

**ALLYSON ROCHA ALVES**

**NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO E DE POTÁSSIO PARA CRESCIMENTO INICIAL  
DE NIM (*Azadirachta indica* A. Juss.) EM SOLOS DA ZONA DA MATA DE  
PERNAMBUCO**

**RECIFE  
Pernambuco-Brasil  
Fevereiro - 2008**

**ALLYSON ROCHA ALVES**

**NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO E DE POTÁSSIO PARA CRESCIMENTO INICIAL  
DE NIM (*Azadirachta indica* A. Juss.) EM SOLOS DA ZONA DA MATA DE  
PERNAMBUCO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração: Silvicultura.

**Orientador:**

Prof. Dr. Marco Antonio Amaral Passos

**Co-orientadores:**

Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire

**RECIFE**  
**Pernambuco-Brasil**  
**Fevereiro - 2008**

ALLYSON ROCHA ALVES

**NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO E DE POTÁSSIO PARA CRESCIMENTO INICIAL  
DE NIM (*Azadirachta indica* A. Juss.) EM SOLOS DA ZONA DA MATA DE  
PERNAMBUCO.**

APROVADO em 18 de Fevereiro de 2008

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Patrícia Carneiro Souto – UFCG  
Banca Examinadora

---

Prof<sup>a</sup>: Dr<sup>a</sup>. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos - UFRPE  
Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Silmar Gonzaga Molica - UFRPE  
Banca Examinadora

Orientador:

---

Prof. Dr. Marco Antonio Amaral Passos

**RECIFE – PE  
FEVEREIRO - 2008**

Ficha catalográfica  
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central - UFRPE

A474n     Alves, Allyson Rocha  
              Níveis crítico de fósforo e de potássio para crescimento inicial de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) em solos da Zona da Mata de Pernambuco / Allyson Rocha Alves. – 2008. 62 f. : il.

              Orientador : Marco Antonio Amaral Passos  
              Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -- Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Ciência Florestal.  
              Inclui bibliografia.

CDD 634. 95

1. Silvicultura
2. Solo
3. Fósforo
4. Potássio
5. Zona da Mata (PE)
6. *Azadirachta indica*
  - I. Passos, Marco Antonio Amaral
  - II. Título

*Aos meus pais,  
Alécio Clementino Alves e  
Maria José Rocha Alves,  
pelo amor, apoio, incentivo e companhia  
durante todos os momentos de minha  
existência,*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela oportunidade que me deu de poder estar vivo e agradecer a todos os amigos e familiares que colaboraram com tudo que aconteceu e está acontecendo na minha vida;

Aos meus pais, **Alécio e Maria** pelos esforços a mim concedidos, sendo estes essenciais ao alcance de meus objetivos. Muito obrigado Pai e Mãe, por seu amor, pela educação e carinho, pela compreensão, por me conduzirem em seus princípios....

A minha família como um todo, desde minha avó até meus irmãos, que me deram força e incentivo para continuar durante toda essa jornada acadêmica;

A minha esposa **Aluska** e minhas filhas **Stephany** e **Sthella** pelo companheirismo, compreensão e amor, elementos que foram parte do combustível utilizado nesta caminhada;

Ao meu amigo e orientador **Marco Antônio Amaral Passos**, pela amizade, compreensão, educação, paciência e acolhimento;

Aos meus co-orientadores **Maria Betânia Galvão dos Santos Freire** e **José Antônio Aleixo da Silva** por estar sempre disponível para me auxiliar;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela nobre contribuição na minha formação acadêmica;

A coordenadora do PPGCF, **Ana Lícia Patriota Feliciano**, pela cobrança e incentivo durante todo o período de Mestrado;

A todos os funcionários da UFRPE, pela disponibilidade e apoio durante estes dois anos de convivência, e em especial à **Franklin, Gideondes e Carpina** pela grande ajuda e amizade;

A Capes pela concessão da bolsa de estudos;

Ao laboratório de fertilidade do solo do Departamento de Agronomia pela liberação dos materiais e do espaço para realização das leituras das minhas análises;

A Usina Cruangi pelo fornecimento das sementes de nim para o desenvolvimento da minha pesquisa;

Aos meus amigos de república, **Allan Cauê, Eriberto Vagner e Josimar Gurgel**, pela amizade, paciência e companheirismo durante este período de convivência;

A minha turma de mestrado, **Cauê, Pietro, Perseu, André, Marcele, José Roberto, Steven**, pela união nos estudos, estímulo e a alegria em todos os momentos;

Aos meus amigos do Programa, em especial, **Frederico, Tarcisio, Well**, pela amizade e companheirismo durante este trajeto.

Aos estagiários do Laboratório de Sementes Florestais – LASF da UFRPE, pela ajuda e paciência durante todo o desenvolvimento da minha pesquisa, em especial a **Aline, Ieda, Patrícia, Rubeni, Elaine e Regina**.

A todos os amigos da Graduação de Engenharia Florestal de UFRPE, pela amizade.

A TODOS, MEU MUITO OBRIGADO.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

**ALLYSON ROCHA ALVES**, filho de Alécio Clementino Alves e Maria José Rocha Alves, nasceu no dia 27 de novembro de 1982, em Campina Grande (PB). Em dezembro de 2000 concluiu o ensino médio na escola, Academia de Comércio Epitácio Pessoa e logo em seguida, no dia 04 de Junho de 2001 ingressou no curso de Engenharia Florestal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural, da Universidade Federal da Paraíba, em Patos (PB), sendo bolsista PIBIC/CNPq durante um período de três anos e meio. No início de 2006 concluiu seu curso de graduação e no mesmo ano, no dia 13 de março de 2006 ingressou no Mestrado em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em Recife (PE) defendendo sua dissertação no dia 18 de fevereiro de 2008, e atualmente já selecionado para o Doutorado na mesma instituição.



## SUMÁRIO

	<b>Páginas</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	i
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	iii
<b>RESUMO</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>1.INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	
2.1. O Nim ( <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.)	4
2.2. Fósforo no solo e na planta	6
2.3. Níveis Críticos de Fósforo	8
2.4. Potássio no solo e na planta	9
2.5. Níveis Críticos de Potássio	12
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	
3.1. Local de Estudo	14
3.2. Solos	14
3.3. Tratamentos	16
3.4. Semeadura	16
3.5. Condução do experimento	16
3.6. Análises Estatísticas	18
<b>4.RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	
4.1. Crescimento das plântulas	19
4.2. Altura, diâmetro no colo e matéria seca da parte aérea	19
4.3. Efeito da aplicação de fósforo	20
4.4. Níveis Críticos de Fósforo no Solo	23
4.5. Concentração de Fósforo na Parte Aérea das Plantas	27
4.6. Níveis Críticos de Fósforo na Planta	28
4.7. Efeito da aplicação de potássio	29
4.8. Níveis Críticos de Potássio no Solo	32
4.9. Concentração de Potássio na Parte Aérea das Plantas	36
4.10.Níveis Críticos de Potássio na Planta	38
<b>5. CONCLUSÕES</b>	39
<b>6.REFERÊNCIAS</b>	40

## LISTA DE TABELAS

	<b>Paginas</b>
<b>Tabela 1.</b> Características químicas de amostras do Argissolo Amarelo (PAd) e do Latossolo Amarelo (LAd) da Zona da Mata de Pernambuco, usados para cultivo de Nim ( <i>Azadirachta indica</i> ).....	15
<b>Tabela 2.</b> Características físicas de amostras do Argissolo Amarelo (PAd) e do Latossolo Amarelo (LAd) da Zona da Mata de Pernambuco, utilizados no cultivo de Nim ( <i>Azadirachta indica</i> ).....	15
<b>Tabela 3.</b> Valores médios para as características altura, diâmetro do colo e matéria seca da parte aérea de nim ( <i>Azadirachta indica</i> ), em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco.....	19
<b>Tabela 4.</b> Fósforo recuperado pelo extrator Mehlich-1, após a incubação de dois solos da Zona da Mata de Pernambuco, com diferentes doses de fósforo adicionado.....	21
<b>Tabela 5.</b> Doses recomendadas e níveis críticos de fósforo no solo (Mehlich-1), em função do crescimento em altura (Alt.), e do diâmetro do colo (Diâm.) e da produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de <i>Azadirachta indica</i> , aos 60 dias após a semeadura, para dois solos da Zona da Mata de Pernambuco.....	24
<b>Tabela 6.</b> Teores de fósforo na matéria seca da parte aérea (MSPA) de <i>Azadirachta indica</i> , cultivadas por 60 dias em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco, com diferentes doses de fósforo adicionado.....	27

<b>Tabela 7.</b> Doses recomendadas e níveis críticos de fósforo na planta, considerando o crescimento em altura (Alt.) e diâmetro do colo (Diâm.) e a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de <i>Azadirachta indica</i> , aos 60 dias após a semeadura, para dois solos da Zona da Mata de Pernambuco.....	28
<b>Tabela 8.</b> Potássio recuperado pelo extrator Mehlich-1, após a incubação de dois solos da Zona da Mata de Pernambuco, com diferentes doses de Potássio adicionado.....	30
<b>Tabela 9.</b> Doses recomendadas e níveis críticos de potássio no solo (Mehlich-1), considerando o crescimento em altura (Alt.), diâmetro do colo (Diâm.) e matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de <i>Azadirachta indica</i> aos 60 dias após a semeadura, em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco.....	32
<b>Tabela 10.</b> Teores de potássio na matéria seca da parte aérea (MSPA) de <i>Azadirachta indica</i> , cultivadas por 60 dias em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco, com diferentes doses de potássio adicionado.....	36
<b>Tabela 11.</b> Doses recomendadas e níveis críticos de potássio na planta, considerando o crescimento em altura (Alt.), diâmetro do colo (Diâm.) e matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de <i>Azadirachta indica</i> aos 60 dias após a semeadura, em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco.....	38

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Paginas</b>
<b>Figura 1.</b> Temperaturas médias °C (máximas e mínimas) registradas semanalmente (A) e nos horários de 08:00, 12:00 e 16:00 horas (B), durante todo o período experimental em casa de vegetação do Departamento de Agronomia de UFRPE.....	17
<b>Figuras 2.</b> Efeito das doses de fósforo sobre o crescimento em altura (A), diâmetro (B) e matéria seca da parte aérea - MSPA (C) das plantas de <i>Azadirachta indica</i> , aos 60 dias após a semeadura, nos solos estudados.....	22
<b>Figuras 3.</b> Crescimento em altura, em diâmetro do colo e, produção de matéria seca em função das doses de fósforo e, doses estimadas (DE) para obtenção de 90% da produção máxima em <i>Azadirachta indica</i> em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco.....	26
<b>Figuras 4.</b> Efeito das doses de potássio sobre o crescimento em altura (A), o diâmetro (B) e a matéria seca da parte aérea - MSPA (C) das plantas de <i>Azadirachta indica</i> , aos 60 dias após a semeadura, nos solos estudados.....	31
<b>Figuras 5.</b> Crescimento em altura, do diâmetro no colo da produção de matéria seca em função das doses de fósforo e doses estimadas (DE) para obtenção de 90% da produção máxima em <i>Azadirachta indica</i> , em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco.....	35

ALVES, ALLYSON ROCHA. Níveis Críticos de Fósforo e de Potássio para Crescimento Inicial de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) em Solos da Zona da Mata de Pernambuco – Pernambuco. 2008. Orientador: Marco Antonio Amaral Passos. Co-orientador: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire e José Antônio Aleixo da Silva.

## RESUMO

O Nim (*Azadirachta indica* A. Juss), é uma espécie originária da Índia, e apresenta uma grande importância econômica, pela resistência de sua madeira e devido ao grande número de fórmulas preparadas com seus princípios ativos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do fósforo e do potássio para o crescimento inicial das mudas de nim, em dois diferentes solos da zona da mata de Pernambuco. O experimento foi conduzido em estufa de vidro coberto com sombrite do Departamento de Agronomia da UFRPE, em Recife. Foram coletadas amostras de dois tipos de solos na profundidade de 0,0 - 0,20 m, sendo os mesmos de diferentes regiões do Estado de Pernambuco. As amostras foram colocadas para secar ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm de abertura, posteriormente, caracterizadas química e fisicamente. As sementes foram semeadas em recipientes emborrachados com capacidade de 1,0 dm<sup>3</sup> de solo, colocando-se três sementes por recipiente. Após a germinação, foi feito o desbaste, deixando apenas uma planta por recipiente. A adubação fosfatada foi feita aplicando-se as doses de 0, 100, 200, 400 e 600 mg.dm<sup>-3</sup> de solo, utilizando-se o superfosfato simples como fonte. A adubação com Potássio foi feita aplicando-se as doses de 0, 50, 100, 150 e 300 mg.dm<sup>-3</sup> de solo, utilizando-se o cloreto de potássio como fonte. Foi empregado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com arranjo em esquema fatorial 2 x 5 x 5 (dois tipos de solo, cinco doses de fósforo e cinco doses de potássio) com quatro repetições. A avaliação foi feita por um período de 60 dias. Foram efetuadas as medições de altura das plantas, diâmetro na altura do colo, sendo em seguida efetuada a colheita das plantas rente ao solo e determinado o peso da matéria seca da parte aérea (MSPA), Após a retirada das mudas foram feitas análises do solo, para as determinações de P e K recuperado e na parte aéreas das plantas, foram realizadas análises e determinadas as concentrações de P e K para determinação dos níveis críticos do solo e da planta. O Nim apresentou crescimento distinto em função das doses de fósforo e potássio aplicadas e também em relação aos solos estudados, sendo o melhor desenvolvimento da espécie no Argissolo. Os níveis críticos de fósforo nos solos estudados variaram de 6,25 a 34,85 mg.dm<sup>-3</sup>, já no caso do potássio variaram de 49,62 a 109,62 mg.dm<sup>-3</sup>. Os níveis críticos de fósforo nas plantas variaram de 0,67 a 1,22 mg.dm<sup>-3</sup> e no potássio de 0,95 a 1,06 mg.dm<sup>-3</sup>. Nas condições em que o trabalho foi conduzido, os resultados permitiram concluir que as plantas de *Azadirachta indica* tiveram um melhor desenvolvimento quando cultivadas no Argissolo em todas as variáveis estudadas. Para a produção de matéria seca da parte aérea das plantas de *Azadirachta indica* no Latossolo, as doses de fósforo e de potássio não foram suficiente para determinar nível crítico no solo. Os níveis críticos de fósforo no solo foram maiores no Argissolo, enquanto o potássio foram maiores no Latossolo, os níveis críticos de fósforo e de potássio na planta para as mudas de *Azadirachta indica* foram maiores no Latossolo.

ALVES, ALLYSON ROCHA. Critical levels of Phosphorus and of Potassium for Initial Growth of Nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) in Soils on Atlantic Rain Forest of Pernambuco – Pernambuco. 2008. Adviser: Marco Antonio Amaral Passos. Comitê: Maria Betânia Galvão dos Santos Freire e José Antônio Aleixo da Silva.

## ABSTRACT

Nim (*Azadirachta indica* A. Juss), is an original India species, and it presents a great economical importance, for it is resistance wood and due to the great number of active beginnings. Therefore, the objective this work was to evaluate the effect phosphorus and potassium for initial growth of seedlings of nim, in two different soils on Atlantic rain forest of Pernambuco. The experiment was led at greenhouse at Agronomy of Department, UFRPE, in Recife. Samples of two soils types were collected in depth from 0.0 to 0.20 m, being the same of different areas on Pernambuco. The samples were placed to evaporate to the air and after that in sieve of mesh of 2 mm and, later, characterized chemistry and physically. The seeds were sowed in recipients with capacity of 1,0 dm<sup>3</sup>, being placed three seeds by recipient. After the germination, it was made the thinning, just leaving one plant for recipient. The phosphorus fertilization was made applying doses of 0, 100, 200, 400 and 600 mg.dm<sup>-3</sup>, being used the simple superfosfato as source. The potassium fertilization was made being applying doses of 0, 50, 100, 150 and 300 mg.dm<sup>-3</sup>, being used the potassium chloride as source. Complete randomize design was used, with factorial 2 x 5 x 5 (two soil types, five phosphorus doses and five potassium doses) with four repetitions. The evaluation was made by a period of 60 days. After that, the measurements of height plants were made, and of the diameter in the height lap and made the harvest of the plants next soil level and certain the dry matter of the aerial. After harvest seedlings, were made soil analyses, to determinations of recovered P and K and in part aerial of plants, were accomplished analyze and certain concentrations of P and K and critical levels soil and of the plant. Nim presented different growth in function of phosphorus and potassium doses and also in relation to studied soils, being better the development species in Argisol. The critical levels phosphorus in studied soils varied from 6.25 to 34.85 mg.dm<sup>-3</sup>, already in potassium varied from 49.62 to 109.62 mg.dm<sup>-3</sup>, the critical levels of phosphorus in plants varied from 0.67 to 1.22 mg.dm<sup>-3</sup> and in potassium from 0.95 to 1.06 mg.dm<sup>-3</sup>. In the conditions in work was led, the results allowed to conclude that the plants of *Azadirachta indica* had a better development when cultivated in Argisol in all studied variables, for production of dry matter of the aerial part of the plants *Azadirachta indica* in Latosol, the phosphorus and of potassium doses were not enough to determine critical level in soil, the critical levels phosphorus in the soil were larger in Argisol, while the potassium was larger in Latosol, the critical levels phosphorus and potassium in the plant for the seedlings of *Azadirachta indica* they were larger in Latosol.

## INTRODUÇÃO

O nim ou neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) já foi chamada de árvore divina, árvore curadora milagrosa e árvore para solucionar os problemas globais, por pesquisadores de agricultura orgânica de todo o mundo. Originária da Índia e da Birmânia, recentemente introduzida no Brasil, é utilizada desde 1500 a.C. O seu nome, neem (em Português nim), vem do sânscrito e significa “curador” ou “aliviador de doenças”, devido ao grande número de fórmulas preparadas com seus princípios ativos e, posteriormente, comprovadas pela pesquisa científica (MOURÃO et al., 2004).

É uma espécie que possui características tropicais, ocorrendo em toda a América Central, Sul do Pacífico, Mianmar, Paquistão, Sri Lanka, Indonésia, Papua, Nova Guiné e Malásia. Acredita-se que no Brasil sua introdução oficial ocorreu em 1984, por intermédio de um experimento em Brasília (OLIVEIRA, 2003). A mesma possui um poder inseticida nas suas folhas e sementes resultante da combinação de 10 substâncias, o extrato obtido destas partes da planta age de forma diferente em cada praga, eliminando algumas e atuando como repelente em outras. Sua eficiência tem sido comprovada no combate a pulgões, lagartas em geral, cochonilhas, ácaros, brocas, besouros, gafanhotos, nematóides, carrapatos, bernes e também trips (BELMIRO e CARLOS, 1996).

São inúmeras as pesquisas sobre a influência das condições edáficas e das exigências nutricionais na produção de mudas de espécies florestais. Estas pesquisas, quando direcionadas para a fase de crescimento inicial da planta, em ambiente controlado, resultam informações que poderão identificar o potencial máximo de crescimento e a quantidade ideal de insumos na produção de mudas com boa qualidade e diminuição de custos com o manejo adequado da adubação (NOVAIS et al., 1991).

O conhecimento dos níveis críticos dos nutrientes no solo e nos tecidos vegetais possibilita uma recomendação mais precisa da adubação. Segundo Alvarez et al. (1988), o nível crítico corresponde ao teor do elemento na planta ou no solo abaixo do qual a taxa de crescimento ou a produção vegetal diminui significativamente, demonstrando a necessidade de adubação complementar.

Para possibilitar a produção de mudas com características ideais de desenvolvimento e que visem garantir o sucesso na produção de futuros povoamentos florestais, inúmeros pesquisadores têm voltado seus estudos para obter muda de boa qualidade capaz de resistir às adversidades ambientais após o plantio e que sejam de baixo custo. As linhas de pesquisas voltadas para esse fim vão desde técnicas de produção de mudas de alto padrão de qualidade, análise de diferentes tipos de recipientes e substratos, bem como do tipo e da dose de fertilizantes e dos métodos de propagação de espécies florestais.

De acordo com Fonseca (2000), a obtenção de mudas de qualidade antes do plantio definitivo pode ser alcançada de maneira prática, rápida e fácil somente pela observação dos parâmetros morfológicos, definindo uma muda de qualidade como aquela que sobreviva e se desenvolva após o plantio no campo.

Segundo Gomes e Paiva (2004), apesar do fósforo ocorrer nas plantas em quantidades bem menores do que as do nitrogênio e do potássio, faz parte da constituição dos ácidos nucléicos, da fitina e dos fosfolipídios, sendo o adequado suprimento deste elemento importante no início do crescimento da planta, para a formação dos primórdios vegetativos. Este elemento é rapidamente mobilizado nas plantas e, em sua deficiência, há o seu deslocamento dos tecidos mais velhos para as regiões meristemáticas ativas.

O Potássio é um nutriente essencial envolvido em diversas funções vitais das plantas, como a respiração e fotossíntese, e também é importante no metabolismo dos carboidratos e do nitrogênio, no desdobramento e na translocação do amido, na síntese de proteína, na neutralização de ácidos orgânicos, na atividade de enzimas, no crescimento de tecidos meristemáticos, nos movimentos estomáticos e nas relações hídricas (GOMES e PAIVA, 2004).

O presente trabalho teve, como objetivo geral, avaliar o efeito do Fósforo e do Potássio, no crescimento inicial das mudas de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss), em dois diferentes solos da Zona da Mata de Pernambuco.



Objetivos específicos da pesquisa foram:

a) Estimar o crescimento inicial em altura, em diâmetro do colo e na produção de matéria seca da parte aérea das mudas de nim com aplicações de doses crescentes de fósforo e de potássio;

b) Determinar os níveis críticos de Fósforo e de Potássio no solo para as mudas de nim;

c) Determinar os níveis críticos de Fósforo e de Potássio na parte aérea das mudas de nim;

d) Estimar os teores e acúmulos de nutrientes nas mudas de nim, como resposta a aplicação de Fósforo e de Potássio ao solo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. O Nim (*Azadirachta indica* A Juss.)

O nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) é nativa do subcontinente da Índia e Mianmar, mas a ocorrência e expansão desta espécie têm superado seus limites naturais (MISHRA, 1995). Pertence a família das Meliáceas, a mesma do cinamomo, cedro e mogno. É utilizada há séculos no controle de insetos, pragas, nematóides, bactérias, na medicina humana, reflorestamento, produção de madeira, fabricação de creme dental, sabonetes, sabões, cosméticos, inseticidas, carrapaticidas, fungicidas, adubação e no paisagismo. É uma espécie muito pesquisada e com crescente utilização na Alemanha, Austrália, Canadá, países da África Central e recentemente no Brasil (IPBRAS, 2007).

Árvore de 15-20 m de altura, de casca cinza-escura e fissurada. Decidua, de copa densa, folhas compostas alternas, imparipenadas, de 10-38 cm de comprimento, com 3-8 pares de folíolos opostos ou quase opostos, lanceolados, de 3-6 cm de comprimento, acuminados, com margem serrada e base assimétrica. Flores em panículas axilares mais curtas que as folhas; pequenas, pentâmeras, de cor branca ou creme, fragrantas, com o tubo estaminal tão largo quanto às pétalas. Fruto em drupa, oblongo, de 1,2-2 cm de largura, de cor verde amarelenta tornando-se púrpura, com uma semente. Floresce de fevereiro a maio e seus frutos amadurecem de junho a agosto, na área de ocorrência natural (INSTITUTO HORUS, 2007). Seu fruto é macio e mede em torno de 02 (dois) cm de comprimento, com uma polpa doce envolvendo a semente. É o miolo da semente que fornece o insumo mais usado para a produção de pesticida. O nim pode começar a produzir frutos aos 3 anos de idade, tornando-se completamente produtiva aos 10 anos. Esta árvore pode viver até 200 anos (IPBRAS, 2007).

As utilidades, especialmente aquelas relacionadas com propriedades biocidas, purificantes e anti-sépticas das várias partes do nim, bem como de seus extratos, têm sido bem documentadas. O óleo de nim é ingrediente de muitas loções, óleos de

cabelos, cremes, shampoos e creme dental, na Índia e nos países ocidentais (MISHRA, 1995).

Dentre um grande conjunto de espécies arbóreas ou arbustivas de uso múltiplo, enquadra-se o nim, atendendo tanto os aspectos de fornecimento de azadiractina (um produto florestal não-madeireiro) quanto o fornecimento de produtos madeireiros, em adição aos benefícios ambientais proporcionados pelas árvores em geral, seja na forma de florestas ou por meio de plantios agroflorestais (RAMOS, 2002).

Os produtos do nim, pela sua natureza, eficiência e baixa toxicidade ao homem e ao ambiente, vêm sendo bastante procurado. Por serem obtidos de planta, os produtos são totalmente biodegradáveis. Além disso, são bem menos tóxicos que os extratos de plantas que já vêm sendo utilizados em agricultura orgânica, como os de fumo e de timbós. Outras características dos produtos de nim, mais especificamente da azadiractina, favoráveis à sua utilização em agricultura orgânica, são: tem rápida degradação, não apresenta risco de poluição à água e ao solo, não é bioacumulável, não causa dano significativo à microflora do solo, não afeta a dehidrogenase e não influencia significativamente a mineralização do nitrogênio do solo. Além disso, foi considerada inócua à minhoca, organismo de grande importância na saúde do solo no cultivo orgânico (MARTINEZ, 2002).

Há uma estimativa de 14 milhões de árvores de nim na Índia, onde tem sido tradicionalmente usada, e em outros países em extensas áreas com a finalidade de restaurar solos degradados, proteger o meio ambiente, combater pestes danosas e usos medicinais (KUMAR e JATTAN, 1995).

As sementes perdem rapidamente sua viabilidade, podendo obter-se de 85% a 95% de viabilidade a partir do primeiro dia da colheita, até as duas primeiras semanas; daí sua capacidade germinativa começa a diminuir aceleradamente. Pode-se conseguir boa germinação até seis ou sete semanas após a colheita, tudo dependerá do processo de secagem e do ambiente em que se armazenem (BRECHELT, 2002).

É uma árvore robusta, de crescimento rápido, que pode crescer sem irrigação em regiões áridas e semi-áridas com precipitações anuais de 500 mm ou inferior (BRARDWAI e CHAND, 1995).

A capacidade do nim para crescer com poucas exigências a torna uma espécie indicada para reflorestamento em áreas degradadas. A árvore permanece com folhas verdes o ano inteiro e a densa folhagem proporciona ótima sombra (MISHRA, 1995).

O nim não exige solos de alta fertilidade, desenvolvendo-se bem até em terrenos áridos. Não suporta, porém, solo encharcado e ácido. A árvore gosta de temperaturas que variam entre 8°C e 40°C, quanto mais quente, mais rápido é seu crescimento. Também se desenvolve em regiões com poucas chuvas e solos profundos (MOURÃO et al., 2004).

Araújo et al. (2000) estudando as características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano, verificaram que a madeira do nim apresentou um poder calorífico de 4.088,5 kcal kg<sup>-1</sup>, rendimento de carvão de 38,20%, teor de cinzas de 2,11% e porcentagem de carbono fixo de 81,82%, o que revela a qualidade desta espécie como material energético.

## 2.2. Fósforo no solo e na planta

O fósforo é absorvido pelas plantas nas formas iônicas H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> e HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, sendo o primeiro a preferencial (MARSCHNER, 1995). A absorção se dá de forma ativa, com gastos de energia e contra o gradiente de concentração. É um elemento onipresente no metabolismo da planta, que, diferentemente do nitrogênio e do enxofre, não sofre troca de valência no desempenho de suas funções bioquímicas no vegetal (EPSTEIN e BLOOM, 2005).

O fosfato é um componente integral do material genético (DNA e RNA), dos principais compostos energéticos bioquímicos (ATP, creatina-fosfato e fosfoenolpiruvato), dos compostos intermediário de síntese e de degradação, bem como dos fosfolipídios que compõem as membranas celulares (BLOOM, 2004).

O fósforo é um componente vital no processo de conversão da energia solar em alimento, fibra e óleo pelas plantas. O fósforo desempenha função-chave na fotossíntese, no metabolismo de açúcares, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular, alongamento das células e na transferência da informação genética.

Em abundância, o P é o décimo elemento na litosfera. Não ocorre na forma elementar por ser facilmente oxidado, é um nutriente que tem sido muito pesquisado, principalmente no que diz respeito à sua disponibilidade às plantas, mas apesar disso, seu estudo constitui um dos problemas mais contraditórios. Isso porque, apesar de ser um elemento abundante na litosfera; é um macronutriente exigido em quantidade relativamente alta pelas plantas; perde-se pouco por lixiviação e mesmo assim, há no mundo, inclusive no Brasil, áreas com grandes deficiências. Segundo Novais e Smyth (1999), os baixos teores de P disponível nos solos tropicais é provavelmente a maior causa dos baixos índices de produtividade.

A deficiência de fósforo nos substratos para a produção de mudas provoca um crescimento irregular, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, prejudicando a sua qualidade e necessitando de uma classificação e seleção mais rigorosas (GOMES e PAIVA, 2004).

A baixa disponibilidade de P nos solos tropicais é uma das causas que mais limita o crescimento e a produção florestal, tornando necessário o fornecimento deste nutriente às árvores via fertilização. Respostas à adubação fosfatada em programas de recuperação de áreas degradadas são relatadas na literatura a respeito de várias espécies (RENÓ, 1994). A resposta de espécies distintas à fertilização fosfatada tem sido explicada pela dinâmica das frações de P na planta. O acompanhamento dos teores de P inorgânico (Pi) e de P orgânico (Po) tem auxiliado no entendimento do efeito desse nutriente no crescimento vegetal e sobre a eficiência de utilização desse nutriente pelas plantas (FURTINI NETO, 1994).

Daniel et al.(1997) verificaram que as mudas de *Acacia mangium* Willd., responderam à aplicação de fósforo e a dose de 400 mg.dm<sup>-3</sup> favoreceu para o maior desenvolvimento das mudas.

Ao estudar doses de fósforo combinadas com e sem inoculação com fungo micorrízico, Paron (1995) verificou que as doses capazes de promover 80% do crescimento máximo em plantas inoculadas foram as de 75 e 100 mg.dm<sup>-3</sup>, para o fedegoso (*Senna macranthera* (Collad)) e para a trema (*Trema micrantha* L.), respectivamente; e que plantas não inoculadas, colonizadas apenas por fungos indígenas, requerem 1,6 e 3,2 vezes mais para atingir esse crescimento.

A quantificação da relação P na solução/P na fase sólida pode ser obtida, em laboratório, por meio de isotermas de absorção. Em geral, quanto maior o teor de argila, maior a quantidade de P retido na fase sólida e, conseqüentemente, o teor de P na solução do solo será menor (SOUSA e LOBATO, 2003). Alguns fatores que interferem na disponibilidade de fósforo para as plantas são a acidez do solo, a solubilidade do ferro, alumínio e manganês, a disponibilidade de cálcio, a atividade microbiana e o potencial de oxi-redução, que controlam a solubilidade de ferro e de vários complexos orgânicos (ROCHA, 1995).

Quando adubos fosfatados são aplicados ao solo, depois de sua dissolução, grande parte do P é retido na fase sólida, formando compostos menos solúveis, e parte do P é aproveitada pelas plantas. A magnitude dessa recuperação, que depende da espécie cultivada, é afetada pela textura, tipos de minerais de argila e acidez do solo. Além disso, a dose, a fonte, a granulométrica e a forma de aplicação do fertilizante também influenciam nesse processo (SOUSA et al., 2004).

### 2.3. Níveis Críticos de Fósforo

Os níveis críticos de fósforo no solo variam entre espécies de plantas, como também entre solos (CARVALHO et al., 1993).

Segundo Rossi (1995), o nível crítico de um nutriente no solo é o teor mínimo, abaixo do qual há grande possibilidade de resposta a sua aplicação, e acima do qual essa probabilidade diminui.

O nível crítico de fósforo para mudas de *Eucalyptus* spp. é extremamente elevado (60 a 80 mg.dm<sup>-3</sup>). Entretanto, ele varia inversamente com a adsorção deste elemento no solo e decresce exponencialmente com a idade (GOMES e PAIVA, 2004).

Segundo Ismael et al. (1998), para saber se um determinado nível de fósforo disponível numa amostra de solo é adequado para o crescimento do eucalipto, como de qualquer outra cultura perene, pelo menos três informações devem estar disponíveis: a idade da planta em crescimento, a textura do solo e o extrator utilizado. O nível crítico de fósforo no solo diminui com o aumento da idade das árvores, conforme foi verificado por Novais et al. (1990), para a cultura do pinus e eucalipto. Estes últimos autores estimaram que o nível crítico de fósforo no solo, responsável por 80 % da altura máxima

das mudas, caiu de  $52 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P, aos 85 dias de idade, para  $12 \text{ mg.dm}^{-3}$ , aos 133 dias. Este decréscimo foi atribuído às variações no crescimento radicular e/ou possíveis alterações metabólicas das plantas com a idade, que aumenta a eficiência de absorção desse elemento.

Estudos de níveis críticos de fósforo no solo, para o desenvolvimento de mudas de eucalipto, em condições de casa de vegetação e de viveiro, foram realizadas por Barros et al. (1982). Os valores obtidos decresceram de  $60 \text{ mg.dm}^{-3}$ , aos 45 dias de idade, para  $5 \text{ mg.dm}^{-3}$ , aos 130 dias, em solo argiloso e, de  $80 \text{ mg.dm}^{-3}$  para  $20 \text{ mg.dm}^{-3}$ , nas mesmas épocas, respectivamente, em solo arenoso. Os resultados demonstraram claramente que os níveis críticos decrescem com a idade da planta. Estes valores são citados como parâmetros nas interpretações de análises de solo para eucalipto por Novais et al. (1990).

Alguns trabalhos de pesquisa foram realizados no sentido de se estimar os níveis críticos de fósforo para a implantação do eucalipto, sendo que vários deles utilizaram apenas o extrator Melich-1. Entretanto, os valores encontrados na literatura, em sua maioria, se baseiam em experimentos conduzidos em estágio de produção de mudas e não no estágio de desenvolvimento no campo. Estes fatos mostram a necessidade de desenvolver pesquisas relacionadas com níveis críticos de fósforo no solo para a cultura do eucalipto, em condições de campo, incluindo a utilização de outros métodos (ISMAEL et al., 1998).

#### **2.4. Potássio no solo e na planta**

O potássio é o segundo macronutriente em teor presente nas plantas. É, depois do fósforo, o nutriente mais consumido como fertilizante pela agricultura brasileira.

O potássio é absorvido na forma iônica ( $\text{K}^+$ ) e assim permanece nas plantas, não formando compostos. É um nutriente muito móvel na planta, envolvido em diversas reações bioquímicas do metabolismo vegetal. Assim como o nitrogênio, é um nutriente mineral retirado em grande quantidade pelas plantas, mantendo o potencial osmótico e participa do processo de abertura e fechamento dos estômatos, regulando a transpiração e entrada do  $\text{CO}_2$  e influenciando a fotossíntese. O potássio também é

ativador de um grande número de enzimas, e atua no transporte transmembrana (EPSTEIN e BLOOM, 2005).

O potássio é absorvido pelas plantas, sendo o mais importante cátion na fisiologia vegetal. Não fazendo parte de compostos específicos, a função do potássio não é estrutural. Destaca-se o papel como ativador de função enzimática e de manutenção de turgidez das células (RAIJ, 1991). O potássio atua no controle osmótico das células. Plantas deficientes em potássio apresentam menor turgor da célula, pequena expansão celular, maior potencial osmótico, abertura e fechamento dos estômatos de forma irregular (MENGEL e KIRKBY, 1978; MALAVOLTA et al., 1997). Ele é essencial para diversas funções vitais das plantas, como a respiração e fotossíntese, e também é importante no metabolismo dos carboidratos e do nitrogênio, no desdobramento e na translocação do amido, na síntese de proteína, na neutralização de ácidos orgânicos, na atividade de enzimas, no crescimento de tecidos meristemáticos, nos movimentos estomáticos e nas relações hídricas (GOMES e PAIVA, 2004). Outro efeito atribuído ao K é que plantas bem nutrida são mais resistentes a secas e geadas, em razão da maior retenção de água.

O potássio está envolvido também nos mecanismos de defesa das plantas a pragas e doenças. As plantas bem nutridas em potássio apresentam redução na incidência, severidade e danos causados por insetos e fungos. A explicação seria que altas concentrações de K nos tecidos favorecem a síntese e o acúmulo de compostos fenólicos, os quais atuam como inibidores de insetos e fungos (HUBER e ARNY, 1985; PERRENOUD, 1990). Outra explicação seria que plantas deficientes apresentam tecidos menos enrijecidos, como consequência da menor espessura da cutícula e da parede celular, menor formação de tecidos esclerenquimatosos, menor lignificação e suberização (ELLETT, 1973; PERRENOUD, 1990). Além disso, na deficiência de potássio ocorre menor síntese de compostos de alto peso molecular (proteína, amido e celulose), favorecendo o acúmulo de compostos de baixo peso molecular (açúcares solúveis, aminoácidos e N solúvel) como resultado do aumento da atividade de enzimas decompositoras (amilase, sacarase, glucosidase e protease). O acúmulo desses compostos altera o equilíbrio osmótico das células e sua concentração é aumentada



nos exsudados liberados pelas plantas, favorecendo o desenvolvimento de pragas e doenças.

A reserva imediata de potássio no solo é constituída do K-trocável e o K-solução. A medida que estas formas vão sendo retiradas da solução do solo em decorrência da absorção ou perdas, elas são reabastecidas pelo potássio adsorvido com maior energia aos colóides do solo. A dessorção do K-estrutural do interior dos argilominerais depende da concentração de potássio nas demais frações, da expansão das argilas e a difusão do elemento à superfície externa. Nos solos sedimentares, ricos em feldspatos potássicos e em micas, estes minerais constituem-se numa importante reserva de potássio não trocável (BORTOLUZZI, 2005).

O potássio, em alta concentração, tem ação antagonística sobre a absorção de  $\text{Ca}^{+2}$  e de  $\text{Mg}^{+2}$  (FAGERIA, 2001). O autor afirma que a diminuição da absorção de cálcio influenciada pelo potássio deve-se à competição decorrente de propriedades fisiológicas destes cátions. Já a influência do potássio sobre a absorção de magnésio advém da competição por compostos ligantes do metabolismo do vegetal.

O potássio é absorvido em processos essencialmente ativo, embora o movimento através de canais tenha sido demonstrado. A absorção atinge seu máximo na presença de  $\text{Ca}^{+2}$  no meio, embora o excesso tenha efeito inibidor, como acontece, por exemplo, quando se usa um excesso de calcário na neutralização da acidez (MALAVOLTA et al., 1997).

É absorvido pelas raízes na forma de  $\text{K}^+$ , por processo ativo, e se redistribui das folhas e órgãos mais velhos para os mais novos, sendo os sintomas de deficiência visualizados, primeiramente, nas folhas velhas, como uma clorose seguida de necrose das pontas e margens (MALAVOLTA et al., 2006).

A redistribuição de K, que é o movimento de um local de residência na planta para outro órgão de interesse, se dá principalmente via floema e é facilitada pela alta solubilidade em água desse nutriente. Os órgãos jovens, incluindo frutos, obtêm parte de suas necessidades mobilizando K das reservas de folhas, caules, ramos e raízes. Por essa razão, os sintomas visuais de deficiência de K aparecem primeiramente nos ramos mais velhos e nas folhas mais velhas (NAVA, 2007).

O potássio tem alta redistribuição nos tecidos, portanto, os sintomas de carência surgem nas folhas mais velhas (MALAVOLTA et al., 1997). No estágio inicial da deficiência, aparecem manchas cloróticas nos espaços entre as nervuras e espalhadas irregularmente por toda a superfície foliar. Com a evolução dos sintomas, as manchas se unem formando faixas cloróticas ou avermelhadas nas margens das folhas velhas, com posterior necrose dos tecidos (SILVEIRA et al., 1996 e 1999). No estágio mais avançado, a presença de clorose e necrose ocorrem até nas folhas mais jovens, enquanto que as folhas velhas enrolam e secam. As plantas também podem apresentar aumento das brotações laterais com a paralização do desenvolvimento vegetativo conforme verificado por (SILVEIRA, 2000).

## 2.5. Níveis Críticos de Potássio

Os níveis críticos de potássio para as plantas estão diretamente relacionados com a classe textural do solo. Solos argilosos requerem quantidades de fertilizantes potássicos muito maiores que os solos arenosos para manter um elevado nível de potássio em solução. Do mesmo modo, os solos argilosos possuem maior capacidade tampão que os solos arenosos. Eles são capazes de manter a concentração de potássio em solução a um nível quase constante durante muito tempo. Já nos solos arenosos, esta concentração decresce com maior rapidez, podendo ser aconselhável dividir as doses de fertilizantes em várias aplicações.

Efeitos significativos dos níveis de potássio foram observados na altura, no diâmetro do colo e na produção de matéria seca de mudas florestais. No entanto, a fertilização potássica não promove efeitos significativos em solos cujo nível de potássio disponível esteja acima de  $12 \text{ mg.dm}^{-3}$ . Sua presença, em níveis crescentes, proporcionou maior rusticidade das mudas e conseqüente aumento de sua resistência às condições adversas do meio, principalmente quando se refere à seca e à geada (GOMES e PAIVA, 2004).

Barros e Novais (1999) relataram que a necessidade de potássio aumenta com o acúmulo de biomassa e, portanto, com a idade do *Eucalyptus*. Barros e Novais (1999), cultivando mudas de *Europhylla* para obtenção de sintomas de deficiência dos macronutrientes, boro e ferro, constataram que os sintomas de carência de potássio

foram os últimos a aparecer. Plantas jovens requerem pouco potássio e solos com níveis de K em torno de  $20 \text{ mg.dm}^{-3}$  são suficientes para o crescimento inicial das mudas. Entretanto, Barros et al. (1981) encontraram respostas à aplicação de potássio no plantio para *E. saligna* cultivado em solo com  $27 \text{ mg.dm}^{-3}$ , ocorrendo incrementos de 67 % no volume de madeira aos 78 meses de idade.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local de Estudo

O experimento foi conduzido no período de 60 dias compreendido entre 10/01/07 a 11/03/07, em estufa de vidro coberta com sombrite do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em Recife-PE, situado a 5°08'00" de latitude Sul e 34°56'66" de longitude Oeste e 18 m de altitude.

O clima é do tipo As', tropical costeiro ou "Pseudo-tropical da Costa Nordestina", quente (temperatura mínima de 18°C) e úmido, de acordo com a classificação de W. Koppen (COUTINHO et al., 1998).

#### 3.2. Solos

Foram coletadas amostras de dois tipos de solos na profundidade de 0,0 a 0,20 m, sendo os mesmos de diferentes locais da Zona da Mata do Estado de Pernambuco. O primeiro tipo de solo amostrado foi o ARGISSOLO AMARELO Distrófico (PAd), localizado na Zona da Mata Norte, no Município de Aliança (PE), coordenadas 07°36'20" S e 35°08'43" W, cultivados com mandioca, banana e mamão. O segundo solo amostrado foi o LATOSSOLO AMARELO Distrófico (LAd), localizado na Zona da Mata Sul, no Município de Rio Formoso (PE), coordenadas 08°39'32" S e 35°09'21" W, sendo este uma área de transição entre um fragmento florestal e um plantio de cana-de-açúcar. Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

As amostras foram colocadas para secar ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm de abertura, e posteriormente, caracterizadas química e fisicamente (Tabelas 1 e 2), segundo a metodologia da (EMBRAPA, 1997).

**Tabela 1.** Características químicas de amostras do Argissolo Amarelo (PAd) e do Latossolo Amarelo (LAd) da Zona da Mata de Pernambuco, usados para cultivo de Nim (*Azadirachta indica*)

Característica <sup>1</sup>	PAd	LAd
pH	6,00	5,66
Carbono Orgânico (g.kg <sup>-1</sup> )	5,04	14,16
Matéria Orgânica (g.kg <sup>-1</sup> )	8,69	24,41
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	9,67	2,72
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,17	0,23
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,38	0,46
Ca <sup>+2</sup> + Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,50	2,60
Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	1,05	1,60
Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,00	0,45
H+Al	2,58	3,95
SB*	2,05	3,29
CTC <sub>ef</sub> *	2,05	3,74
CTC*	4,63	7,24
V%*	44,28	45,44

\* SB = soma de bases, CTC<sub>ef</sub> = CTC efetiva, CTC = CTC potencial, V = saturação de bases

<sup>1/</sup> Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Agronomia da UFRPE. Métodos analíticos: pH em água, carbono orgânico pelo método de Walkley e Black; P e K extraídos por Mehlich-1; Al, Ca e Mg extraídos por KCL com 1mol/L e H + Al extraído com acetato de cálcio (EMBRAPA, 1997).

**Tabela 2.** Características físicas de amostras do Argissolo Amarelo (PAd) e do Latossolo Amarelo (LAd) da Zona da Mata de Pernambuco, utilizados no cultivo de Nim (*Azadirachta indica*)

Característica <sup>1</sup>	PAd	LAd
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		
Solo	1,72	1,25
Partículas	2,50	2,63
Porosidade total (%)	31,20	52,47
Granulometria (g.kg <sup>-1</sup> )		
Areia	846,0	384,0
Argila	102,0	484,0
Silte	52,0	132,0
Relação Silte/Argila	0,51	0,34
Argila natural (g.kg <sup>-1</sup> )	32,0	144,0
Grau de flocculação (%)	68,63	62,50
Classe textural	Areia Franca	Argilo-Arenoso
Umidade (1/3 Atm) (%)	9,06	20,74
Umidade (15 Atm) (%)	5,33	13,13
Água disponível	3,73	7,61
Condutividade Hidráulica (cm/h)	37,24	26,67

<sup>1/</sup> Análises realizada no Laboratório de Física do Departamento de Agronomia da UFRPE, seguindo a metodologia descrita pela (EMBRAPA,1997).

### 3.3. Tratamentos

Antes da aplicação dos tratamentos com fertilizantes e da semeadura, o solo foi separado na quantidade igual a  $1,0 \text{ dm}^3$  para cada recipiente, e em seguida o solo foi colocado dentro de uma bandeja junto com a dose do nutriente determinada e misturado até ficar bem homogêneo. As adubações foram feitas antes da semeadura e em uma única aplicação.

A adubação fosfatada foi feita aplicando-se as doses de 0, 100, 200, 400 e 600  $\text{mg.dm}^{-3}$  de solo, utilizando-se o superfosfato simples como fonte. Quanto ao Potássio foram aplicadas as doses de 0, 50, 100, 150 e 300  $\text{mg.dm}^{-3}$  de solo, utilizando-se cloreto de potássio como fonte. Após essas aplicações todos os solos receberam uma dosagem de 50  $\text{mg.dm}^{-3}$  de Nitrogênio tendo como fonte o cloreto de amônio, para melhor desenvolvimento das plantas.

### 3.4. Semeadura

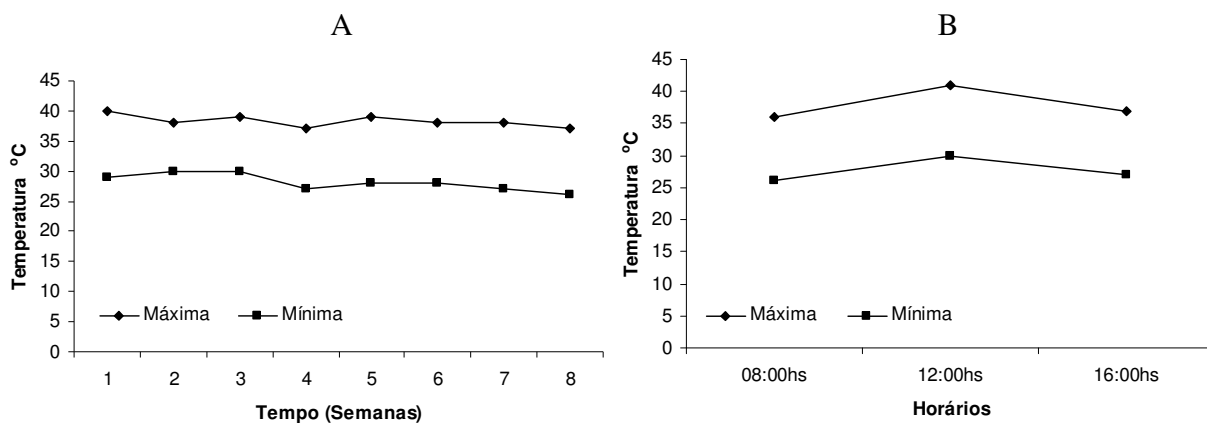
As sementes de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) foram doadas pela Usina Cruangi localizada no município de Timbaúba - PE, e coletadas no próprio plantio pertencente à Usina. Após coletadas as sementes, estas foram armazenadas por um período de sete dias no laboratório de análise de sementes florestais - LASF do Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e semeadas em recipientes emborrachados com capacidade de  $1,0 \text{ dm}^3$  de solo, colocando-se três sementes por recipiente. Após 15 dias da germinação foi feito o desbaste, deixando-se apenas uma planta por recipiente.

### 3.5. Condução do experimento

O experimento foi conduzido por um período de 60 dias, em estufa de vidro coberto com sombrite. Durante esse período foi feita a irrigação das plantas, com água destilada, de modo a manter os solos com aproximadamente 60% da capacidade máxima de retenção de umidade.

Também durante esse período foram medidas as temperaturas (máximas e mínimas), utilizando termômetro graduado que foi suspenso dentro da estufa de vidro,

no meio do experimento. As medições foram realizadas três vezes por dia durante todo o período experimental (Figura 1).



**Figura 1.** Temperaturas médias °C (máximas e mínimas) registradas semanalmente (A) e nos horários de 08:00, 12:00 e 16:00 horas (B), durante todo o período experimental em casa de vegetação do Departamento de Agronomia da UFRPE

Transcorrido o período de 60 dias, as plantas foram submetidas a algumas avaliações com relação à altura das plantas, utilizando-se uma régua graduada, e do diâmetro na altura do colo, utilizando-se um paquímetro. Em seguida, foi realizada a colheita das plantas rente ao solo, sendo as mesmas acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com ventilação forçada, a uma temperatura de  $\pm 70^{\circ}\text{C}$ , até atingir peso constante. Posteriormente esse material foi pesado, para determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA). Depois esse material foi moído em moinho tipo Willey, com peneira de 2 mm de abertura de malha, e acondicionado em recipientes de vidro para posterior análise química, para determinação dos teores P e K.

Após a retirada das plantas, foi tomada uma amostras do solo de cada recipiente, para a determinação da concentração de fósforo e do potássio nos solos, utilizando-se o extrator Mehlich-1, segundo a metodologia da EMBRAPA, (1997).

Na parte aérea das plantas, foram realizadas análises químicas para determinação de fósforo e de potássio, por meio de digestão nitro-perclórica. A partir do

extrato obtido foram feitas as determinações de P, total por colorimetria, e do K, por fotometria de chama (MALAVOLTA et al., 1997).

### **3.6. Análises Estatísticas**

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com arranjo em esquema fatorial 2 x 5 x 5 (dois solos, cinco doses de fósforo e cinco doses de potássio), totalizando 50 tratamentos, com quatro repetições, totalizando 200 plantas.

Os resultados das variáveis do solo e da planta foram submetidos à Análise da Variância, em função das doses de P e de K adicionadas ao substrato. Foram também ajustados modelos de regressão entre as variáveis dependentes e os tratamentos aplicados. A partir dessas equações, foram determinados os níveis críticos de fósforo e de potássio no solo e na planta.

Após o ajuste das equações de regressão para estimar a altura, o diâmetro e a produção de matéria seca da parte aérea (Y) em função das doses de Fósforo e de Potássio aplicado (P e K; mg.dm<sup>-3</sup>), para cada solo, foi determinado qual o nível do nutriente no solo e na planta, responsável por 100% da produção máxima, e devido a grande importância de se trabalhar com dose para máxima eficiência econômica, foi determinado doses para 90% da produção máxima. Esse valor foi substituído nas equações de regressão, para o fósforo e para o potássio recuperados pelo extrator utilizado em função do fósforo e do potássio adicionado, obtendo-se assim, o nível crítico de P e de K no solo e na planta.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Crescimento das plântulas

Nas condições em que foi realizados o experimento, o nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) apresentou crescimento distinto em função dos solos estudados e das doses de fósforo e de potássio aplicadas, e aos solos estudados (Tabela 4), sendo significativamente superior, o desenvolvimento da espécie no PAd (ARGISSOLO AMARELO Distrófico) quando comparado com o LAd (LATOSSOLO AMARELO Distrófico).

### 4.2. Altura, diâmetro do colo e matéria seca da parte aérea.

Pode-se observar na Tabela 3, os valores médios para todas as características estudadas (altura, diâmetro do colo e matéria seca da parte aérea das plantas), em função dos solos estudados, em que se percebe que ocorreu uma diferença significativa de desenvolvimento das plantas entre os solos estudadas, em todos os parâmetros avaliados, sendo os maiores valores obtidos no PAd em comparação ao LAd.

**Tabela 3.** Valores médios para as características altura, diâmetro do colo e matéria seca da parte aérea de nim (*Azadirachta indica*), em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco

Solos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	MSPA(g)
PAd	26,60 a	3,2 a	1,2 a
LAd	23,50 b	2,8 b	0,8 b
CV%	14,45	8,44	34,38

\* Médias seguidas de letras distintas diferem entres si pelo teste F (P < 0,05)

Uma das explicações para estes resultados é que um dos solos utilizado, o LAd, possui textura mais argilosa, onde a capacidade de adsorção de fósforo, geralmente é elevada, tendendo a reduzir o nível de fósforo disponível na solução para as plantas. Segundo Silva (2002), quando se aplica uma fonte solúvel de fósforo, normalmente mais de 90% do aplicado é adsorvido na primeira hora de contado com o solo. Passos

(1994) explica também que, em solos argilosos o maior parte do fósforo aplicado é rapidamente fixado, não permanecendo prontamente disponível para as plantas, o que explica porque em geral há maiores e mais rápidas respostas das plantas às doses de fósforo aplicadas aos solos menos argilosos.

No caso do potássio, em solos argilosos, é necessário uma quantidade bem maior de fertilizante, do que em relação a solos arenosos, para que possa manter um elevado nível de potássio na solução do solo. Desse modo, os solos argilosos possuem maior capacidade tampão do que os solos arenosos, sendo capazes de manter a concentração de potássio em solução a um nível quase constante durante muito tempo, dificultando assim, o deslocamento desse nutriente para que a planta possa utilizá-lo.

Uma outra explicação para esse maior desenvolvimento das plantas no solo arenoso está relacionado à maior porosidade que o mesmo apresenta, contribuindo assim, para que os nutrientes tenham maior movimentação e maior facilidade de entrar em contato com o sistema radicular das plantas.

#### **4.3.Efeito da aplicação de fósforo**

Na determinação dos teores de fósforo recuperados pelo extrator Mehlich-1, após a incubação das amostras de solos, em função das doses de fósforo aplicadas, ajustaram-se modelos lineares com elevados coeficientes de determinação (Tabelas 4), corroborando com os trabalhos de (PASSOS, 1994); (ROSSI, 1995); (SILVA, 2002).

A menor recuperação de fósforo pelo extrator utilizado foi obtida no LAd, pelo extrator utilizado (Tabela 4). Isto ocorreu provavelmente, por ser um solo que apresentou um maior teor de argila (Tabela 2). Muitos trabalhos como o de Moura Filho, (1990) e Novelino, (1999) mostraram menor recuperação de fósforo com o aumento do poder tampão de fosfato no solo. Assim, é evidente que o solo com baixo teor de argila, foi o que apresentou as maiores recuperações de fósforo aplicado.

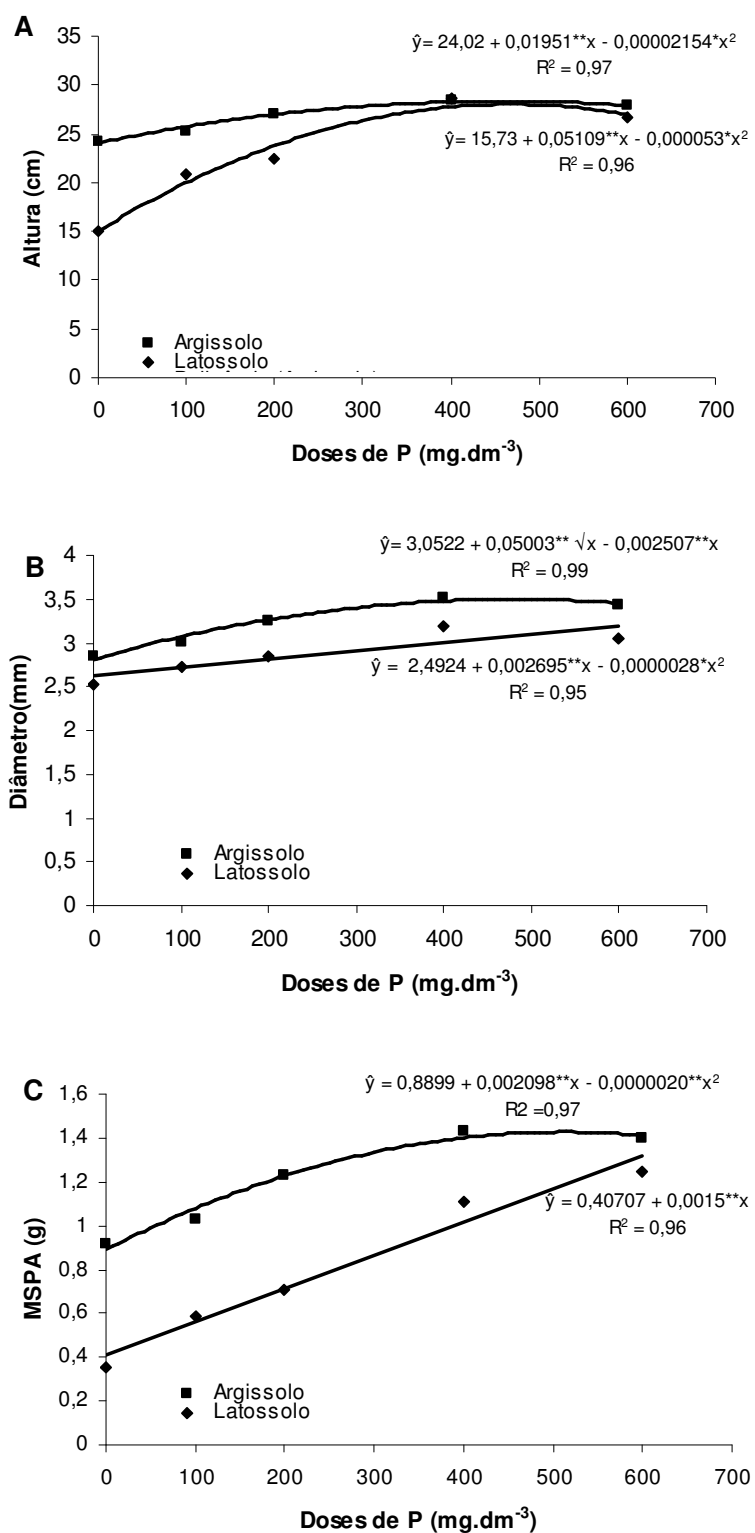
**Tabela 4.** Fósforo recuperado pelo extrator Mehlich-1, após a incubação de dois solos da Zona da Mata de Pernambuco, com diferentes doses de fósforo adicionado

Solos	Doses de P (mg.dm <sup>-3</sup> )	Fósforo recuperado (mg.dm <sup>-3</sup> ) Mehlich-1	Equações
PAd	0	8,32	$\hat{y} = 9,13957 + 0,1099^{**}x$ $R^2 = 0,99$
	100	20,17	
	200	31,82	
	400	54,05	
	600	74,20	
LAd	0	0	$\hat{y} = 1,051 + 0,037^{**}x$ $R^2 = 0,99$
	100	4,91	
	200	10,06	
	400	15,74	
	600	23,08	

Na Figura 2, observa-se os valores médios de altura (A), diâmetro do colo (B) e produção de matéria seca das plantas (C) das plantas de *Azadirachta indica*, 60 dias após a semeadura, em função das doses de fósforo aplicadas, e as equações que melhor se ajustaram a essas variáveis.

Os resultados obtidos para altura e diâmetro do colo das plantas de *Azadirachta indica* nos dois tipos de solo estudados (Figuras 2, A e B), e para produção de matéria seca da parte aérea das plantas cultivadas no PAd (Figuras 2, C), apresentaram resposta quadrática ou raiz quadrada, para as doses aplicadas de fósforo, sendo possível estimar as doses recomendadas, com as quais, por meio da relação entre as doses de fósforo aplicadas, e o fósforo recuperado (Mehlich-1) no solo, foram estimados os níveis críticos de fósforo (Tabela 5) para o desenvolvimento da espécie.

Já para a produção de matéria seca da parte aérea das plantas no LAd (Figura 2 C), houve efeito crescente, linearmente, em resposta às doses de fósforo aplicadas. Assim, não foi possível o estabelecimento de níveis críticos de fósforo para a *Azadirachta indica*, com base na produção de matéria seca, no LAd. Este resultado também foi constatado por Passos (1994) em plantas de algaroba (*Prosopis juliflora*), em seis solos com classes texturais distintas. Para o autor, isto poderia estar relacionado a uma baixa eficiência de absorção de fósforo pela planta de algaroba (*Prosopis juliflora*).



**Figura 2.** Efeito das doses de fósforo sobre o crescimento em altura (A), diâmetro (B) e matéria seca da parte aérea - MSPA (C) das plantas de *Azadirachta indica*, aos 60 dias após a semeadura, nos solos estudados

Outra espécie que respondeu linearmente às doses de fósforo adicionadas, para esta característica, foi o pau pereiro (*Platicyamus regnellii* Benth.), estudado por Renó (1994), o qual constatou que o mesmo apresentou maiores estímulos na produção de matéria seca da parte aérea por unidade de fósforo adicionado, com a menor dose utilizada ( $30 \text{ mg.dm}^{-3}$ ), havendo também incremento expressivo em termos absolutos, com a adição da maior dose ( $480 \text{ mg.dm}^{-3}$ ). Tais resultados corroboram ainda com trabalhos de Souza (2000), que avaliando o crescimento inicial de *Moringa oleifera* Lam., encontrou também resultado linear para a produção de matéria seca, em resposta a doses de P aplicadas.

#### 4.4. Níveis Críticos de Fósforo no Solo

Visualiza-se, na Tabela 5, as doses recomendadas e os níveis críticos de fósforo no solo (Mehlich-1), tomando por base o crescimento em altura, o diâmetro do colo e a matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de *Azadirachta indica*, aos 60 dias após a semeadura.

Os níveis críticos obtidos para o LAd em função do fósforo foram bem menores do que os encontrados no PAd. Isto ocorreu, provavelmente, por que os solos arenosos apresentam menor poder-tampão de fósforo do que em solos argilosos, como observado por (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Variações nos valores obtidos para níveis críticos são esperadas e, de acordo com Bates (1971), devem-se a fatores como espécie, condições ambientais, tipo de solo, forma disponível do nutriente em estudo e, disponibilidade dos demais, entre outros.

**Tabela 5.** Doses recomendadas e níveis críticos de fósforo no solo (Mehlich-1), em função do crescimento em altura (Alt.), e do diâmetro do colo (Diâm.), e da produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de *Azadirachta indica*, aos 60 dias após a semeadura, para dois solos da Zona da Mata de Pernambuco

	Doses para Máxima Produção			Doses para 90% Prod. Máx.			Níveis Críticos no Solo para 90% Prod. Máx.		
	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA
	mg.dm <sup>-3</sup>								
Solo	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA
PAd	452,87	100,63	512,46	86,04	21,46	234,00	18,59	11,49	34,85
LAd	475,69	470,33	-	248,59	139,26	-	10,33	6,25	-

Os resultados encontrados neste trabalho indicam que o nível crítico de fósforo no solo é superior nos solos arenosos do que no argiloso, concordando com os resultados encontrados na literatura. Neves (1988), ao estudar os níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto, constatou que os valores decresceram com o aumento da capacidade tampão dos solos, refletido pelas características físicas e químicas dos mesmos. Nos solos arenosos, o valor máximo encontrado para o extrator Mehlich-1 foi de 24 mg.dm<sup>-3</sup> de P contra 12 mg.dm<sup>-3</sup> de P para os solos argilosos. Gonçalves et al. (1986) também observaram que os níveis críticos de fósforo para mudas de *E. grandis* foram menores no solo argiloso (valor mínimo 60 mg.dm<sup>-3</sup> de P) do que em solos arenoso (valor máximo de 100 mg.dm<sup>-3</sup> de P), ao utilizar o extrator Mehlich-1. Valores estes, mais elevados que os obtidos no presente trabalho para *Azadirachta indica*, os quais variaram de 6,25 a 34,85 mg.dm<sup>-3</sup> de P.

Os níveis críticos encontrados no LAd no presente trabalho, assemelham-se com o obtidos por Ismael et al. (1998), ao avaliar os níveis críticos para *Eucalyptus grandis*, neste tipo de solo, encontrou níveis críticos de fósforo para o crescimento em altura das plantas de 8 mg.dm<sup>-3</sup> e, para o diâmetro, de 6 mg.dm<sup>-3</sup>, utilizando o extrator Mehlich-1.

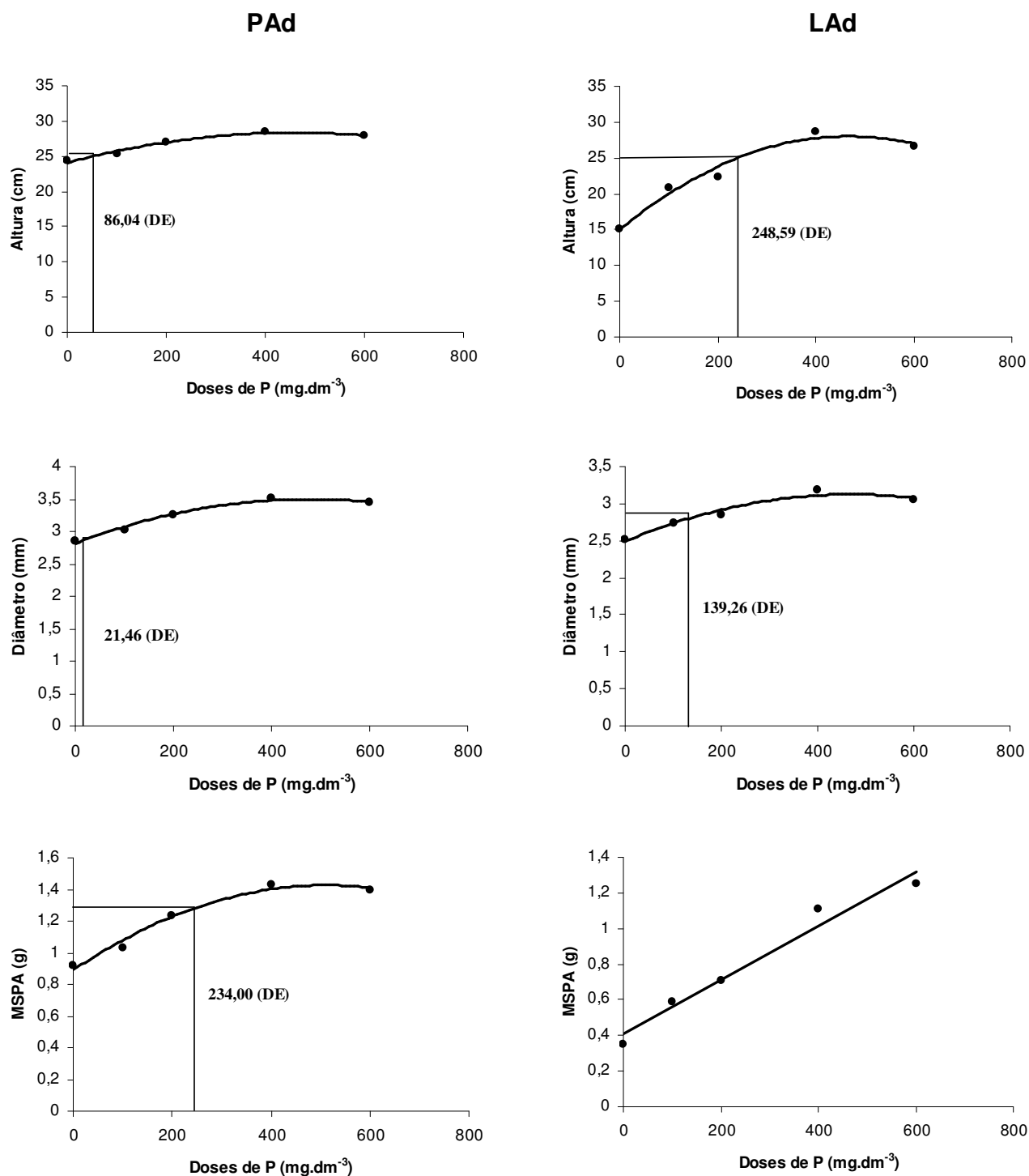
De qualquer forma, baseado nesses resultados pode-se dizer que a *Azadirachta indica* é uma espécie pouca exigente em fósforo, na fase inicial de crescimento.

A dose estimada (DE) para 90% da produção máxima, (Figura 3), em relação às doses de fósforo aplicado foi bem menor no PAd quando comparado com LAd, de modo que os valores apresentados no PAd variaram de 21,46 a 234,00 mg.dm<sup>-3</sup> de P, já no LAd a variação foi de 139,26 a 472,63 mg.dm<sup>-3</sup> de P.

A partir das doses de fósforo aplicadas para obtenção de 90% da produção máxima (Figura 3) e das equações ajustadas entres os teores de fósforo recuperado pelo extrator (Mehlich-1), em função das doses de fósforo aplicadas, estimaram-se os níveis críticos de fósforo no solo para a altura, para o diâmetro e para a produção de matéria seca na parte aérea das plantas. Porém, para produção de matéria seca da parte aérea no LAd, não foi possível determinar a doses recomendadas nem o nível crítico no solo, devido a essa variável ter apresentado uma resposta linear às doses de fósforo aplicadas.

Observou-se, ainda, que os valores dos níveis críticos de fósforo variaram entre os solos estudados, onde os menores valores de níveis críticos foram obtidos no LAd e os maiores no PAd, com exceção da produção de matéria seca que não foi possível determinar o seu nível crítico no LAd (Tabela 5).

Na figura 3 as doses estimadas para obtenção de 90% da produção máxima em relação à altura, diâmetro no colo e produção de matéria seca da parte aérea em função das doses de fósforo aplicadas.



**Figura 3.** Crescimento em altura, em diâmetro do colo e, produção de matéria seca em função das doses de fósforo e, doses estimadas (DE) para obtenção de 90% da produção máxima, de *Azadirachta indica* em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco



#### 4.5. Concentração de Fósforo na Parte Aérea das Plantas

Na tabela 6 observa-se os teores de fósforo na matéria seca da parte aérea (MSPA) em plantas de *Azadirachta indica*, cultivadas por 60 dias em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco, com diferentes doses de fósforo adicionado, onde se ajustaram-se modelos lineares com elevados coeficientes de determinação, concordando com os trabalhos realizados por PASSOS, (1994); ROSSI, (1995) e SILVA, (2002).

A elevação das doses de fósforo provocou aumento da absorção de fósforo pelas plantas nos dois tipos de solos estudados, resultando em um aumento linear da concentração de fósforo na parte aérea das plantas (Tabela 6).

No presente trabalho, ocorreu variações nos teores de fósforo na parte aérea em função do tipo de solo. O LAd apresentou quantidades menores de teor de fósforo na parte aérea das plantas. Isso ocorreu, provavelmente, devido a maior retenção desse nutriente nesse tipo de solo, estando de acordo com as observações de Ismael et al., (1998), que explica que quanto mais livre o nutriente estiver no solo mais fácil ele é absorvido e maior o seu teor dentro da planta.

**Tabela 6.** Teores de fósforo na matéria seca da parte aérea (MSPA) de *Azadirachta indica*, cultivadas por 60 dias após a semeadura em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco, com diferentes doses de fósforo adicionado

Solos	Doses de P (mg.dm <sup>-3</sup> )	Teores de fósforo (g.kg <sup>-1</sup> ) Mehich-1	Equações
PAd	0	0,63	$\hat{y} = 0,6156 + 0,00257^{**}x$ $R^2 = 0,98$
	100	0,82	
	200	1,23	
	400	1,54	
	600	2,21	
LAd	0	0,42	$\hat{y} = 0,4728 + 0,00211^{**}x$ $R^2 = 0,98$
	100	0,73	
	200	0,97	
	400	1,22	
	600	1,78	

Por meio das equações de regressão ajustadas entre os dados de altura, de diâmetro no colo, e de matéria seca da parte aérea e, das doses de fósforo, obtiveram-

se as doses recomendadas de fósforo para o cultivo da *Azadirachta indica* e, por meio delas, as concentrações críticas de fósforo na parte aérea das plantas (Tabela 7).

#### 4.6. Níveis Críticos de Fósforo na Planta

Observa-se, na Tabela 7, as doses recomendadas e os níveis críticos de fósforo na planta, tomando por base o crescimento em altura, o diâmetro do colo e a matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de *Azadirachta indica*, aos 60 dias após a semeadura.

A partir das doses estimadas de fósforo para obtenção de 90% da produção máxima (Figura 3), substituiu essas doses nas equações de regressão ajustadas para os teores de fósforo na matéria seca da parte aérea em função das doses aplicadas e obteve-se os teores críticos de fósforo em plantas de *Azadirachta indica*.

**Tabela 7.** Doses recomendadas e níveis críticos de fósforo na planta, considerando o crescimento em altura e diâmetro do colo e a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de *Azadirachta indica*, aos 60 dias após a semeadura, para dois solos da Zona da Mata de Pernambuco

	Doses para Máxima Produção			Doses para 90% Prod. Máx.			Níveis Críticos na Planta 90% Prod. Máx		
	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA
mg.dm <sup>-3</sup>									
Solo	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA
PAd	452,87	100,63	512,46	86,04	21,46	234,00	0,84	0,67	1,22
LAd	475,69	470,33	-	248,59	139,26	-	0,99	0,76	-

Os níveis críticos obtidos para o LAd em função do fósforo, foram maiores do que os encontrados no PAd. Isto ocorreu provavelmente, por que em solos que apresentam maior quantidade de argila, ou seja, um maior poder-tampão, o solo retém o fósforo com maior facilidade, dificultando a absorção pela planta, e por essa razão as plantas neste tipo de solo tem menor teor de fósforo no seu material vegetal, contribuindo para que sejam maiores os níveis críticos na planta (ISMAEL et al., 1998).

Segundo Novais e Smyth (1999), a maior ou menor competição entre planta e solo pelo fósforo aplicado como fertilizantes faz com que a planta se ajuste para utilizar o teor de fósforo que lhe é colocado à disposição. Ainda segundo os estes autores, dados disponíveis têm mostrado grande ajuste da planta à utilização do fósforo absorvido em solos com diferentes valores de FCP (fator capacidade de fósforo).

Outro fato a destacar é que, apesar da *Azadirachta indica* ser uma planta de comportamento bem diferente em relação ao do eucalipto, ela apresenta concentração crítica na parte aérea próxima às obtidas por Neves et al.,(1988) para o eucalipto, as quais variaram de 1,1 a 1,5 g.kg<sup>-1</sup> e com Passos,(1994) que estudando a algaroba encontrou valores que variaram de 1,2 a 1,6g.kg<sup>-1</sup>.

#### **4.7. Efeito da aplicação de potássio**

Na determinação dos teores de potássio recuperados pelo extrator Mehlich-1, após a incubação das amostras de solos, em função das doses de potássio aplicadas, ajustaram-se modelos lineares com elevados coeficientes de determinação (Tabelas 8).

A menor recuperação entre os solos estudados foi obtido no PAd, pelo extrator utilizado, provavelmente por ser um solo de textura arenosa (Tabela 2). Este fato vem demonstrar a maior dificuldade de extração do potássio pelas plantas nos solos argilosos, em virtude da maior capacidade de adsorção desse cátion no complexo, demonstrando que é necessária a aplicação de altas doses de potássio nos solos argilosos para se ter uma determinada concentração de potássio em solução, disponível para a planta. Assim, o nível crítico de potássio nos solos argilosos será superior ao dos solos arenosos (Tabela 9), nos quais, devido à sua baixa capacidade de troca, a maior parte do potássio aplicado permanecerá em solução, sendo prontamente absorvido pelo vegetal ou perdido por lixiviação.

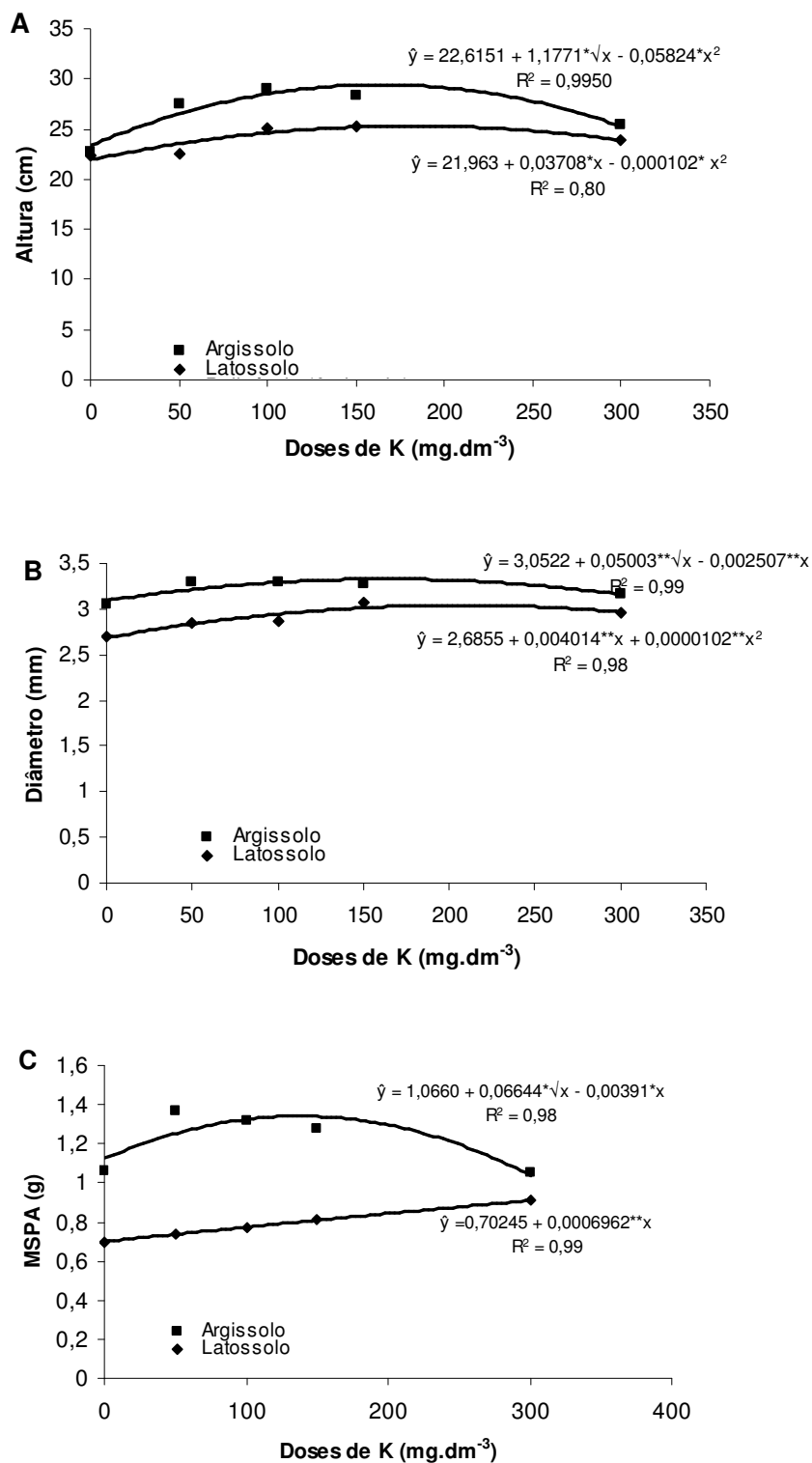
**Tabela 8.** Potássio recuperado pelo extrator Mehlich-1, após a incubação de dois solos da Zona da Mata de Pernambuco, com diferentes doses de Potássio adicionado

Solos	Doses de K (mg.dm <sup>-3</sup> )	Potássio recuperado (mg.dm <sup>-3</sup> ) Mehlich-1	Equações
PAd	0	48,09	$\hat{y} = 48,35 + 0,502^{**}x$ $R^2 = 0,99$
	50	68,62	
	100	96,93	
	150	134,01	
	300	195,00	
LAd	0	74,00	$\hat{y} = 91,595 + 0,714^{**}x$ $R^2 = 0,98$
	50	136,76	
	100	179,12	
	150	202,15	
	300	298,91	

Na Figura 4 ilustra os valores médios de altura (A), do diâmetro no colo (B) e da produção de matéria seca das plantas (C) de *Azadirachta indica*, 60 dias após a semeadura, em função das doses de potássio aplicadas, e das equações que melhor se ajustaram a essas variáveis.

Verifica-se que os resultados obtidos para a altura e para o diâmetro no colo das plantas de *Azadirachta indica* nos dois tipos de solo estudados (Figuras 4), e a produção de matéria seca da parte aérea das plantas cultivadas no PAd e LAd (Figuras 4, C), apresentaram respostas quadráticas ou raiz quadradas, para as doses aplicadas de potássio, sendo possível estimar as doses recomendadas, com as quais, por meio da diferença entre as doses de potássio aplicadas e potássio recuperado (Mehlich-1) no solo, foram estimados os níveis críticos de potássio (Tabela 9) para o desenvolvimento da *Azadirachta indica*.

Já para a produção de matéria seca da parte aérea das plantas no LAd, houve efeito crescente, linearmente, em resposta às doses de potássio aplicadas (Figura 4 C). Assim, não foi possível o estabelecimento de níveis críticos de potássio para a *Azadirachta indica*, com base na produção de matéria seca, neste solo.



**Figura 4.** Efeito das doses de potássio sobre o crescimento em altura (A), o diâmetro (B) e a matéria seca da parte aérea - MSPA (C) das plantas de *Azadirachta indica*, aos 60 dias após a semeadura, nos solos estudados

Esta resposta linear ocorrida no LAd, para produção de matéria seca da parte aérea das plantas de *Azadirachta indica*, em função do potássio aplicado, pode ter sido devido ao elevado teor de argila (48,40%), pois segundo Prezotti (1985), trabalhando com níveis críticos de K em mudas de Eucalipto explica que solos argilosos requerem quantidades de fertilizantes potássicos bem maiores que os de texturas mais grosseiras para manter um determinado nível de potássio em solução, devido à grande capacidade de adsorção destes solos e, como conseqüência, uma menor disponibilidade de nutrientes para o vegetal.

#### 4.8. Níveis Críticos de Potássio no Solo

Podemos observar, na Tabela 9, as doses recomendadas e os níveis críticos de potássio no solo (Mehlich-1), tomando por base o crescimento em altura, o diâmetro no colo e a matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de *Azadirachta indica*, aos 60 dias após a semeadura.

**Tabela 9.** Doses recomendadas e níveis críticos de potássio no solo (Mehlich-1), considerando o crescimento em altura (Alt.), diâmetro do colo (Diâm.) e matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de *Azadirachta indica* aos 60 dias após a semeadura, em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco

	Doses para Máxima Produção			Doses para 90% Prod. Máx.			Níveis Críticos no Solo 90% Prod. Máx.		
	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA
	mg.dm <sup>-3</sup>								
Solo	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA
PAd	102,26	99,60	72,08	3,10	21,48	2,55	49,90	59,13	49,62
LAd	181,76	196,76	-	25,24	23,23	-	109,62	108,18	-

Os valores de níveis críticos de potássio no solo de textura arenosa PAd atingiram valores na faixa de 49,6 a 59,13 mg.dm<sup>-3</sup> de K (Mehlich-1), entretanto, o solo de textura argilosa LAd apresentou valores de nível crítico na faixa de 108,18 a 109,62 mg.dm<sup>-3</sup> de K (Tabela 9).

Já Barros e Novais (1999) cultivando mudas de *E. urophylla* encontraram em solo arenoso níveis críticos de potássio em torno de  $20 \text{ mg.dm}^{-3}$  e em solo argiloso  $27 \text{ mg.dm}^{-3}$ .

No estudo em questão, verificou-se que os valores obtidos nos solos estudados em função do potássio, foi o inverso quando comparados com o fósforo, onde os níveis do potássio no PAd foi inferior aos encontrados no LAd. Os resultados dessa avaliação indicam que, em solos arenosos, mesmo quando pequena quantidade de fertilizante potássico é adicionada, grande parte deste nutriente permanece em solução, sendo prontamente absorvido pelo vegetal, colaborando para um nível crítico relativamente baixo.

Portanto, como pode ser observado, o nível crítico de potássio no solo de textura argilosa é superior ao do solo de textura arenosa. Este fato pode ser atribuído à maior quantidade de cargas negativas nos solos argilosos, sendo o potássio retido com maior energia do que no solo arenoso, necessitando assim, de uma maior quantidade de potássio, para saturar o complexo de troca e manter, portanto, uma determinada concentração do nutriente na solução do solo, acarretando, assim, a elevação do nível crítico de potássio.

A determinação de níveis críticos no solo é um processo de grande importância, pois a produção comercial de mudas florestais é efetuada, na maioria dos casos, em pequenos recipientes, e se adotando um nível crítico baixo e trabalhando com solos pobres em potássio, provavelmente a quantidade de fertilizante potássico adicionado ao solo seria insuficiente para um bom crescimento das mudas.

Novais et al. (1980) diz que, os níveis críticos de potássio no solo para *E. grandis*, na fase inicial do crescimento, está abaixo de  $10 \text{ mg.dm}^{-3}$  (Mehlich 1), já o solo é pobre em Ca e Mg. Para *E. cloeziana*, os valores estavam na faixa de 8 a  $16 \text{ mg.dm}^{-3}$ , sendo que os valores mais altos foram obtidos para solos que receberam calagem. Ainda em relação ao nível crítico de potássio no solo para o crescimento de mudas de *E. grandis*, Prezotti (1985) verificou que os níveis para obtenção de 90% da produção máxima foram de 28 a  $34 \text{ mg.dm}^{-3}$  para solos de textura média a arenosa e 35 a  $40 \text{ mg.dm}^{-3}$  para os de textura argilosa. Estes valores foram mais altos que os encontrados

por Novais et al. (1980), sendo justificados em razão do pequeno volume de solo (400 cm<sup>3</sup>) que foi utilizado para a produção das mudas.

As doses de potássio estimadas (DE) para as mudas de *Azadirachta indica* atingirem 90% da produção máxima (Figura 5), em relação às doses de potássio aplicado foi menor no PAd quando comparado com LAd, os valores apresentados no PAd variaram de 2,55 a 21,48 mg.dm<sup>-3</sup>, já no LAd a variação foi de 23,23 a 297,00 mg.dm<sup>-3</sup>.

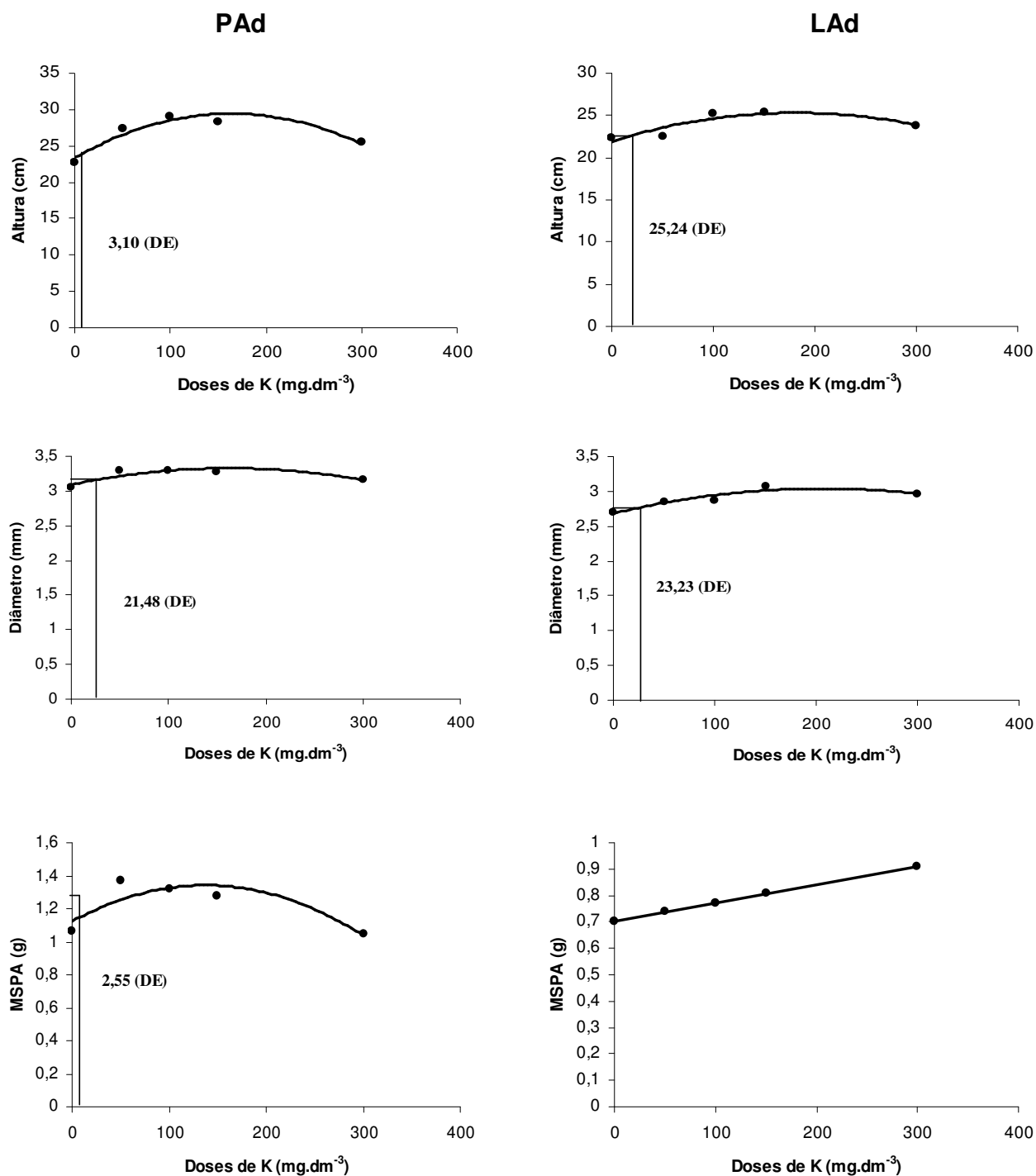
A partir das doses de potássio aplicadas para obtenção de 90% da produção máxima (Figura 5) e dos ajustes matemáticos entre os teores de potássio disponível no solo pelo método de Mehlich-1, em função das doses de potássio aplicadas, estimaram-se os níveis críticos de potássio no solo para a altura, e para o diâmetro no colo e para a produção de matéria seca da parte aérea.

Já para a produção de matéria seca da parte aérea no LAd, não foi possível determinar a dose recomendada nem o nível crítico no solo, devido a essa variável ter apresentado uma resposta linear às doses de potássio aplicadas.

Diante disso, pôde-se observar que os valores dos níveis críticos variaram entre os solos estudados, onde os menores valores foram obtidos no PAd e os maiores no LAd, com exceção da produção de matéria seca, que continuou crescendo até a dose máxima utilizada no experimento no LAd para produção de matéria seca da parte aérea (Tabela 9). Desse modo, os níveis críticos de potássio não se mostraram adequados para permitir uma produtividade igual ou superior a 90 % do rendimento máximo.

Na figura 5, estão as doses estimadas para obtenção de 90% da produção máxima em relação à altura, ao diâmetro no colo e a produção de matéria seca da parte aérea em função das doses de potássio aplicadas, obtidas dos ajustes matemáticos entre teores de potássio disponível no solo pelo método de Mehlich-1 em função das doses aplicadas.





**Figura 5.** Crescimento em altura, do diâmetro no colo da produção de matéria seca em função das doses de fósforo e doses estimadas (DE) para obtenção de 90% da produção máxima em *Azadirachta indica*, em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco.

#### 4.9. Concentração de Potássio na Parte Aéreas das Plantas

Os teores de potássio na matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de *Azadirachta indica*, cultivadas por 60 dias em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco, com diferentes doses de potássio aplicadas, são observados na tabela abaixo, onde ajustaram-se modelos lineares com elevados coeficientes de determinação. Isso significa que com o aumento das dosagens de potássio, maior foi o teor de potássio na parte aérea das mudas, concordando com os trabalhos de Silveira et al. (1995) e Camargo (1997), que também encontraram o maior conteúdo de potássio na matéria seca da parte aérea de mudas de *E. grandis* produzidas através de sementes e estacas, respectivamente. Silveira et al., (1995) observaram valores inferiores para matéria seca das folhas ( $0,58 \text{ g.kg}^{-1}$ ), e do caule ( $0,41 \text{ g.kg}^{-1}$ ) em mudas de *E. grandis* aos 97 dias, resultados semelhante aos encontrados para as mudas *Azadirachta indica* (Tabela 10).

**Tabela 10.** Teores de potássio na matéria seca da parte aérea (MSPA) de *Azadirachta indica*, cultivadas por 60 dias em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco, com diferentes doses de potássio adicionado

Solos	Doses de K ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )	Teores de potássio ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) Mehich-1	Equações
PAd	0	0,94	$\hat{y} = 0,9537 + 0,00090^{**}x$ $R^2 = 0,97$
	50	0,98	
	100	1,06	
	150	1,11	
	300	1,21	
LAd	0	0,98	$\hat{y} = 1,0388 + 0,00080^*x$ $R^2 = 0,82$
	50	1,11	
	100	1,14	
	150	1,20	
	300	1,25	

Verifica-se que os teores de potássio na matéria seca da parte aérea variaram de um mínimo  $0,94 \text{ g.kg}^{-1}$  até um máximo  $1,21 \text{ g.kg}^{-1}$  no PAd e de  $0,98 \text{ g.kg}^{-1}$  a  $1,25 \text{ g.kg}^{-1}$  no LAd para as mudas de *Azadirachita indica* (Tabela 9). De acordo com Malavolta et al., (1997), o teor mínimo é inferior ao teor considerado como nível crítico ( $0,95 \text{ g.kg}^{-1}$ ) enquanto que o teor máximo é superior aos teores considerados como suficientes para espécies florestais ( $1,0 \text{ g.kg}^{-1}$  a  $12,0 \text{ g.kg}^{-1}$ ). A importância do potássio reside no fato

de ser um elemento vital para o metabolismo vegetal, desenvolvendo diferentes atividades, ligadas às funções enzimáticas, de regulador osmótico e de controlador da abertura e fechamento dos estômatos (Marschner, 1995). Por outro lado Malavolta et al. (1997) menciona que o potássio interage com outros nutrientes, podendo influenciar a absorção de vários íons.

De forma geral, os teores de potássio nas mudas de *Azadirachita indica* no LAd foram semelhantes ou um pouco superiores àqueles encontrados no PAd, apesar do teor de potássio no PAd ser bem maior do que o teor no LAd (Tabela 1).

Os resultados encontrados neste trabalho, com relação ao teor de potássio na matéria seca da parte aérea, corroboram com os resultados encontrados por Dantas (2005), que avaliando os teores de potássio em mudas de nim, encontrou valores que variavam de 1,3 a 1,5 g.kg<sup>-1</sup> de K na parte aéreas das mudas cultivadas em um Neossolo. Tais resultados concordam ainda com trabalhos de Carvalho Filho et al., (1997), que estudando a matéria seca da parte aérea da gliricídia cultivada por 90 dias em um estudo de campo, encontraram teores de potássio de 1,60 g.kg<sup>-1</sup>.

Outros resultados que confirmam os valores encontrados na matéria seca da parte aérea das plantas de *Azadirachta indica*, são os teores encontrados por Moraes et al. (1990) em *E. grandis* na região de Viçosa/MG e de Paraopeba/MG e por Bellote (1993) em *E. grandis* na região de Mogi Guaçu/SP. Em ambos os estudos, o teor de potássio foi na faixa de 0,90 a 1,50 g.kg<sup>-1</sup> de K.

Com relação aos teores encontrados de potássio na parte aérea das plantas de nim esses valores se assemelham com os de Haag et al. (1996) que estudando a composição mineral da matéria seca da parte aérea de cinco espécies de *Eucalyptus* na condição de campo, e encontraram diferenças na concentração dos nutrientes, principalmente na dos macronutrientes. De maneira geral, as maiores concentrações foram observadas no *E. grandis*, quando comparado a outras espécies. Em relação ao potássio, houve variações significativas, as quais obedeceram a seguinte ordem decrescente de concentração: *E. grandis* (2,1 g kg<sup>-1</sup>) > *E. saligna* (1,7 g kg<sup>-1</sup>) > *E. robusta* (1,5 g kg<sup>-1</sup>) > *E. microcorys* (1,4 g kg<sup>-1</sup>) = *E. resinifera* (1,4 g kg<sup>-1</sup>).

#### 4.10. Níveis Crítico de Potássio na Planta

Para avaliação do nível crítico adotou-se o critério estabelecido por Ulrich e Hills (1973), que definiu o nível crítico como a concentração do nutriente que corresponde a 90% da produção máxima da cultura, estabelecendo na tabela 12, as doses recomendadas e os níveis críticos de potássio na planta, tomando por base o crescimento em altura, o diâmetro do colo e a matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de *Azadirachta indica*, aos 60 dias após a semeadura.

**Tabela 11.** Doses recomendadas e níveis críticos de potássio na planta, considerando o crescimento em altura (Alt.), diâmetro do colo (Diâm.) e matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de *Azadirachta indica* aos 60 dias após a semeadura, em dois solos da Zona da Mata de Pernambuco

	Doses para Máxima Produção			Doses para 90% Prod. Máx.			Níveis Críticos na Planta 90% Prod. Máx.		
	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA
	mg.dm <sup>-3</sup>								
Solo	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA	Alt.	Diâm.	MSPA
PAd	102,26	99,60	72,08	3,10	21,48	2,55	0,95	0,97	0,95
LAd	181,76	196,76	-	25,24	23,23	-	1,04	1,06	-

Os valores de níveis críticos de potássio observados nas plantas cultivadas no solo de textura arenosa (PAd) foram de 0,95 a 0,97 g.kg<sup>-1</sup> de potássio na matéria seca da parte aérea das plantas, entretanto, no solo de textura argilosa (LAd) apresentou valores de nível crítico na faixa de 1,04 a 1,06 g.kg<sup>-1</sup> de potássio (Tabela 12).

Os valores de níveis críticos encontrados neste trabalho, estão relacionados à facilidade de absorção deste nutriente no solo. Isso ocorre porque o solo com textura argilosa contém uma grande quantidade de cargas negativas, fazendo com que os nutrientes de cargas positivas no caso o potássio, sejam adsorvidos ou fixados a estas cargas negativas dificultando a sua absorção e, por isso, maior será o nível crítico desse nutriente no solo e na planta.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, os resultados permitiram chegar as seguintes conclusões:

As plantas de *Azadirachta indica* tiveram um melhor desenvolvimento quando cultivadas no PAd, em todas as variáveis estudadas.

Para produção de matéria seca da parte aérea das plantas de *Azadirachta indica* no LAd, as doses de fósforo e de potássio não foram suficiente para determinar nível crítico no solo.

As doses recomendadas de fósforo e de potássio para 90% da produção máxima, foram menores no PAd.

Os níveis críticos de fósforo e potássio no solo para as plantas de *Azadirachta indica* foram maiores no PAd e LAd, respectivamente.

Os teores de fósforo e de potássio na parte aérea das plantas de *Azadirachta indica* foram maiores no PAd e LAd, respectivamente.

Os níveis críticos de fósforo e de potássio na planta para as mudas de *Azadirachta indica* foram maiores no LAd.

## 6. REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V.H. et al. Avaliação da fertilidade do solo: metodologia. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA NA UFV, 1, Viçosa, 1988. **Resumos...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1988. p.68-69.

ARAÚJO, L. V. C.; RODRIGUEZ, L. C. E.; PAES, J. B. Características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 153-159, 2000.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. Interpretação de análises químicas de solo para o crescimento de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, v.6, p.1, p.38- 44, 1982.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Eucalipto. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação**. Viçosa: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999. p. 303-305.

BATES, T.E. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: a review. **Soil Science**, Baltimore, v.112, p.116-130, 1971.

BLOOM, A. J. Nutrição mineral. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E. R. Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, cap. 5, p. 95-113. 2004.

BRARDWAI, S. D.; CHAND, G. Storage of neem seeds: Potential and limitations for germplasm conservation. **The Indian Forester**, Índia, v. 121, n. 11, p. 1009-1011, 1995.

BRECHELT, A. Multiplicação e Manejo da Árvore. In: MARTINEZ, S. S. ed. **O Nim - *Azadirachta indica* – natureza, usos múltiplos, produção**. Londrina, IAPAR, 2002. p. 81 -89.

BELMIRO P.; CARLOS M. **Cultivo e utilização do nim indiano** (*Azadirachta indica* A. Juss)"; Nogueira. Goiânia: EMBRAPA – CNPAF, 1996. p. 46.

BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A. Nutrientes minerais e crescimento de árvores adubadas de *Eucalyptus grandis*, na região do cerrado, no Estado de São Paulo. **Boletim Pesquisa Florestal**, v.26/27, p.17-65. 1993.

BORTOLUZZI, E.C., et al. Evolução mineralógica de um solo arenoso do Rio Grande do Sul afetado pela fertilização potássica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, SP, v. 29, p.327-335, 2005.

CAMARGO, M.A.F. **Matéria seca, concentração e conteúdo de macronutrientes em mudas de clones de eucalipto, em função da idade**. Piracicaba. 1997. 94f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

CARVALHO FILHO, O.M.; DRUMOND, M.A.; LANGUIDEY, P.H. ***Gliricidia sepium* - leguminosa promissora para regiões semi-áridas**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1997. 17p. (EMBRAPA- CPATSA. Circular Técnica, 35).

CARVALHO, M. M.; SARAIVA, O.F.;VERNEQUE, R.S. Níveis críticos externos e internos de fósforo de duas leguminosas tropicais em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, SP, v. 13, p.311-314, 1993.

COUTINHO, R.Q.; LIMA FILHO, M. F. de ; SOUZA NETO, J. B. Característica climática, geomorfológica e geotécnica da Reserva Ecológica de Dois Irmãos In: **Reserva Ecológica de Dois Irmãos: estudo em um remanescente de Mata Atlântica em área Urbana** (Recife – Pernambuco- Brasil). Recife: Universitária, 1998. 326p.

DANIEL, O; VITORINO, A.C. T.; ALOVIS, A. A. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21 n.2, p. 163-168,1997.

DANTAS, J. S. **Absorção de N, P, K de três espécies florestais em relação ao estresse hídrico e adubação orgânica em dois solos do Semi-Árido da Paraíba.** 2005. 36f. Dissertação - (Mestrado em Manejo de Solo e Água) pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

ELLET, C.W. Soil fertility and disease development. **Better crops with plant food**, v.57, p. 6-8, 1973.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2ª ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2ª ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2006. 306p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants:** Principles and perspectives. 2nd ed. Sunderland: Sinauer, 2005. 225 p.

FABRES, A.S.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; CORDEIRO, A.T. Níveis críticos de diferentes frações de P em plantas de alface cultivadas em diferentes solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.51-57, 1987.

FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.24, p.1269-1290, 2001.

FONSECA, D.M. **Níveis críticos de fósforo em amostra de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*.** 1987. 146f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FONSECA, E.P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob**



**diferentes períodos de sombreamento.** 2000. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

FURTINI NETO, A.E. **Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em *Eucalyptus* spp.** 1994. 99f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GONÇALVES, J.L.M.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea de eucalipto na presença e na ausência da calagem. **Revista Árvore**, Viçosa, v.10, n.1, p.91-104, 1986.

GONÇALVES, J.L.M. et al. Cinética de absorção de fósforo em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.9, p.107-111, 1987.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais: propagação sexuada.** 3. ed. - Viçosa: UFV, 2004. 116p.

HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.D.; POGGIANI, F.; FERREIRA, C.A. Análise Foliar de cinco espécies de *Eucalyptus*. **IPEF**, n.13, p.99-115, 1996.

HUBER, D.M.; ARNY, D.C. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R.D. (Ed.). **Potassium in Agriculture**, Madison: ASA, CSSA and SSA, 1985. p.467-488.

INSTITUTO HORUS. **Descrição e fenologia da espécie.** Disponível em: <[http://www.institutohorus.org.br/download/fichas/Az\\_indica.htm](http://www.institutohorus.org.br/download/fichas/Az_indica.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2007.

IPBRAS. Neem: **A árvore da vida é solução para agricultores e pecuaristas brasileiros.** Disponível em: <<http://www.neem.ipbras.com.br>>. Acesso em: 20 ago. 2007.

ISMAEL J.J.; VALERI S.V.; CORRADINI L.; ALVARENGA S.F.; VALLE C.F.; FERREIRA M.E.; BANZATTO D.A. Níveis crítico de fósforo no solo e nas folhas para a implantação de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, em quatro tipos de solos. **Scientia Forestalis**, Santa Maria, n.54, p. 29-40, 1998.

KUMAR, S.; JATTAN, S. S. Neem – A green contraceptive. **The Indian Forester**, Índia, v. 121, n. 11, p. 1006-1008, 1995.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicação 2.ed. Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa do fosfato. 1997. 201p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: CERES, 2006. 631 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MARTINEZ, S.S. Situação atual e perspectivas do uso do nim no Brasil. In: **O nim: *Azadirachta indica* – natureza, usos múltiplos, produção**. Londrina: IAPAR, 2002, Cap. 11, p. 121-127.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Berne: International Potash Institute, 1978. 593p.

MIELNICZUK, J. Formas de potássio em solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.1,n.2-3, p.55-61,1977.

MISHRA, R. N. Neem improvement research at arid forest research institute, Jodhpur. **The Indian Forester**, Índia, v. 121, n. 11, p. 997-1002, 1995.

MOURA FILHO, G. **Disponibilidade de fósforo em amostras de solos de várzeas**. 1990. 76f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MOURÃO, S. A.; ZANUNCIO, J. C.; SILVA, J. C.; JHAM, G. N. **Nim Indiano (*Azadirachta indica* A. JUSS) mil utilidades**. (Boletim de Extensão) - Viçosa: UFV, n.47, 26 p. 2004.

MORAIS, E.J.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; BRANDI, R.M. Biomassa e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.3, p.353-62, 1990.

NAVA, G. **Nutrição e rendimento de macieira em resposta às adubações nitrogenadas e potássicas e ao déficit hídrico**. 2007. 114f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, SP.

NEVES, J.C.L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp: tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo**. 1988. 87f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NOVAIS, R.F.; RÊGO, A.K.; GOMES, J.M. Nível crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v.4, n.1, p.14-23, 1980.

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* spp. Níveis críticos de implantação e de manutenção. **Revista Árvore**, viçosa, v.10, n.1, p. 105-111, 1986.

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

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C.L. ; BARROS, N. F. de. Ensaio em ambiente contrilado.In: OLIVEIRA, A. J. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991, p. 189.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solos e plantas em condições tropicais**. Viçosa, MG.: UFV, 1999. p.399.

NOVELINO, J.O. **Disponibilidade de fósforo ao longo do tempo em solos altamente intemperizado avaliadas por extratores químicos e crescimento vegetal**. 1999. 70f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, W. de. Nova espécie amplia opções de plantio. **Revista da Madeira**, n. 69, ano 12, p.18-23, 2003.

PARON, M. E. **Fósforo, nitrogênio e fugos micorrízicos em espécies arbóreas em solos da área de influência da hidrelétrica**. 1995. 68f. Dissertação - (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PASSOS, M. A. A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial de Algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC)**. 1994. 54f Tese - (Doutorado em solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PERRENOUD, S. **Potassium and plant health**. 2 ed. Berne, International Potash Institute, 1990. 363p.

PREZOTTI, L.C. **Nível crítico de potássio no solo para produção de mudas de eucalipto**. Viçosa, 1985. 45f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, 1991. p. 343.

RAMOS, A. L. M. Reflorestamento e Sistemas Agroflorestais com Nim. In: MARTINEZ, S. S. ed. **O Nim - *Azadirachta indica* – natureza, usos múltiplos, produção.** Londrina, IAPAR, 2002. p. 97-109.

RENÓ, N. **Requerimentos nutricionais e resposta ao P e fungo micorrízico de espécies nativas no Sudeste brasileiro.** 1994. 62f. Dissertação - (Mestrado em solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ROCHA, R.C. **Desenvolvimento de espécies arbóreas com e sem micorrização transplantada para solo degradado contendo doses crescentes de fósforo.** 1995. 74f. Dissertação – (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ROSSI, C. **Crescimento e nutrição do braquiário em Latossolo dos Campos das Vertentes (MG) sob influência da Calagem em fontes de fósforo.** 1995. 65f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA E.M.B. **Níveis Críticos de Fósforo para *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf. cv. Marandu em Solos de Referencia de Pernambuco.** 2002. 67f. Dissertação - (Mestrado em Ciências do Solo) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

SILVEIRA, R.L.V.A.; LUCA, E. F.; SHIBATA, F. Absorção de macronutrientes pelas mudas de *E. grandis* em condição de viveiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995a. **Anais...**, Viçosa: SBCS, 1995. p. 839-41.

SILVEIRA, R.L.V.A.; TAKAHASHI, E.N.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e boro em híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva (compact disc). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. Solo-suelo 96 **Anais...** Piracicaba: SBCS/SLCS. 1996.

SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N.; MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: Diagnose visual, foliar e suas interpretações (compact disc). In: Simpósio Sobre Fertilização e Nutrição Florestal: Piracicaba, 1999. Simpósio Sobre Fertilização e Nutrição Florestal 99, **Anais...** Piracicaba: IPEF/ESALQ/USP.

SILVEIRA, R.L.V.A. **Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden cultivadas em solução nutritiva.** 2000. 182f. Tese - (Doutorado em solos e Nutrição de Plantas) Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo, SP.

SOUZA, J. M. J. **Efeito da calagem e do fósforo no crescimento inicial de *Moringa oleifera* Lam.** 2000. 32f. Dissertação – (Mestrado em Ciências do Solo) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003. **Anais.** POTAFOS/ANDA. São Pedro, SP. 2003.

SOUSA, D.M.G.; MARTHA, JUNIOR. G.B.; VILELA, L. Manejo da adubação fosfatada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., Piracicaba, 2004. **Anais.** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.101-138.

ULRICH, A.; HILLS, F.J. Plants analysis as an aid fertilizing sugar crops: part 1. Sugar beets. Principales and pratices of plant analysis. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. (Ed.) Soil testing and plant analysis. Madison: **Soil Science Society of America**, 1973. p.271- 288.