropicais intemperizados, e de modo particular nos mais argilosos (NOVAIS *et al.*, 2007), o que torna a deficiência do P, o mais importante fator nutricional que restringe o crescimento vegetal (FURTINI NETO *et al.*, 1999).

Concordando com o presente trabalho, Favare (2010) observou influência significativa da adubação fosfatada sobre a altura de mudas de teca em condições de vaso. Da mesma forma, Vieira *et al.* (2011) em experimento com teca cultivada em condições de campo, aos 14 meses de idade, observou ocorrência de maior altura das plantas (3,34 m) na dose de 32,8 g de P₂O₅ planta⁻¹.

O fósforo na planta estimula o crescimento das raízes, garantindo uma arrancada vigorosa (CECONI *et al.*, 2006). Até 65% do P pode ser absorvido na fase inicial de crescimento (MALAVOLTA, 1997). Dessa forma, alguns autores também observaram resposta à aplicação de doses de fósforo em outras espécies florestais, como para altura em mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*, Huber Ducke) por Viégas (2007), para mudas de Eucalipto, por Gonçalves e Passos (2000), em plântulas de paineira (*Chorisia speciosa* St. Hill.) por Fernandes *et al.* (2000) e em mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) por Ceconi *et al.* (2006).

Figura 08: Altura das plantas de teca, aos 30 meses, em resposta às doses de P e N, no município de Santa Maria das Barreiras - PA. R² coeficiente de determinação.



6.4.2 Diâmetro à altura do peito

Verificou-se, assim como para a altura total de teca, que o diâmetro à altura do peito (DAP) de teca, cultivada em Santa Maria das Barreiras, em condições de campo, aos 30 meses de idade, foi significativamente ($p < 0,05$) influenciado pelo fatorial P x N (Tabela 07), indicando haver dependência entre os efeitos destes nutrientes nas condições de estudo, e que os efeitos do P dependem do N, e os efeitos do N dependem do P.

Efeitos positivos da interação de N x P também foram observados por Schumacher *et al.* (2013), para a altura de plantas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) aos seis anos de idade, para altura de mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) (VIEIRA *et al.*, 2006) e para altura de mudas de laranjeira por Prado *et al.* (2008).

No nível de nitrogênio N1 (40 g planta⁻¹), o DAP das plantas de teca aumentou de forma quadrática com a elevação das doses de fósforo, permitindo estimar DAP máximo de 8,7 cm, na dose respectiva de 161,25 g de P planta⁻¹ (Figura 09). Diâmetro à altura do peito inferior (7,5 m) foi observado por Favare (2013), com teca cultivada em condições de campo, aos 30 meses de idade, em solo arenoso, indicando menor desenvolvimento de teca em solo arenoso, contrário do observado no presente trabalho para teca cultivada em solo menos arenoso.

No nível de nitrogênio N2 (80 g de N planta⁻¹), o DAP das plantas aumentou de forma linear positiva e significativamente, isto é, aumentando as doses de P aplicadas ao solo, os valores desta variável se elevaram, apresentando maior DAP de 7,7 cm, na dose aplicada de 225 g de P planta⁻¹ (Figura 09), não sendo possível encontrar a dose de P que permita o máximo crescimento em altura da planta, uma vez que a resposta em crescimento foi linear. Este comportamento indica que maior crescimento poderia ser alcançado com a aplicação de doses superiores de P na presença de N1.

Comparando-se as doses de nitrogênio, verifica-se que o maior crescimento em DAP de teca (8,7 cm) ocorreu na dose de nitrogênio N1 (40 g N planta⁻¹), com a dose de fósforo estimada de 161,25 g P planta⁻¹, indicando que no nível de nitrogênio N1, esta dose de fósforo foi suficiente para os processos de síntese da planta, enquanto que na dose N2 (80 g N planta⁻¹) a concentração de fósforo aplicada de 225 g P planta⁻¹ (Tabela 08), não foi suficiente para dar continuidade aos processos fisiológicos da planta, limitando seu crescimento em DAP.

O N é necessário para a síntese de clorofila e está envolvido no processo da fotossíntese dos vegetais, também é um componente dos aminoácidos, os quais formam proteínas (DECHEN; NACHTIGALL, 2007), já o fósforo faz parte das moléculas de preservação e transferência de energia nas plantas que são usadas pela célula na fotossíntese, biossíntese de amido e gorduras (SILVEIRA; GAVA, 2004). Desta maneira, nitrogênio e fósforo são necessários para que ocorra a produção de biomassa vegetal. Com isso, resposta positiva de teca à N são relatadas por Favare (2010) e Zhou *et al.* (2012), assim como resposta positiva de teca a P são relatadas Favare (2010), Vieira *et al.* (2011) e Favare (2013).

Em estudos que avaliam a deficiência de macronutrientes em mudas de teca, foi observado que nos tratamentos com omissão de nitrogênio e fósforo, individualmente, houve sintomas de deficiência em mudas de teca em condições de vaso (BARROSO *et al.*, 2005; LOCATELLI *et al.*, 2006; FRAZÃO *et al.*, 2007). Ressaltando a importância da adubação destes nutrientes na fase de desenvolvimento inicial da teca.

Assim como para a altura, verificou-se reduzido crescimento em DAP de teca nas plantas com ausência de fósforo (Figura 09), devido ao fato deste nutriente desempenhar papel importante para o desenvolvimento das plantas, com sua ausência causando redução do crescimento das mesmas e na maturação dos cultivos, evidenciando a importância deste nutriente na antecipação do tempo para o crescimento das plantas de teca. Dessa forma, Gonçalves *et al.* (2008) verificaram resposta positiva para o diâmetro de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) às doses de P analisadas.

Figura 09: Diâmetro à altura do peito das plantas de teca, aos 30 meses, em resposta às doses de P e N, no município de Santa Maria das Barreiras-Pa. R^2 coeficiente de determinação.

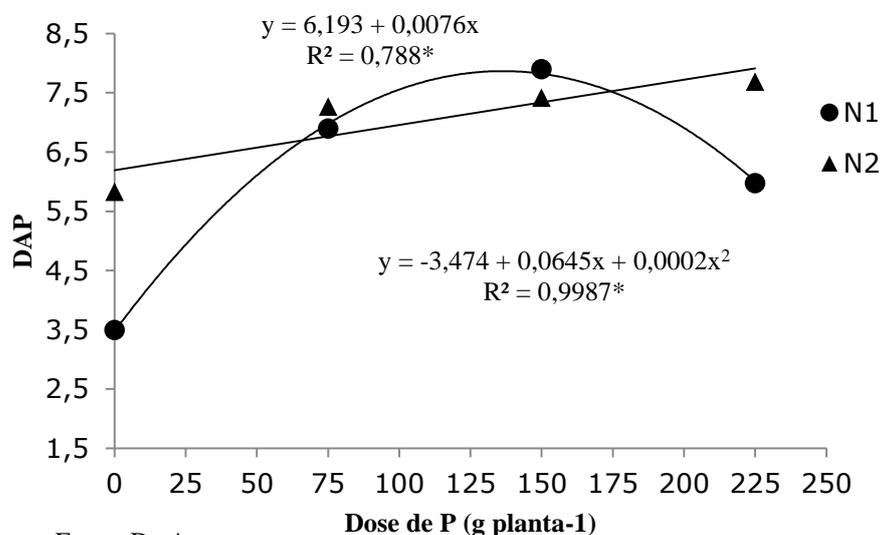


Tabela 08: Equações de regressão ajustadas para altura e diâmetro à altura do peito de teca em função das doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) aplicadas nos municípios de Vigia e Santa Maria das Barreiras, aos 30 meses de idade, no estado do Pará.

Município	Eq. de Regressão	R^2	H máxima (m)	DAP máximo	N para crescimento máximo (g/planta^{-1})	P para crescimento máximo (g/planta^{-1})
Vigia	$y = 3,493 + 0,0122x$	0,8237*	5,94 m	-	40	225
	$y = 1,891 + 0,0554x - 0,0002x^2$	0,9997*	5,73	-	80	138,5
	$y = 3,374 + 0,0109x$	0,8878*	-	5,7	40	225
	$y = 2,4255 + 0,0412x - 0,0001x^2$	0,9901*	-	6,7	80	206
Santa Maria das Barreiras	$y = 1,891 + 0,0554x - 0,0002x^2$	0,9997*	5,34	-	40	140,62
	$y = 3,493 + 0,0122x$	0,8237*	6,46	-	80	225
	$y = 3,374 + 0,0109x$	0,8878*	-	8,7	40	161,25
	$y = 2,4255 + 0,0412x - 0,0001x^2$	0,9901*	-	7,7	80	225

* significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F. H= altura total da planta; DAP diâmetro à altura do peito; N=nitrogênio; P = fósforo; R^2 coeficiente de determinação.

Fonte: Da Autora

6.5 COMPARAÇÃO ENTRE TECA DO MUNICÍPIO DE VIGIA E DE SANTA MARIA DAS BARREIRAS

As plantas de teca cultivadas no município de Vigia, com mudas produzidas a partir de sementes, em solo mais arenoso e pluviosidade média anual de 2770 mm, alcançaram altura e DAP inferiores aos observados com o clone de teca cultivada no município de Santa Maria das Barreiras, que apresenta solo menos arenoso, pluviosidade média anual de 2000 mm e presença de déficit hídrico na estação seca.

O melhor desenvolvimento de teca cultivada em Santa Maria das Barreiras pode estar relacionado ao seu material genético, que é originado a partir de clone, e este, por sua vez, apresenta melhor desenvolvimento do que teca de Vigia, originada a partir de semente, pois segundo Meurer (2007) os fatores inerentes à planta, como os fatores genéticos, podem determinar maior ou menor produtividade das plantas.

Mas também pode ser atribuído às melhores condições edafoclimáticas que as plantas de teca encontraram no município de Santa Maria das Barreiras, tais como: solo menos arenoso, que apresenta maior capacidade de retenção de cátions (nutrientes de carga positiva como Ca e Mg), apontados como mais exigidos pela planta (FAVARE, 2012), e maior capacidade de retenção de água do que o solo mais arenoso de Vigia; devido o solo apresentar pH mais favorável ao crescimento das plantas e também devido em Santa Maria das Barreiras ocorrer déficit hídrico de três meses, de acordo com as preferências da espécie, conforme CÁCERES FLORESTAL (1990).

Na literatura Teca é citada como uma espécie exigente em teores de bases trocáveis do solo, principalmente Ca, demonstrando melhor crescimento em altura onde há maiores teores desse elemento no solo. Também foi observado, que o pH do solo constitui fator importante para o bom estabelecimento de plantios de teca, sendo que os melhores plantios, em termos de altura das árvores, ocorreram em sítios em que os valores de pH são mais próximos do neutro (SILVA *et al.*, 2000).

T. grandis é uma espécie considerada exigente em fertilidade e os solos de textura média, são apontados como os mais apropriados para seu plantio, sendo que os mesmos devem ser profundos (mais de 1,5 metros), permeáveis, bem drenados e com capacidade média a alta de retenção de água (VIEIRA, 2011). As plantas de teca toleram uma grande variedade de climas, porém cresce melhor em condições tropicais moderadamente úmidas e quentes, apresentando melhor desenvolvimento em regiões onde a precipitação anual fica entre 1.250 e 3.750 mm, temperatura mín. 13°C e máx.

43°C e uma estação biologicamente seca (disponibilidade hídrica menor que 50 mm/mês) de 3 meses (CÁCERES FLORESTAL, 1990).

6.6 INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NO INCREMENTO DE TECA SUBMETIDA A DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DAS BARREIRAS - PA

6.6.1 Correlação entre Incremento periódico semestral em altura e precipitação

Os maiores incrementos periódicos semestrais em altura (IPH), de forma geral, ocorreram aos 12, 24 e 30 meses de idade. Os maiores incrementos ocorridos aos 12 e 24 meses podem estar relacionados aos elevados níveis de precipitação (PRP) dos semestres que antecederam estas idades e à conseqüente disponibilidade de água no solo (Tabela 09, Figura 10), aumentando a resposta à fertilização das plantas. Stape *et al.* (2004) em um estudo com *Eucalyptus*, realizado no Nordeste do Brasil, notaram que a maior disponibilidade de água causou um incremento no uso de luz e nitrogênio, bem como o aumento da eficiência do uso dos recursos naturais pelas plantas.

Aos 30 meses, como o semestre que antecedeu esta idade foi de menor precipitação, comparado com os semestres que antecederam os 12 e 24 meses (Tabela 09, Figura 10), atribui-se o elevado incremento aos 30 meses idade, como resultado do maior desenvolvimento das raízes nesta idade, que permitem a planta explorar mais profundamente o solo em busca de água e também devido à disponibilidade de água da estação de chuvas anterior a esse período de menor precipitação, armazenadas nas camadas mais profundas do solo. Semelhante ao observado por Sette Júnior *et al.* (2010), que obtiveram a mesma resposta do crescimento em diâmetro das árvores de *Eucalyptus grandis* no período de seca, atribuída à água disponível a vários metros do solo.

Tabela 09: Incremento periódico semestral em altura de teca em função das doses de nitrogênio (N) e potássio (K) e da idade, ordenados segundo o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) no município de Santa Maria das Barreiras – PA.

Idade (meses)	PRP mm	Tratamentos							
		N0K1	N0K2	N1K1	N1K2	N2K1	N2K2	N3K1	N3K2
-----Incremento periódico semestral em altura (m)-----									
12	1029,22	1.22	1.04	1.27	0.91	1.50	0.98	1.22	1.21
18	381,6	0.87	0.96	0.95	0.68	0.91	1.05	1.22	0.70
24	1113,8	1.68	1.49	1.47	1.70	1.12	1.38	1.78	0.88
30	719	1.51	1.24	2.13	0.97	1.17	1.33	0.91	1.20

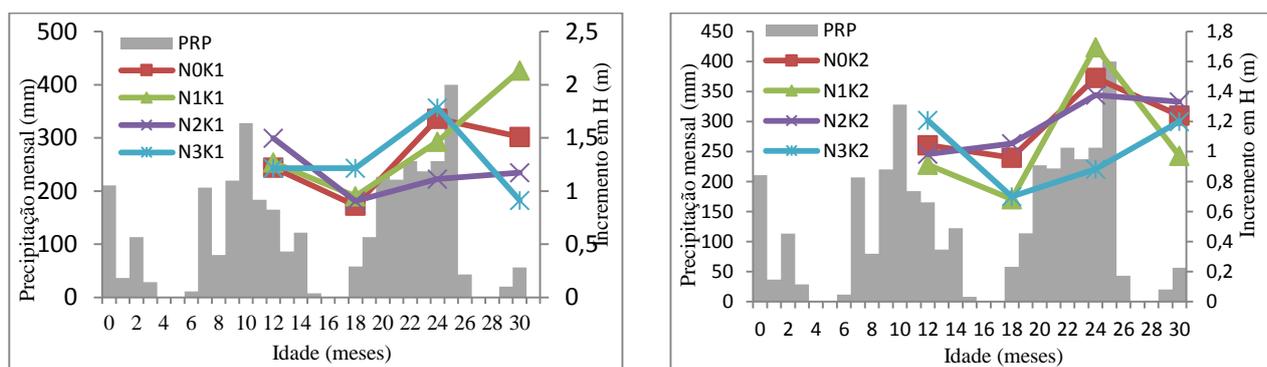
PRP = Precipitação acumulada dos seis meses que antecederam as idades avaliadas.

Fonte: Da Autora

Os menores valores de IPH ocorreram aos 18 e 30 meses de idade, que podem ser atribuídos à menor pluviosidade e disponibilidade hídrica no solo nos semestres que antecederam estas idades (Tabela 09, Figura 10). Da mesma forma, Favare (2013) observou redução no incremento em altura aos 24 meses de idade após plantio, atribuindo ao baixo índice pluviométrico desse ano, comparado com os demais anos de avaliação desse experimento.

Aos 18 meses ocorreram os menores valores de IPH, mostrando que a planta inicialmente, em condições de campo, sofre mais com a redução da pluviosidade e consequente diminuição da disponibilidade hídrica no solo, devido a planta apresentar sistema radicular menos desenvolvido inicialmente, do que aos 30 meses, não podendo explorar melhor o solo em busca de água. A comparação entre o comportamento de uma planta durante uma estação seca e aquele observado durante uma chuvosa permite verificar alterações bem distintas nesta planta. Os sintomas de deficiência nutricional, que podem ser intensos em condições de baixa disponibilidade de água no solo, diminuem em intensidade ou desaparecem durante os períodos chuvosos (NOVAIS; MELLO, 2007).

FIGURA 10: Incremento periódico semestral em altura de teca em função das doses de nitrogênio (N) e potássio (K), dos 12 aos 30 meses de idade, e distribuição pluviométrica (mm) do período de avaliação do experimento (março de 2012 a setembro de 2014), no município de Santa Maria das Barreiras - PA.



Fonte: Da Autora

O resultado da análise de correlação de Pearson entre o IPH de teca submetida à adubação com doses de N e K, e a precipitação dos semestres avaliados, (Tabela 10) não mostrou correlação significativa a 5% de significância para os tratamentos avaliados, provavelmente em função de alguns tratamentos não seguirem a tendência de maior incremento no período chuvoso e redução do incremento no período menos

chuvoso, como a maioria dos tratamentos, indicando haver influência de outros fatores no IPH de teca que precisam ser melhor avaliados. Para plantios de Eucalipto com 2 a 6 anos de idade, Silva (2011) verificou correlação positiva significativa entre a precipitação e a resposta à fertilização.

Tabela 10: Correlação de Pearson entre incremento periódico semestral em altura de teca submetida às doses de nitrogênio (N) e potássio (K) e precipitação acumulada dos períodos avaliados, no município de Santa Maria das Barreiras - PA.

Tratamento	Correlação de Pearson	Significância
N0K1	0,746	0,254
N0K2	0,649	0,351
N1K1	0,234	0,766
N1K2	0,756	0,244
N2K1	0,687	0,313
N2K2	0,292	0,708
N3K1	0,550	0,450
N3K2	0,483	0,517

*Correlação significativa ao nível de 0,05.

Fonte: Da Autora

6.6.2 Correlação entre incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito e precipitação

Os maiores valores de incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito (IPDAP) ocorreram aos 24 meses de idade, que podem estar relacionados ao elevado nível de precipitação no semestre que antecedeu esta idade e à disponibilidade de água no solo (Tabela 11, Figura 11), aumentando, conseqüentemente, a resposta à fertilização pelas plantas. A exemplo do que aconteceu com outras três espécies florestais na cidade de Manaus, em que Botosso, Vetter e Tomazello Filho (2000) verificaram, após as primeiras precipitações da estação chuvosa, significativo aumento nas taxas de incremento em diâmetro das espécies florestais. Figueiredo Filho *et al.* (2003) também verificaram maiores incrementos em diâmetro de sete espécies florestais, no período de maior precipitação no estado do Paraná, com o incremento sendo fortemente afetado pela precipitação.

Tabela 11: Incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito de teca em função das doses de nitrogênio (N) e potássio (K) e da idade, ordenados segundo o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), no município de Santa Maria das Barreiras – PA.

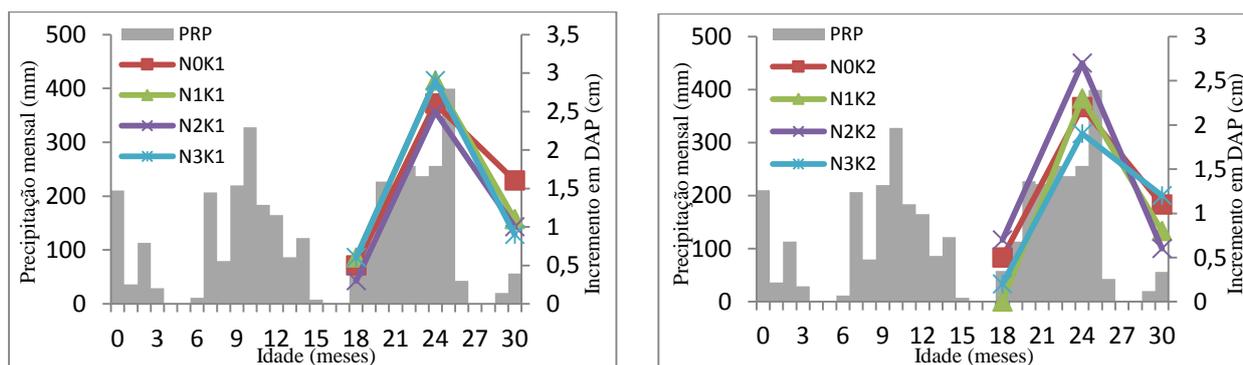
Idade (meses)	PRP (mm)	Tratamentos							
		N0K1	N0K2	N1K1	N1K2	N2K1	N2K2	N3K1	N3K2
		-----Incremento periódico em DAP (cm)-----							
18	381,6	0,5	0,5	0,6	0,0	0,3	0,7	0,6	0,2
24	1113,8	2,6	2,2	2,9	2,3	2,5	2,7	2,9	1,9
30	719	1,6	1,10	1,1	0,8	1,0	0,6	0,9	1,2

PRP = Precipitação acumulada dos seis meses que antecederam as idades avaliadas.

Os menores valores de IPDAP ocorreram aos 18 e 30 meses de idade, que podem ser relacionados à menor precipitação e disponibilidade de água no solo no semestre que antecedeu cada uma destas idades. Semelhante ao observado por Maria (2002), que verificou na época seca, redução e até paralisação do crescimento em circunferência do tronco para a maioria das espécies arbóreas tropicais estudadas (Tabela 11, Figura 11).

Aos 18 meses de idade observa-se que ocorreu menor IPDAP do que aos 30 meses, que pode ser atribuído ao menor desenvolvimento radicular das plantas em fase mais jovens, não permitindo a planta explorar melhor o solo em busca de água, sofrendo mais com a deficiência hídrica no solo.

FIGURA 11: Incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito de teca em função das doses de nitrogênio (N) e potássio (K), dos 18 aos 30 meses de idade, e distribuição pluviométrica (mm) do período de avaliação do experimento (de março de 2012 a setembro de 2014), no município de Santa Maria das Barreiras - PA.



Fonte: Da Autora

O resultado da análise de correlação de Pearson entre o IPDAP de teca submetida às doses de P e N e a precipitação acumulada dos períodos avaliados mostrou resultados positivos e elevados de coeficientes de correlação para todos os tratamentos avaliados, com correlação significativa a 5% de significância para o tratamento N0K1 (Tabela 12). Embora não tenha havido correlação significativa entre IPDAP e a PRP

para todos os tratamentos, provavelmente devido à baixa quantidade de dados utilizados na análise de correlação, há indicativo de ótima correlação entre o IPDAP de teca e a PRP, com o IPDAP aumentando no período de maior precipitação e reduzindo no período de menor PRP. Da mesma forma, Maria (2002) verificou que o incremento em circunferência do tronco de 23 espécies arbóreas tropicais e subtropicais está estreitamente relacionado à sazonalidade de precipitação pluviométrica. Sette Júnior et al. (2010), também verificaram correlação significativa entre incremento em diâmetro do tronco e a precipitação para árvores de eucalipto no período de 24 meses de idade.

Tabela 12: Correlação de Pearson entre incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito de teca submetida às doses de nitrogênio (N) e potássio (K), e precipitação acumulada dos períodos avaliados, no município de Santa Maria das Barreiras - PA.

Tratamento	Correlação de Pearson	Significância
N0K1	0,997	0,046*
N0K2	0,992	0,078
N1K1	0,964	0,172
N1K2	0,992	0,082
N2K1	0,987	0,103
N2K2	0,868	0,331
N3K1	0,937	0,228
N3K2	0,989	0,093

*Correlação significativa ao nível de 0,05.

Fonte: Da Autora

6.7 INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NO INCREMENTO DE TECA SUBMETIDA A DOSES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DAS BARREIRAS

6.7.1 Correlação entre Incremento periódico semestral em altura e precipitação

Os maiores valores de IPH ocorreram, de forma geral, aos 12 e 30 meses de idade, que pode ser atribuído aos elevados níveis de precipitação no semestre que antecedeu estas idades e à maior disponibilidade de água no solo (Tabela 13, Figura 12), aumentando conseqüentemente a resposta à fertilização pelas plantas. Semelhante ao observado por Fedele et al. (2004), que verificaram no estado de São Paulo taxa de crescimento em circunferência do tronco das árvores de *Esenbeckia leiocarp* maior no

período chuvoso, em relação ao seco, quando ocorreu diminuição da atividade cambial do tronco.

Aos 30 meses de idade, os elevados IPH ocorridos nos tratamentos P0N1, P0N2 e P1N2 foram devido à mortalidade das plantas que apresentavam menor crescimento nesses tratamentos nessa idade, causando considerável elevação do incremento aos 30 meses de idade nestes tratamentos, principalmente nos tratamentos com ausência de P, que eram os que apresentavam plantas com menor crescimento.

TABELA 13: Incremento periódico semestral em altura de teca em função das doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) e da idade, ordenados segundo o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), no município de Santa Maria das Barreiras – PA.

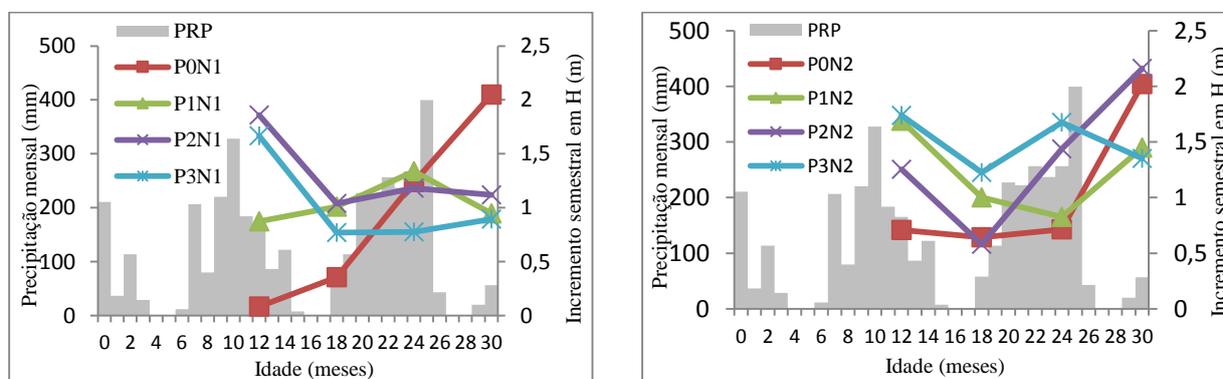
Idade (meses)	PRP (mm)	Tratamentos							
		P0N1	P0N2	P1N1	P1N2	P2N1	P2N2	P3N1	P3N2
-----Incremento periódico em altura (m)-----									
12	1029,22	0.08	0.71	0.87	1.69	1.86	1.25	1.67	1.74
18	381,6	0.35	0.64	1.01	1.00	1.04	0.58	0.77	1.23
24	1113,8	1.24	0.71	1.34	0.83	1.18	1.44	0.78	1.68
30	719	2.05	2.02	0.95	1.45	1.12	2.16	0.89	1.35

PRP = Precipitação acumulada dos seis meses que antecederam as idades avaliadas.

Fonte: Da Autora

Os menores valores de IPH aos 18 meses podem ser atribuídos ao baixo nível de precipitação e disponibilidade de água no solo no semestre que antecedeu esta idade (Tabela 13, Figura 12), pois como a planta ainda não está com seu sistema radicular bem desenvolvido, inicialmente a mesma sofre mais com a deficiência hídrica no solo. Da mesma forma, Favare (2013) observou que irregularidades de chuvas tiveram influência significativa no desenvolvimento inicial das árvores de teca.

FIGURA 12: Incremento periódico semestral em altura total de teca em função das doses de fósforo (P) e nitrogênio (N), dos 12 aos 30 meses de idade, e distribuição pluviométrica (mm) do período de avaliação do experimento (março de 2012 a setembro de 2014), no município de Santa Maria das Barreiras - PA.



Fonte: Da Autora

O resultado da análise de correlação de Pearson entre o IPH de teca submetida às doses de P e N e a precipitação acumulada nos períodos avaliados mostrou valores de coeficiente de correlação de Pearson baixos, e ausência de correlação significativa para os tratamentos, com exceção do tratamento P3N2, que apresentou correlação significativa (Tabela 14).

A ausência de correlação entre IPH e a PRP para a maioria dos tratamentos, deve ser, provavelmente, em função destes tratamentos não seguirem a tendência de maior incremento no período chuvoso e redução do incremento no período menos chuvoso, indicando haver influência de outros fatores no IPH de teca que precisam ser melhor avaliados. Figueiredo Filho (2003) constatou correlação significativa entre o incremento diamétrico e a precipitação de sete espécies florestais estudadas no estado do Paraná.

Tabela 14: Correlação de Pearson entre incremento periódico semestral em altura de teca submetida à doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) e a precipitação acumulada dos períodos avaliados, no município de Santa Maria das Barreiras - PA.

Tratamento	Correlação de Pearson	Significância
P0N1	0,059	0,941
P0N2	-0,137	0,863
P1N1	0,370	0,630
P1N2	0,141	0,859
P2N1	0,568	0,432
P2N2	0,403	0,597
P3N1	0,434	0,566
P3N2	0,955	0,045*

*Correlação significativa ao nível de 0,05.

Fonte: Da Autora

6.7.2 Correlação entre Incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito e precipitação

Observam-se maiores valores de IPDAP ocorridos aos 24 meses de idade, que podem estar relacionados ao elevado nível de precipitação no semestre que antecedeu esta idade e à maior disponibilidade de água no solo (Tabela 15, Figura 13), aumentando consequentemente a resposta à fertilização pelas plantas. Da mesma forma, Sette Júnior *et al.* (2010) relacionaram os períodos de máximo incremento em diâmetro de plantas de eucalipto, aos altos níveis de precipitação e à disponibilidade de água no solo. Assim como Ferreira (2002) também verificou para algumas espécies arbóreas de floresta estacional

semidecidual do estado de São Paulo, maior incremento em circunferência do tronco no período chuvoso, comparado ao período de seca, quando houve uma diminuição e/ou a cessação da atividade cambial do tronco.

Tabela 15: Incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito de teca em função das doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) e da idade, ordenados segundo o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), no município de Santa Maria das Barreiras – PA.

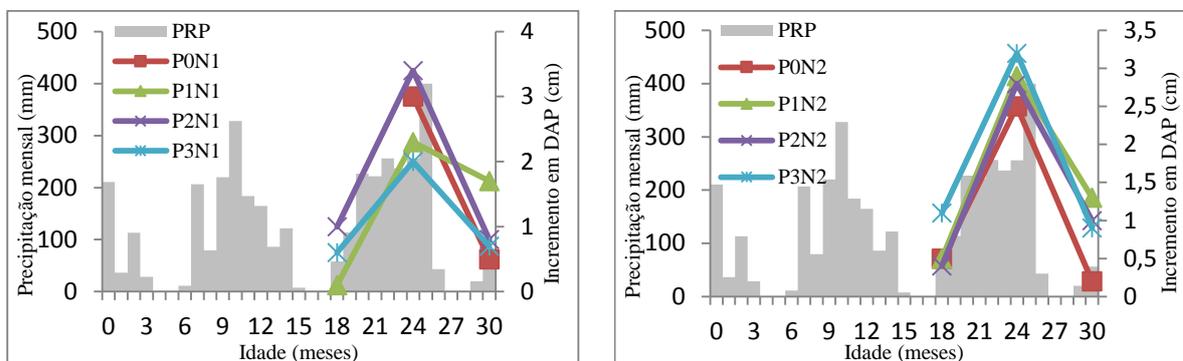
Idade (meses)	PRP (mm)	Tratamentos							
		P0N1	P0N2	P1N1	P1N2	P2N1	P2N2	P3N1	P3N2
		-----Incremento periódico em DAP (cm)-----							
18	381,6	-	0,5	0,1	0,5	0,1	0,4	0,6	1,1
24	1113,8	3,0	2,5	2,3	2,9	3,4	2,8	2,1	3,2
30	719	0,5	0,2	1,7	1,3	0,8	0,1	0,7	0,9

PRP = Precipitação acumulada dos seis meses que antecederam as idades avaliadas.

Fonte: Da Autora

Os menores valores de IPDAP ocorreram aos 18 e 30 meses de idade, que podem ser atribuídos à menor pluviosidade e disponibilidade hídrica no solo, no semestre que antecedeu cada uma destas idades (Tabela 15, Figura 13). Aos 18 meses ocorreram os menores valores de IPH, mostrando que a planta inicialmente, em condições de campo, sofre mais com a redução da pluviosidade e consequente diminuição da disponibilidade hídrica no solo, devido a planta apresentar sistema radicular menos desenvolvido inicialmente, do que aos 30 meses, não podendo explorar melhor o solo em busca de água. Em estudo realizado por Gonçalves e Passos (2000), com redução da disponibilidade de água no solo e menor nível de fósforo, mudas de *Eucalyptus cloeziana* apresentaram as maiores reduções no crescimento em altura, diâmetro e peso da matéria seca total. Segundo estes autores, a deficiência hídrica pode afetar diretamente o crescimento em altura e diâmetro, reduzindo a expansão celular e a formação da parede celular e, indiretamente, reduzindo a disponibilidade de carboidratos ou influenciando a produção de reguladores de crescimento.

FIGURA 13: Incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito (IPDAP) de teca em função das doses de fósforo (P) e (N), dos 18 aos 30 meses de idade, e distribuição pluviométrica (mm) do período de avaliação do experimento (março de 2012 a setembro de 2014), no município de Santa Maria das Barreiras - PA.



Fonte: Da Autora

O resultado da análise de correlação de Pearson entre o IPDAP de teca submetida às doses de P e N, e a precipitação acumulada nos períodos avaliados, mostrou resultados positivos e elevados de coeficientes de correlação para todos os tratamentos avaliados, com correlação significativa a 5% de significância para o tratamento P1N1 (Tabela 16). Embora não tenha havido correlação significativa entre IPDAP e a PRP para todos os tratamentos, provavelmente devido à baixa quantidade de dados utilizados na análise de correlação, há indicativo de ótima correlação entre o IPDAP de teca e a PRP, com o IPDAP aumentando no período de maior precipitação e reduzindo no período de menor PRP. Semelhante ao observado por Ferreira (2002) com algumas espécies arbóreas de floresta estacional semidecidual do estado de São Paulo, em que a taxa de crescimento em circunferência do tronco das árvores se apresentou diretamente relacionada com a precipitação e à disponibilidade de água no solo.

Tabela 16 – Correlação de Pearson entre incremento periódico semestral em diâmetro à altura do peito de teca submetida às doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) e a precipitação acumulada dos períodos avaliados, no município de Santa Maria das Barreiras - PA.

Tratamento	Correlação de Pearson	Significância
P0N1	0,949	0,205
P0N2	0,831	0,376
P1N1	1,000	0,001*
P1N2	0,989	0,960
P2N1	0,853	0,350
P2N2	0,969	0,159
P3N1	0,907	0,277
P3N2	0,844	0,361

*Correlação significativa ao nível de 0,05.

Fonte: Da Autora

7 CONCLUSÃO

1. Para o experimento de teca submetida às doses de N e K no município de Vigia e Santa Maria das Barreiras, pode-se concluir que:
 - a) O crescimento em H e DAP de teca plantada nos dois municípios, aos 30 meses de idade, não foi influenciado positivamente pelo fatorial N x K, não ocorrendo o aumento nestas duas variáveis com a elevação das doses de N e K aplicadas ao solo;

2. Para o experimento de teca submetida às doses de P e N, no município de Vigia e Santa Maria das Barreiras, pode-se concluir que:
 - a) O crescimento em H e DAP de teca plantada nestes dois municípios, aos 30 meses de idade, foi influenciado positivamente pelo fatorial P x N, ocorrendo o aumento nestas duas variáveis com a elevação das doses combinadas de P e N aplicadas ao solo dos dois municípios;
 - b) Nas condições edafoclimáticas estudadas do município de Vigia, o crescimento máximo em H foi alcançado com as doses de 80 g de N e 138,5 g de P planta⁻¹, e o crescimento máximo em DAP foi alcançado com as doses de 80 g de N e 206 g de P planta⁻¹.
 - c) Nas condições edafoclimáticas estudadas do município de Santa Maria das Barreiras, o crescimento máximo em H foi alcançado com as doses de 40 g de N e 140,62 g de P planta⁻¹, e o crescimento máximo em DAP foi alcançado com as doses de 40 g de N e 161,25 g de P planta⁻¹.

3. O IPDAP apresenta relação com a sazonalidade da precipitação, com os maiores valores de IPDAP ocorrendo no período chuvoso e os menores valores ocorrendo no período menos chuvoso.

REFERÊNCIAS

- ABREU, I. N. et al. Nitrogênio e fósforo na produção vegetal e na indução de mucilagem em plantas de insulina. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 536 – 540. 2002.
- AHRENS, S. Sobre a legislação aplicável à restauração de florestas de preservação permanente e de reserva legal. In: GALVÃO, A. P. M.; SILVA, V. P. da (Ed.). *Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso*. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. p. 13 – 26.
- ALMEIDA, C. A. *Estimativa da Área de Ocorrência e do Tempo de Permanência da Vegetação Secundária da Amazônia Legal com Imagens TM/Landsat*. 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008.
- ALVARADO, A. Diagnóstico de la nutrición y fertilización en plantaciones de teca en suelos ácidos de Panamá y Costa Rica. In: CONGRESO ECUATORIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 13., 2012, Cuenca-Ecuador. Disponível em: <<http://nla.ipni.net/article/NLA-3027>>. Acesso em: 15 jul. 2015.
- _____. *Investigaciones Agronómicas*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. n. 61, abr de 2006. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/31A0615834C27F92852579A3006D8237/\\$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20Fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20Teca.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/31A0615834C27F92852579A3006D8237/$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20Fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20Teca.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2013.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. *Experimentação agrícola*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247 p.
- BARBOSA, C.A. *Manual da cultura de Eucalipto e Pinus*. Viçosa MG: AgroJuris, 2010. 187p.
- BARROS, N. F. et al. Análise do crescimento de *Eucalyptus saligna* em solo de cerrado sob diferentes níveis de N. P. e K. no Vale do Jequitinhonha, MG. *IPEF*. n.26, p.13-17, 1984.
- BARROSO, D. G. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. *Revista Árvore*, v.29, n.5. 2005. p. 671-679.
- BASTOS, T. X. O estudo atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia Brasileira. In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE. *Zoneamento agrícola da Amazônia*. Belém, 1972. p. 68-122. (IPEAN. Boletim técnico, 54).
- BATISTA, J. I. L. F. *Crescimento e qualidade de mudas de jequitibá-rosa (Cariniana legalis (Mart.) Kuntze) e canudo-de-pito (Mabea fistulifera Mart.) em resposta à calagem e a doses de fósforo*. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2009.

BEHLING, M. *Nutrição, partição de biomassa e crescimento de povoamentos de teca em Tangará da serra-MT*. 2009. 176 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S (Ed.). *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53-88.

BERNARDI, A.C. de C.; CARMELLO, Q. A. de C.; CARVALHO, S. A. de. Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.57, n.4, p.733-738, 2000.

BOTOSO, P. C.; VETTER, R. E.; TOMAZELLO FILHO, M. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareúba (*Calophyllum angulare* A. C. Smith, Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. Ex Benth, Leg. Caesalpinoideae) de floresta de Terra Firme, em Manaus – AM. . In: ROIG, A.F. (Ed.). *Dendrocronología em America Latina*. Mendoza: EdiUNC, 2000.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 out. 2012. Seção 1, p. 6.

BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S. Interpretação dos resultados de análise de solo. In: CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. (Ed.). *Recomendação de adubação e calagem para o estado do Pará*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p. 19-30.

BRIENZA JUNIOR, S. *Níveis críticos de Fósforo e de Enxofre em plantas de Sorgo e em dois latossolos com níveis variáveis de fertilidade*. 1988. 68 f. Dissertação (Mestrado em solo e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

BRIENZA JÚNIOR, S. et al. Recuperação de áreas degradadas com base em sistema de produção florestal energético madeireiro: indicadores de custos, produtividade e renda. *Amazônia Ciência e Desenvolvimento*, v. 4, n. 7, p. 197-219, jul./dez. 2008.

BUFULIN, L. J. *Avaliação técnica e financeira da implantação de povoamento de teca (Tectona grandis L.f.)*. 2001. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - FAMEV/Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2001.

CÁCERES FLORESTAL S/A. *Manual de reflorestamento da teca*. Cáceres: [s.n.], 1990. 27 p.

_____. *Manual do cultivo da teca*. Cáceres: Cáceres Florestal, 2006. 16 p.

CAMPBELL, C.A. et al. Nitrogen management for spring wheat grown annually on zero tillage: yield and nitrogen-use efficiency. *Agronomy Journal*, Madison, v.85, p.107-114, 1993.

- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.
- CANTARUTTI, R. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-850.
- CARNEIRO, J. G. A. *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995. 451 p.
- CARVALHO, M. dos S. *Manual de reflorestamento*. Belém: Sagrada Família, 2013. 137p.
- CECONI, D. E. et al. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. *Cerne*, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299. 2006.
- CORREA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um latossolo amarelo da Amazônia central. *Pesq. Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n 1, p. 107 – 114, 1995.
- CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N. de; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casca (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 537 – 546, 2006.
- DECHEN, A. R. de. Re.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.
- DIAS, L.E.; FARIA, S.M.; FRANCO, A.A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd em resposta à omissão de macronutrientes. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 18, p.123-131, 1994.
- DRESCHEL, P.; ZECH, W. Foliar nutrient levels of broad leaved tropical trees: a tabular review. *Plant and Soil*, v. 131, p. 29-46, 1991.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. de; SANTOS, F. C. dos. Potássio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 552-566.
- FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande. v. 2, p. 6-16, 1998.
- FARIA, G. E. de. et al. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. no Vale do Jequitinhonha, MG. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 363-373. 2008.
- _____. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. *Revista Árvore*, Viçosa. v. 26, n. 5, p. 577 – 584, 2002.

FAVARE, L. G. de. *Adubação fosfatada e potássica em teca sob condições de campo*. 2013. 63f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu-SP, 2013.

_____. *Doses crescentes de nitrogênio, fósforo, potássio e diferentes níveis de saturação por bases em relação ao desenvolvimento e nutrição mineral de teca (Tectona grandis L.f.), sob condições de vaso*. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

FAVARE, L. G.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Níveis crescentes de saturação por bases e desenvolvimento inicial de Teca em um Latossolo de textura média. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 693-702, 2012.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazônica*. Manaus, v 36, n 3, p. 395-400, 2006.

_____. Environmental Services as a Strategy for Sustainable Development in Rural Amazônia. *Ecological Economics*, v. 20, p. 53-70, 1997.

_____. *A floresta amazônica nas mudanças globais*. Manaus: INPA, 2003. 134p.

FEDELE, L. F. et al. Periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (granantã) em duas áreas da região sudeste do estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, n° 65, p. 141 – 149, jun 2004.

FERNANDES, L. A. Crescimento inicial, níveis críticos fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.

FERREIRA. *O Pará e seus municípios*. Belém: J. C V. Ferreira, 2003. 686 p.

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. O contexto florestal. In: FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. (Ed.). *Formação de povoamentos florestais*. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2008. p. 13-18.

FERREIRA, J. M. A. *Ganhos de produtividade de plantações clonais de Eucalyptus urophylla e suas correlações com variáveis edafoclimáticas e silviculturais*. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais: Silvicultura e Manejo Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

FERREIRA, L. Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de florestas estacionais semidecíduais da região sudeste do estado de São Paulo. 2002. 122 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FIGUEIREDO, E. O. *Reflorestamento com Teca (Tectona grandis L.F.) no estado do Acre*. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2001. 28 p. (Documentos, 65).

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, L. C. de.; BARBOSA; L. K. F. *Teca (Tectona grandis L.f.): Principais Perguntas do Futuro Empreendedor Florestal*. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2005. 87p.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Estado do Paraná. *Revista Ciências Exatas e Naturais*. v. 5, n. 1, p. 69 – 84. 2003.

FRAZÃO, D. A. C. et al. Avaliação do efeito da omissão de macronutrientes na sintomatologia de deficiências nutricionais e na produção de massa seca em plantas de teca (*Tectona grandis*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. *Anais...* Porto Alegre: UFRGS. 2007.

FURTINI NETO, A. E. et al. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. *Cerne*, Lavras, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.

_____. *Fertilidade do solo*. Lavras: UFLA/FAEPE. 2001, 252 p.

_____. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. p.352-379.

GAMA, J. R. N. F. et al. Solos do estado do Pará. In: CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. (Ed.). *Recomendação de adubação e calagem para o estado do Pará*. Belém, Pará: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p. 19-30.

GAVA, J.L. *Relações entre atributos do solo e qualidade da madeira de clone de Eucalyptus grandis para a produção de celulose*. 2005. 54 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GERWIG, J.L.; AHLGREN, G.H. The effect of different fertility levels on yield, persistence, and chemical composition of alfafa. *Agronomy Journal*, v.50, n.6, p.291-294, 1958.

GOMES, F. P. *Estatística experimental*. Piracicaba: NOBEL, 1987. 466 p.

GONÇALVES, E. de O. et al. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. *Revista Árvore*. v.32, n.6, p.1029-1040, 2008.

GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M.; Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. *Ciência Florestal*. v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.

GRIFFITHS, H.; PARRY, M. A. J. Plant Responses to Water Stress. *Annals of Botany*. v 89. p. 801-802, 2002.

HONDA, C.S.; HONDA, A.M. *Cultura da alfafa*. São Paulo: Livrocere, 1990. 245p.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. *Forest Mensuration*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1982.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA. *O aumento do desmatamento em 2013: um ponto fora da curva ou fora de controle?* Brasília, 2014. 8 p. Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/biblioteca/livro/Aumento-no-Desmatamento-na-Amazonia-em-2013-um-ponto-fora-da-curva-ou-fora-de-controle-736>>. Acesso em: 25 ago. 2014

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Taxas de desmatamento da Amazônia Legal. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite*. 2012. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

KANASHIRO, M.; YARED, J.A.G. Experiências com plantios florestais na Bacia Amazônica. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL “O DESAFIO DAS FLORESTAS NEOTROPICAIS”, 1991, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 1991. p. 117-137.

KEOGH, RM. *The future of teak and the high-grade tropical hardwood sector: solving the tropical hardwood crisis with emphasis on teak (Tectona grandis Linn f.)*. FAO-Forestry Department. Working Paper FP/44E FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/k6549e/k6549e00.pdf>>. Acesso em 20 de junho de 2015.

_____. La teca y su importancia econômica a nivel mundial. In: CAMINO, R. de; MORALES, J. P. (Ed.). *Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades*. Costa Rica: CATIE, 2013. p. 8-28.

KIEHL, E.J. *Fertilizantes orgânicos*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KRETSCHKEK, O.E.; SAMONEK, E.C.O. O potencial da teca (*Tectona grandis*) para plantios no país: Uma abordagem prática. In: GALVÃO, A.P.M. (Coord.). *Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais*. Colombo: Embrapa - CNPF, 1998. p. 33-39.

KRISHNAPILLAY, B. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. *Unasylva*, Roma, v. 51, n. 201, p. 14-21, 2000.

LAMPRECHT, H. *Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado*. Eschborn: GTZ, 1990. 343p.

LIMA, J. P. C. de. Absorção de nitrogênio para *Schizolobium parahyba* (VELL.) BLAKE, em fase de viveiro em três ambientes. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 11-18, 2000.

LIMA, R. L. S. et al. Efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento e teor de macronutrientes de mudas de pinhão manso. *Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 950-956, 2011.

LOCATELLI, M. et al. *Caracterização de sintomas de deficiências em mudas de teca (Tectona grandis L. f.)*. Porto Velho: EMBRAPA. 2006. 4 p. (Circular técnico, 90).

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

MADARI, B. E. et al. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (terra preta de índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (Ed.). *As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 172-188.

MAFFEIS, A.R.; SILVEIRA, R.L.V.A.; BRITO, J.O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de mudas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. *Scientia Forestalis*, n. 57, p. 87-98, 2000.

MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Ceres, 1980. 254p.

_____. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B. (Coord.) *Simpósio sobre fatores que afetam a produtividade do cafeeiro*. Poços de Caldas, 1984. v. 2, p. 88-226.

_____. _____. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO, 1986, Poços de Caldas. *Anais...* Piracicaba: Associação Brasileira para a pesquisa da potassa e do fosfato, 1986. p. 165 – 274.

MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARGULIS, S. *Causas do desmatamento da Amazônia brasileira*. Brasília: Estação Gráfica, 2003. 100 p.

MARIA, V. R. B. *Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e a relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais*. 2002. 145 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MARQUES, V. B. et al. 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*, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 725 – 735, 2006.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plant*. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTORANO, L.G. et al. *Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwhite Mather)*. Belém: SUDAM/EMBRAPA, SNLCS, 1993.

MATRICARDI, W. A. T. *Efeitos dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da Teca (Tectona grandis L.f.) cultivada na grande Cáceres-Mato Grosso*. 1989. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1989.

MELLO, A.H.; MELLO PEREIRA, F.D.; NASCIMENTO, S.F. Caracterização Química do Solo em Áreas de Floresta, Plantações de Arroz, Milho e Mandioca no Projeto de Assentamento Nova Vida – Marabá-PA. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.4, n.2, nov. 2009.

MELO, A. S. de. et al. Desenvolvimento de porta-enxertos de umbuzeiro em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.2. 2005.

MENDONÇA, A.V.R. et al. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira do Sertão). *Cerne*, v.5, n.2, p.65-75, 1999.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R.F. et al. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. p. 65-90.

MONTEIRO, D. C. A. *Condições topoclimáticas preferenciais para plantios de paricá (Schizolobium parahyba var. amazonicum (Huber ex. Ducke) Barneby) e evidências de desempenho para otimizar a silvicultura em áreas desflorestadas na Amazônia*. 2013. 155f. Dissertação (Mestra em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

MONTENEGRO, F.; KOTMAN, F.; CAMINO, R. de. Tecnologías disponibles para el cultivo de teca. In: CAMINO, R. de; MORALES, J. P. (Ed.). *Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades*. Costa Rica: CATIE, 2013. p. 46-52.

MOORBY, J.; BESFORD, R. T. Mineral nutrition and growth. In: *ENCYCLOPEDIA of Plant Physiology: Inorganic Plant Nutrition*. New York: Spring. Verlag, 1983. p. 481-521.

MORAES, B.C. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 35, n. 2, p 207–214, abr. / jun. 2005.

MORAES, B. C. et al. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 35, n. 2, p 207–214, 2005.

MUNIZ, A.S.; SILVA, M.A.G. Exigências nutricionais de mudas de Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneurom*) em solução nutritiva. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 19, p. 263-271, 1995.

THE NATURE CONSERVANCY. *Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará*. Belém, 2013. 128p.

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

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. de. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 133-204.

NOVAIS, R.F.; RÊGO, A.K.; GOMES, J.M. Níveis críticos de fósforo para eucalipto. *Revista Árvore*. v.6, n.1., p.29-37, 1982.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, J. Relação fonte-dreno de fósforo no solo. In: NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. (Ed.). *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 2-6.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS et al. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de ciência do solo, 2007. p. 472-537.

ODUM, E. P. *Ecologia*. 3. ed. México: Interamericana, 1972. 639p.

OLIVEIRA, I. P. et al. Manutenção e correção da fertilidade do solo para inserção do cerrado no processo produtivo. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos*, Goiás, v.1, n.1, p. 50-64. 2005

OLIVEIRA, J. R. V de. *Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamentos de teca – Nutriteca*. 2003. 89 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

OLIVEIRA, L. L. et al. Mapas dos parâmetros climatológicos do estado do Pará: umidade, temperatura e insolação, médias anuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: 2004. 7p.

PAIVA, H.N. de. et al. *Cultivo de Eucalipto em propriedades rurais*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 138p.

PARÁ. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Fianças. *Estatísticas municipais: Vigia*. 2012. 48 p. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/pdf/estatisticaMunicipal/pdf/Vigia.pdf>>. Acesso em: 19 maio. 2015.

PELLISSARI, A. L., CALDEIRA, S. F., SANTOS, V. S. dos. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em povoamento de *Tectona grandis*. *CERNE*, v. 20, n. 3, p. 377-384, 2014.

PEREIRA, J. B. M.; GOMES, T. C. de A. *Níveis críticos de fósforo disponível para alguns solos do Acre*. Rio Branco: Embrapa Acre. 1998. 2p. Informativo Técnico. 139. Disponível em: <<http://iquiri.cpafac.embrapa.br/pdf/pesquisa139.pdf>>. Acesso em: 19 maio. 2015.

PINTO, A. F.; RODIGHIERI, H. R. *Desenvolvimento da Teca (Tectona grandis) e Mogno (Swietenia macrophylla) Consorciados, em Diferentes Níveis de Adubação*

Fosfatada, no Município de Carlópolis, PR. Colombo: Embrapa Florestas. 2001. 2p. (Comunicado Técnico, 61).

PRADO, R. de M. et al. Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e na produção de mudas de laranjeira ‘valência’, enxertada sobre citrumeleiro ‘swingle’. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n 3, p. 812 – 817, 2008.

RAIJ, B. V. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba. Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potasa, 1981. 142 p.

_____. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Ceres/Potafós, 1991. 343 p.

RAMOS, C. A. R. *Qualidade ambiental, distribuição e densidade do mesozooplâncton do estuário de guajará-miri, Vigia de Nazaré, NE do estado do Pará*. 2007. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência animal) - Universidade federal do Pará, Belém, 2007.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.) *Relação solo-eucalipto*. Viçosa-MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 265-301.

RESENDE, A. V. de. et al. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.34. n.11, p.2071-81, 1999.

ROBSON, A. D.; PITMAN, MG. Interactions between nutrients in Higher Plants. In: LAUCHLI, A., BIELESKI, R. L. (Ed.). *Inorganic Plant Nutrition*. Berlin: Spring – Verlag. 1983. p. 147 – 180.

ROCHA, J.B. de O. *Diagnose nutricional de plantios jovens de Eucalipto na região litorânea do Espírito Santo e sul da Bahia*. 2008. 56 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de Florestas Tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. de. (Org.). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1998. p. 203-216.

SÁ, T. D. A. *Pesquisa sobre utilização e conservação do solo na Amazônia oriental: relatório final do convênio EMBRAPA-CPATU-GTZ*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. 291p.

SABOGAL, C. *Silvicultura na Amazônia brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria dos sistemas*. Belém: CIFOR, 2006. 190p.

SANCHEZ, P.A.; SALINAS, J.G. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. *Advances in Agronomy*, New York, v. 34, p. 280- 406, 1981.

SANTOS, H. Q. et al. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais em diferentes idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 173-182, 2002.

SCHUBERT, T. H. Teak: *Tectona grandis* L.f. In: USDA. FORESTA SERVICE. *Seeds of Woody plants in the United States*. Washington, D.C., 1974. p. 803-804.

SCHUMACHER, M. V. et al. Crescimento da acácia-negra em resposta a aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. *Cerne*, Lavras. v. 19, n. 1, p. 51 – 58. 2013.

SCOLFORO, J. R. *Modelos para expressar o crescimento e a produção florestal*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 182 p.

SETTE JÚNIOR, 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*, Viçosa, v.34, n.6, p.979-990, 2010.

SGARBI, F. *Produtividade do Eucalyptus sp. em função do estado nutricional e da fertilidade do solo em diferentes regiões do Estado de São Paulo*. 2002, 102 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R.L.V.A. Monitoramento nutricional e da fertilidade do solo em plantios de eucalipto na Votorantim Celulose e Papel, no sul do estado de São Paulo. *Relatório de pesquisa da Votorantim Celulose e Papel*, 43p, 2001.

SILVA, D. J. et al. Avaliação do estado nutricional, crescimento de teca (*Tectona grandis* L.) e suas relações com os fatores de sítio do solo em plantios no sudoeste de Mato Grosso, a partir da análise de componentes principais. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL: OS DESAFIOS DO NOVO MILÊNIO, 3., 2000, Corumbá. *Resumos...* Corumbá; [S.N.], 2000.

SILVA, F. C da. et al. *Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo: métodos usados na Embrapa Solos*. Rio de Janeiro, Embrapa/CNPS, 1998. 40p. (Documento, 3).

SILVA, J. F. da. et al. *Avaliação do Efeito da Adubação NPK no Crescimento de Gravioleira no Município de São Francisco do Pará*. Belém: EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. 2002. 4p. (Comunicado Técnico 76).

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J., A. G. *A Silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. 459p.

SILVA, L. P. et al. Teores totais e disponíveis de cálcio e magnésio em solos no estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. *Anais...* Natal: SBCS, 2015.

- SILVA, R. M. L. da. *Resposta à fertilização de plantios comerciais de Eucalypto e sua correlação com as características edafoclimáticas e silviculturais em diferentes regiões do estado de São Paulo*. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Recursos Florestais/Silvicultura e Manejo Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.
- SILVEIRA, R.L.V.A. Avaliação do estado nutricional do Eucalyptus: diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 79 – 104.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GAVA, J. L. G. Nutrição e adubação fosfatada em Eucalyptus. In: YAMADA, T.; STIPP, S. R.; ABDALLA. (Org.). *Fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba, 2004. p. 495-530.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; MALAVOLTA, E. *Nutrição e Adubação Potássica em Eucalyptus. Potafos*. [S.l. : s.n.]: 2000. 12 p. (Informações Agronômicas. n. 19).
- SOARES FILHO, B.S. et al. Cenários de desmatamento para Amazônia. *Estudos Avançados*, v. 19, n 54, p. 137-152, 2005.
- SOUZA, C. A. M. de; Oliveira, R. B. de; MARTINS FILHO, S.; LIMA, S. de S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.
- STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.G. *Eucalyptus* production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 193, p. 17-31, 2004.
- STAPE, J.L. et al. Assessing nutritional and climate limitations to the productivity of *Eucalyptus* plantations at larger spatial and temporal scales using a simple paired-plot design coupled to traditional inventory network. In: BORRALHO, N.M.G.; PEREIRA, J.S.; MARQUES, C.; COUTINHO, J.; MADEIRA, M.; TOMÉ, M. *Eucalyptus in a changing world*. Aveiro: IUFRO, 2004. p. 68-69.
- _____. The Brazilian *Eucalyptus* Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.259, p. 1684-1694, 2010.
- _____. A twin-plot approach to determine nutrient limitation and potential productivity in *Eucalyptus* plantations as landscapes scales in Brazil. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.223, p. 358-362, 2006.
- TISDALE, S. L. et al. *Soil fertility and fertilizers*. 5 ed. New York, MacMillan Publishing, 1993. 634p.
- TUCCI, C. A. F.; et al. Desenvolvimento de mudas de *Swietenia macrophylla* em resposta a nitrogênio, fósforo e potássio. *Floresta*, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 471 – 490, 2011.

VALERI, S. V. et al. Recuperação de povoamento de *Eucalyptus urophylla* com aplicações de nitrogênio, potássio e calcário dolomítico. *Scientia Forestalis*. n. 60, p. 53–71, 2001.

VEIT, L. F. Plante seu fundo de aposentadoria. *Silvicultura*, São Paulo, v. 17, n. 68, p. 20-22, set./dez. 1996.

VIÉGAS, I. J. M. et al. *Efeito da adubação NPK em plantas jovens de Paricá (Schizolobium amazonicum, Huber Ducke)*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2007. 4p. (Comunicado Técnico, 193). Disponível em: HTTP:<<http://www.cpatu.embrapa.br>>. Acesso em: 19 maio. 2015.

VIEIRA, A. H. et al. *Crescimento de mudas de Schizolobium parahyba var. amazonicum (Huber ex Ducke) Barneby sob diferentes níveis de nitrogênio, fósforo e potássio*. Porto Velho, RO: EMBRAPA Rondônia, 2006. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 31).

_____. *Efeito de fósforo e potássio no crescimento de teca (Tectona grandis L.) em solo de baixa fertilidade no Estado de Rondônia*. Porto Velho: EMBRAPA Rondônia. 2011. 4p. (Circular Técnico, 120).

VIEIRA, L. S.; OLIVEIRA; N. V. de C.; BASTOS, T. X. *Os solos do estado do Pará*. Belém: Instituto do Desenvolvimento Econômico Social do Pará, 1971. 175 p.

VIEIRA, S. *Análise de Variância (ANOVA)*. São Paulo: Ed. Atlas, 2006.

VOGEL, H. L. M. et al. Crescimento inicial de *Pinus taeda* L. relacionado a doses de N, P E K. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 199-206, 2005.

WADT, P. G. S.; CRAVO, M. S. Interpretação de resultados de análises de solos. In: WADT, P.G.S. (Ed.) *Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre*. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. p. 245 – 252.

WEAVER, P. L. *Tectona grandis L.f. Teak*. New Orleans: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1993. 18 p.

WHATELY, M.; CAMPANILI, M. *Programa Municípios Verdes: lições aprendidas e desafios para 2013/2014*. Belém, Governo do PARÁ, 2013. 98 p.

YARED, J.A.G. *Espécies florestais nativas e exóticas: comportamento silvicultural no Planalto do Tapajós – Pará*. Belém: Embrapa, 1988. 29p. (Documentos, 49).

ZHOU, Z. et al. Effects of calcium, boron and nitrogen fertilization on the growth of teak (*Tectona grandis*) seedlings and chemical property of acidic soil substrate. *New Forests*. 43, p. 231–243, 2012.

ANEXOS

ANEXO A: Plantio de teca no município de Vigia – PA.

Fonte: Da Autora

ANEXO B: Plantio de teca no município de Santa Maria das Barreiras – PA.

Fonte: Da Autora

ANEXO C: Plantio de teca.



Fonte: Da Autora



Fonte: Da Autora

ANEXO D: Adubação de teca



Fonte: Da Autora



Fonte: Da Autora