

Mestrado Profissional
Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais

ELAINE NATHALIE MELO NEGRÃO

**FERTILIDADE DO SOLO,
ASPECTO NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DE PLANTAS DE DENDÊ (*Elaeis
guineenses* Jacq.) CULTIVADAS EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS DO
ESTADO DO PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado Profissional em Uso Sustentável de
Recursos Naturais em Regiões Tropicais do
Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento
Sustentável (ITV DS).

Orientador: Nei Rivello

Coorientador: Antonio Eduardo Furtini Neto

Belém – PA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

N385f

Negrão, Elaine Nathalie Melo

Fertilidade do solo, aspecto nutricional e produtividade de plantas de dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.) cultivadas em diferentes tipos de solos do estado do Pará / Elaine Nathalie Melo Negrão -- Belém-PA, 2016.
45 f.: il.

Dissertação (mestrado) -- Instituto Tecnológico Vale, 2016.
Orientador(a): Prof. Nei Rivello

1. Óleo de Palma. 2. Fertilidade. 3. Nutrição. I. Título.

CDD 23. ed. 584.5

ELAINE NATHALIE MELO NEGRÃO

**FERTILIDADE DO SOLO,
ASPECTO NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DE PLANTAS DE DENDÊ (*Elaeis
guineenses* Jacq.) CULTIVADAS EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS DO
ESTADO DO PARÁ.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável do Programa de Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável (ITV).

Data da aprovação:

Banca examinadora:

Nei Rivello
Orientador – (ITV)

Dr. Cecílio Frois Caldeira Júnior
Membro interno - (ITV)

Dr. Marcelo Murad Magalhães
Membro externo - (EMBRAPA)

DEDICATÓRIA

Fazer o bem, praticar virtudes, viver a justiça, ter fé e cultivar o amor são lições ensinadas por meus pais, meus primeiros e eternos professores. Princípios que edificam minha vida e nortearam-me no desenvolvimento deste trabalho. Como uma forma, simples, de retribuir o amor, confiança, carinho e proteção dos meus progenitores, a eles dedico esta dissertação de mestrado.

“O artista foi tão perfeito, ao criar todos diferentes, que fez com que tivessem a necessidade de viver juntos. Cada qual desempenhando sua missão. Cada qual fazendo sua parte para que o Reino continuasse existindo e cumprindo sua função”.

Gabriel Chalita
A ética do rei menino

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, o grande autor da vida, por guiar-me sempre, por presentear-me com anjos durante essa caminhada, e por fortalecer a minha família, na qual encontro todo amor e confiança necessários para seguir meus sonhos.

Ao Instituto Tecnológico Vale, pela oportunidade do mestrado profissional. De forma especial, aos mestres da casa que compartilharam seus conhecimentos durante esses dois anos.

Ao meu orientador Nei Rivello, obrigada pelo incentivo e compreensão! Ao professor Antonio Eduardo Furtini Neto, coorientador a quem sou extremamente grata pelas inúmeras discussões e revisões deste trabalho, e principalmente pela paciência, amizade e ensinamentos.

Ao Rodolfo Jaffé e Hércio Canuto que disponibilizaram parte do seu tempo para ajudar-me com as análises estatísticas. Sem a imensa colaboração de vocês seria mais difícil!

À banca examinadora pela avaliação, sugestões, respeito e atenção dedicados a esse trabalho.

E a TODOS os amigos que pacientemente compreenderam minha ausência, rezaram e torceram por mim. E especialmente aqueles amigos que embarcaram na mesma viagem Tatiana Rocha de Azevedo, Josiane Amanda Gomes Miranda, Regina de Oliveira Meireles e Alberto Juliê Monteiro de Aragão. Obrigada pelas risadas, pelo apoio e torcida. Foi incrível cada momento!

RESUMO

A crescente demanda mundial por óleos vegetais, tanto para uso alimentar e industrial, fomentou o cultivo do dendezeiro (*Elaeis guineenses* Jacq.), na região amazônica e na Ásia. Apesar de ser considerada a oleaginosa de maior produtividade conhecida no mundo, seu potencial não é totalmente explorado no Brasil. O dendezeiro é a única planta onde se obtém dois tipos de óleos de alto valor agregado sendo eles, o óleo de palma, extraído da polpa do fruto, e do óleo palmiste, extraído da amêndoa. Esta pesquisa tem como objetivo diagnosticar a fertilidade do solo e sua relação com a produtividade dos dendezeiros cultivados em fazendas de propriedade da Vale/Biopalma localizadas em quatro polos de produção, no estado do Pará, que englobam distintas classes de solo. Foi realizada a diagnose da fertilidade, estado nutricional dos plantios e correlações pelo teste de Pearson, entre os teores dos nutrientes determinados nos solos (camada de 0-20 cm) *versus* os teores foliares e da produção *versus* cada nutriente, tanto do solo quanto do tecido vegetal. De modo geral, os solos estudados nas áreas de cultivo do dendezeiro são de baixa fertilidade para macronutrientes, apenas o Fe manteve-se com alto teor em todas as profundidades e áreas, enquanto os teores de micronutrientes Zn, Cu, Fe e B encontram-se na faixa adequada de nutrição. Todos os nutrientes no solo e foliar obtiveram relação positiva e significativa para a produtividade. Por conseguinte, ressalta-se a necessidade de adequação do manejo do solo, considerando além dos atributos físicos dos solos, a necessidade de padronização das faixas críticas de concentrações de nutrientes para o cultivo do dendezeiro.

Palavras-chave: Dendê. Fertilidade. Nutrição.

ABSTRACT

The growing global demand for vegetable oils, mainly for food, promoted the cultivation of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), which can be obtained two types of oils considered high value. Despite being considered the oilseed higher productivity known to the world, their production potential is estimated at twice the world average productivity achieved in commercial plantations equal to 4.5 t / ha. Because of this high capacity and cost-effectiveness provided by this culture it is necessary to pay careful attention to soil management. This research aims to diagnose soil fertility and its relationship with the productivity of oil palm grown on farms owned by Vale / Biopalma located in four production centers in the state of Pará, which include different types of soil. Was conducted the diagnosis of fertility, nutritional status of crops and correlations by the Pearson test between certain levels of nutrients in the soil (0-20 cm) versus the foliar and production contents versus each nutrient from both the soil and the plant tissue. In general, the soils studied are of low fertility, only Fe was maintained with high content in all layers. And only the micronutrients Zn, Cu, Fe and B are in the proper range of nutrition. For not get significant correlation between soil and foliar contents it is suggested the occurrence of interactions between K, S, Cu, Mn and Zn, especially during the root absorption process by plant oil palm, more studies should be performed about it. About the production, all the nutrients obtained positive and significant relationship. Therefore, it emphasizes the need for adequate soil management, considering besides the physical attributes of the soil, the need for standardization of critical foliar concentrations ranges of nutrients to the local conditions of the Amazon.

Keywords: Palm oil, Fertility, Nutrition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica dos polos de produção da Biopalma.....	14
Figura 2 - Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Latossolos Amarelos distróficos e álicos textura média, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades.....	17
Figura 3 - Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Argissolos Acinzentados distróficos e álicos textura média, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades amostradas.....	18
Figura 4 - Perfil representativo das classes de solo: (A) PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Distróficos textura argilosa . (B) ESPODOSSOLOS Distróficos e (C) PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Álicos textura média/argilosa e argilosa.....	19
Figura 5 - Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Espodossolos Distróficos, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades.....	20
Figura 6 - Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Gleissolos Háplicos Tb Distróficos, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades.....	21
Figura 7 - .Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Plintossolos Pétricos Concrecionários Álicos textura média, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades.....	22
Figura 8 - Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Plintossolos Pétricos Litoplínticos, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades.....	23
Figura 9 - Percentual de amostras com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Latossolos Amarelos Distróficos e Álicos textura média no estado do Pará.....	24
Figura 10 - Percentual de amostras foliares com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Argissolos Acinzentados Distróficos e Álicos textura média no estado do Pará..	24
Figura 11 - Percentual de amostras com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Espodossolos Distróficos no estado do Pará.....	25

Figura 12 - Percentual de amostras com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Gleissolos Háplicos Tb Distróficos no estado do Pará.....27

Figura 13 - Percentual de amostras com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Plintossolos Pétricos Concrecionários Álicos textura média no estado do Pará.....27

Figura 14 - Percentual de amostras com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Plintossolos Pétricos Litoplínticos no estado do Pará28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de solos identificadas nas áreas de estudo.....	17
Tabela 2 - Matriz de correlação dos teores de macronutrientes e micronutrientes determinados em diferentes classes de solos vs teores foliares de plantas de dendê cultivadas em quatro polos de produção no estado do Pará.	30
Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a produção versus o teor de macro e micronutriente do solo, em áreas de plantio comercial de dendezeiro no estado do Pará.....	31
Tabela 4 - Coeficientes de correlação de Pearson da produção versus teores foliares dos macro e micronutrientes, em áreas de plantio comercial de dendezeiro no Estado do Pará.....	31

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CSPO - Certificado de Óleo de Palma Sustentável

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

DS – Desenvolvimento Sustentável

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária

INPI - International Plant Nutrition Institute.

ITV – Instituto Tecnológico Vale

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MPOC - Malaysian Palm Oil Council

RSPO - Roundtable On Sustainable Palm Oil

SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivos.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA.....	15
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1	Análise de fertilidade.....	17
4.2	Análise foliar.....	25
4.3	Correlação: teores de nutrientes nos solos versus tecido foliar.....	30
4.4	Correlação: produção do dendê versus teores de nutrientes nos solos e produção do dendê versus teor foliar.....	31
	CONCLUSÃO.....	33
	REFERÊNCIAS.....	34
	APÊNDICE A - Matriz de correlação de Pearson entre a produtividade de dendezeiro e os atributos químicos de solos no estado do Pará.....	38
	APÊNDICE B – Matriz de correlação de Pearson entre a produtividade de dendezeiro e os teores foliares de macro e micronutrientes no estado do Pará.....	39
	ANEXO A – Tabela de critério utilizada para a interpretação dos resultados de análises de solos para a matéria orgânica e para o complexo de troca catiônica.....	40
	ANEXO B – Tabela de critério utilizada para a interpretação dos resultados de análises de solos para a acidez ativa do solo (pH)1/.....	41
	ANEXO C – Tabela de critério utilizada para a interpretação dos resultados de análises de solos para disponibilidade do fósforo de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para o potássio.....	42
	ANEXO D – Tabela de critério utilizada para a interpretação dos resultados de análises de solos para disponibilidade da disponibilidade para o enxofre 1/ de acordo com o valor de fósforo remanescente (P-rem).....	43
	ANEXO E – Tabela de critério utilizada para a interpretação dos resultados de análises de solos para a disponibilidade para os micronutrientes.....	44
	ANEXO F – Faixa de concentração foliar de nutrientes considerada ótima.....	45

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por óleos vegetais, tanto para uso alimentar, quanto para uso industrial (biodiesel, fármacos, cosméticos etc.) contribuiu para a seleção e, conseqüentemente, o melhoramento de espécies vegetais cujo rendimento em óleo por hectare fosse mais vantajoso que a cultura da soja. Atualmente, tanto no Brasil quanto na Ásia, o caso mais proeminente é o cultivo do dendezeiro (*Elaeis guineenses* Jacq.). Pertencente à família das Arecaceae, o dendezeiro é uma oleaginosa com elevada produtividade, cujo óleo é conhecido popularmente com óleo de palma, além de ser a única onde se obtém dois tipos de óleos de alto valor agregado sendo eles, o óleo de palma, extraído da polpa do fruto, e do óleo palmiste, extraído da amêndoa (YOKOYAMA, 2015). A composição química desses dois óleos são distintas, o que possibilita uma grande variabilidade de uso dos mesmos (OIL WORLD, 2015).

O aumento do cultivo do dendezeiro foi tão acelerado que, atualmente, o óleo de palma é o mais produzido no mundo. De acordo com Oil World (2015), houve um incremento de 16,5% na produção mundial do ciclo 2011/2012 para o ciclo 2014/2015. Esse crescimento é explicado por algumas características da cultura como, por exemplo, o forte apelo ecológico, dado seu expressivo nível de sequestro de carbono e reduzido impacto ambiental, à pouca exigência em mecanização, à versatilidade de uso dos seus produtos e devido a sua produtividade ser maior que outras espécies oleaginosas concorrentes (3,5 a 6 t/ha de óleo de palma, contra 0,4 a 0,6 t/ha de óleo de soja, 0,8 a 1,1 t/ha de óleo de colza, 0,6 a 1 t/ha de óleo de girassol) (MMA, 2006; AGROPALMA, 2015)

De acordo com Yokoyama (2015) a produtividade média mundial de óleo de palma em plantios comerciais é de aproximadamente 4,5 t/ha, com potencial de 8 a 10 t/ha. Em virtude da elevada capacidade produtiva e rentabilidades proporcionadas por esta cultura é necessário dedicar grande atenção ao seu manejo, principalmente no manejo de solo e na nutrição mineral das plantas, uma vez que melhorias nas condições do solo, além de aumentar a eficiência da planta na utilização de nutrientes, possibilita o aumento da produtividade da cultura.

Conforme destacado por Tinker (1976), os próprios cachos de fruto, as podas das folhas e inflorescências masculinas que caem no solo, podem ser fonte de nutrientes para essa cultura. No entanto, a análise do solo juntamente com a foliar são as ferramentas mais importantes para avaliar a fertilidade e balanço de nutrientes para essa cultura. As aplicações balanceadas de corretivos e fertilizantes, no momento e doses adequados, podem garantir elevadas produtividades, mantendo a sustentabilidade econômica e ambiental da lavoura e do empreendimento. Segundo Alves (2011), os gastos com adubação são o segundo maior componente dos custos de produção na agroindústria de palma no Estado do Pará.

O uso de boas práticas agrícolas é preconizado pela Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), e essas práticas compõem uma dos oito importantes critérios ambientais e sociais para serem cumpridos pelas empresas associadas, de modo a torná-las aptas a receber o Certificado de Óleo de Palma Sustentável (CSPO), tais parâmetros ajudam a minimizar os impactos negativos do cultivo sobre o meio ambiente e comunidades das regiões produtoras de óleo de palma. A RSPO foi criada em 2002 e é constituída pelas partes envolvidas (*stakeholders*) na produção de óleo de palma, como produtores, processadores, investidores, organizações não governamentais (ONGs) ligadas à preservação ambiental e aos direitos humanos.

1.1 objetivos

Esta pesquisa tem como objetivo diagnosticar a fertilidade do solo e sua relação com a produtividade dos dendezeiros cultivados em fazendas de propriedade da Vale/Biopalma localizadas em quatro polos de produção, no estado do Pará.

Os objetivos específicos são:

- a) Conhecimento da fertilidade dos solos das áreas de produção
- b) Identificação dos fatores mais limitantes à produção do dendê

2 REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA

. É crescente a demanda mundial por óleos vegetais assim como o interesse econômico pela cultura do óleo de palma. Em virtude da sua alta produtividade e potencialidade ainda inexplorada, a versatilidade de uso, rendimento dos óleos vegetais, a participação da agricultura familiar no cultivo, e consequentemente os impactos ambientais, econômicos e sociais que essa cadeia produtiva gera.

Nos principais produtores mundiais de óleo de palma são realizadas muitas pesquisas voltadas para a eficiente exploração da cultura. Tinker (1976); Corley & Tinker (2003), são referências indispensáveis, que norteiam esses estudos e também o presente trabalho, pois a literatura é considerada a mais completa sobre a cultura, abordando temas da fisiologia, reprodução, nutrição mineral e melhoramento genético da palma.

No aspecto nacional, o Brasil poderá tornar-se um dos maiores produtores mundiais de óleo de palma, pois há grande disponibilidade de área, crescente demanda interna pelo óleo de palma, boa rentabilidade financeira e programas de governo de incentivo à expansão dos plantios. Entretanto, o país carece de estudos básicos e recentes. Essa lacuna compromete o desenvolvimento e produção da planta, e inviabiliza o sucesso do empreendimento.

No âmbito da fertilidade de solos e nutrição de plantas, são poucas informações disponíveis, para as condições locais. Macêdo & Rodrigues (2000); Viegas & Muller (2000), contribuíram com revisões bibliográficas sobre adubação e correção da acidez dos solos. Resultados como encontrado, por Viegas (1993), que constatou uma grande demanda da cultura por nitrogênio, sendo este o segundo elemento mais importante para a cultura. E no oitavo ano de vida, por exemplo, um hectare de dendezeiro (143 plantas) pode chegar a acumular cerca de 568,6 kg de N. Auxiliam o produtor nas decisões a serem tomadas e direcionam pesquisas posteriores.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os polos de produção da Biopalma estão localizados nos municípios de Concórdia do Pará, Moju, Tomé-Açu e Vera Cruz, este último é distrito da cidade de Novo Repartimento (Figura 1). A base de dados utilizada foi fornecida pela Biopalma, e compreende o período 2009 - 2014. As amostras de solo foram coletadas em três profundidades (0 – 20; 21 – 40 e 41 – 60 cm) e determinados os teores de P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn, além do pH, H+Al, Matéria orgânica e Al. Foram também calculados os valores da soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m). Nas plantas, foram determinados os teores foliares de macro e micronutrientes. Todas as análises foram realizadas conforme procedimentos descritos em EMBRAPA (2011). A classificação dos solos utilizada no presente trabalho foi efetuada pela Biopalma, segundo critérios e protocolos adotados pela empresa.

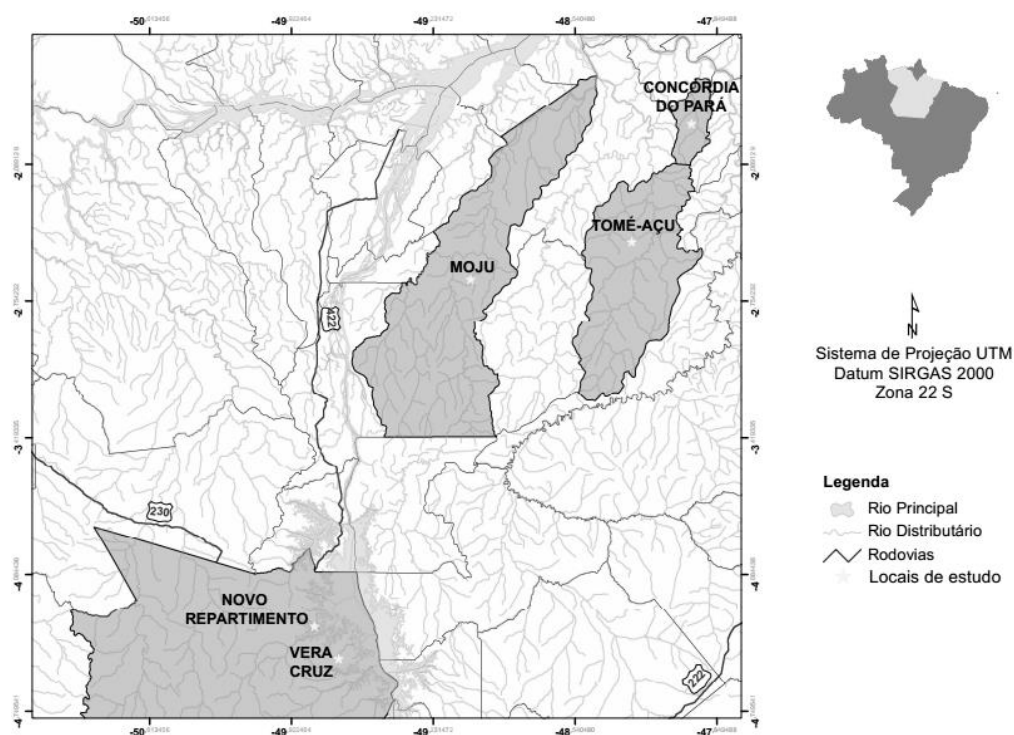


Figura 1. Localização geográfica dos polos de produção da Biopalma. Fonte: AZEVEDO, 2015.

Para a diagnose da fertilidade e estado nutricional dos plantios, os dados obtidos foram analisados separadamente por profundidade em cada uma das classes de solos. Em seguida foram calculados os percentuais de amostras observados nas classes de fertilidade dos solos: baixo, médio e alto, conforme a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (VENEGAS et al., 1999). O mesmo cálculo foi realizado para os teores foliares, classificando-os nas classes: baixo, adequado e alto, baseados nas informações e teores propostos por Uexkull & Fairhurst (1991). Além disso, foram realizadas correlações pelo teste de Pearson, entre os teores dos nutrientes determinados nos solos (camada de 0-20 cm) com os teores foliares e a relação da produção do dendê com cada nutriente, tanto do solo quanto do tecido vegetal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de fertilidade

De modo geral, os solos estudados são de baixa fertilidade, pois em todas as 13 classes de solos analisadas os atributos pH, P, K, S, Ca, Mg, MO, SB, t, V, m, Cu, Mn e Zn apresentaram baixos valores (VENEGAS et al., 1999). Os teores de Al, H+Al, T, e B, tiveram maior percentual na classe médio, e apenas o Fe manteve-se com alto teor em todas as profundidades.

A maioria dos nutrientes do solo são oriundos dos minerais que compõem a rocha matriz, da qual são liberados a partir do processo de intemperismo. Este processo ocorre de forma mais rápida e intensa sob alta temperatura, umidade e atividade de microrganismos. Nas áreas tropicais, geralmente são formados solos mais espessos e abundantes em argilas de baixa atividade, principalmente caulinita, óxidos de ferro e alumínio. Geralmente, esses solos apresentam baixos teores de Ca, Mg e K. A alta precipitação também contribui para a baixa fertilidade, pois os argilominerais tem pouca capacidade de adsorção (CTC da Caulinita, 3 – 15 meq/100g) e quanto maior volume de água infiltrando nos solos, maior poderá ser a

lixiviação de cátions básicos. Essa condição é típica da região amazônica. Dessa forma, atribui a baixa fertilidade dos solos aos processos pedogenéticos desses na região avaliada.

Tabela 1. Classes de solos identificadas nas áreas de estudo

Símbolo	Classes de solos
PAd,al md/arg (A>15cm)	ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos e Álicos textura média/argilosa (Horizonte A >15 cm)
PAd md/arg	ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos textura média/argilosa
PAal md/arg	ARGISSOLOS AMARELOS Álicos textura média/argilosa
LAPd,al md/md-arg	LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos e Álicos textura média/média-argilosa
PACal md/arg (A>15cm)	ARGISSOLOS ACINZENTADOS Álicos textura média/argilosa (Horizonte A > 15cm)
PACd,al md-ar/md-arg	ARGISSOLOS ACINZENTADOS Distróficos e Álicos textura média-arenosa/média argilosa
PACd,al md/arg	ARGISSOLOS ACINZENTADOS Distróficos e Álicos textura média/argilosa
PACd,al md/arg (A<10cm)	ARGISSOLOS ACINZENTADOS Distróficos e Álicos textura média/argilosa (Horizonte A < 10cm)
PAPLd,al md/arg (pl>50cm)	ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos e Álicos plínticos textura média/argilosa, fase plintita/petroplintita após 50 cm.
FFCd arg	PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Distróficos textura argilosa
FFCal md/arg	PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Álicos textura média/argilosa e argilosa
RQd	NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Distróficos típicos
ESPd	ESPODOSSOLOS Distróficos

Fonte: MAZZA, 2014.

As classes de solo mais comuns na área de estudo são os Latossolos e Argissolos. Segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2006), os Argissolos são definidos pela presença do horizonte diagnóstico B textural, imediatamente abaixo do horizonte A ou E. O acúmulo de argila em profundidade deve-se à mobilização e perda de argila da parte mais superficial do solo, resultando na marcante diferenciação dos horizontes que o distingue de outro solos, como por exemplo o Latossolo. Este possui perfis mais homogêneos, pois geralmente apresenta horizonte A pouco espesso com transição difusa para o B latossólico, horizonte que comumente atinge 2m de profundidade. Os Argissolos e os Latossolos avaliados nesse estudo são altamente intemperizados com predominância dos caracteres distrófico e álico (Figura 2 e 3)

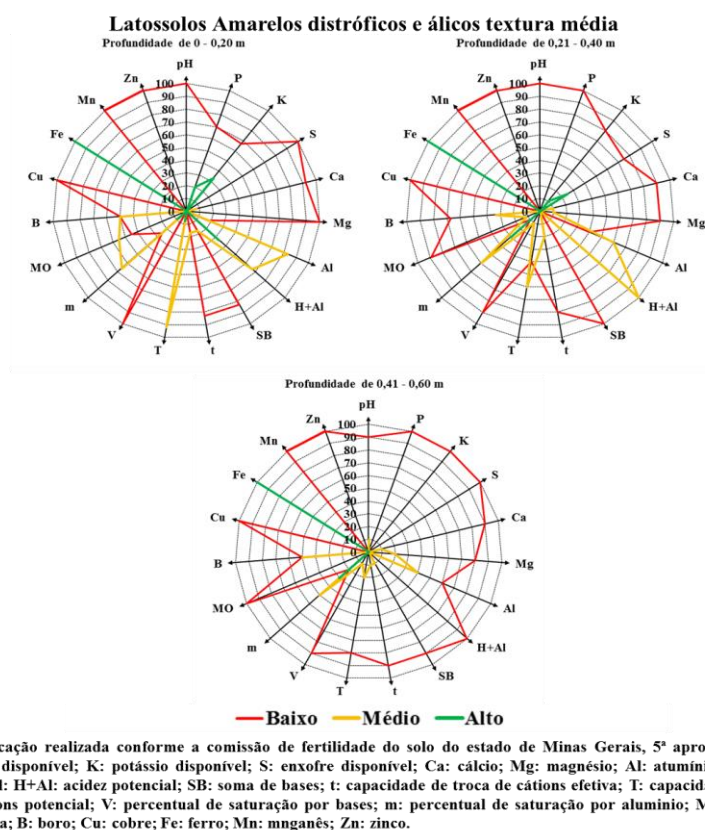
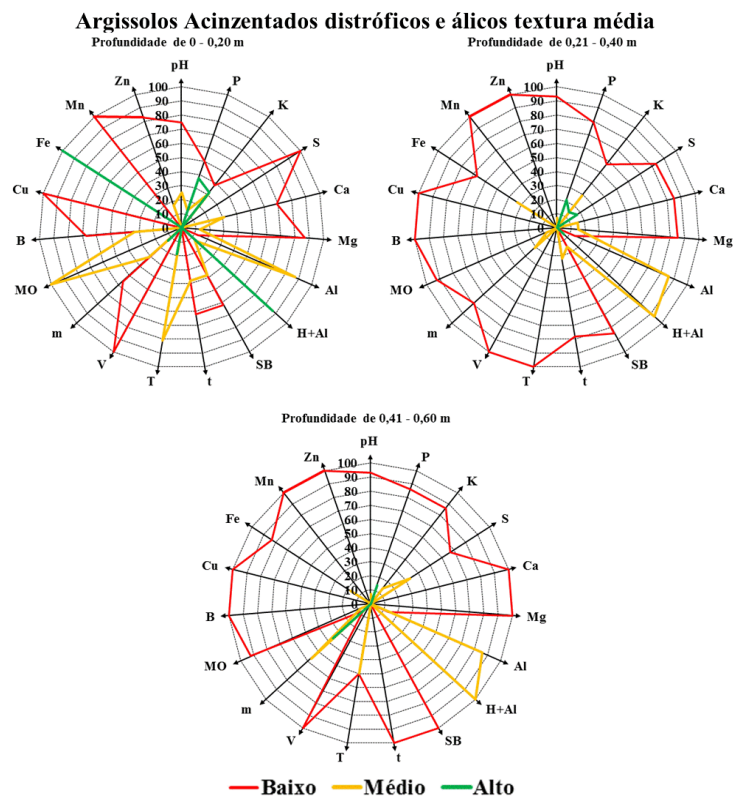


Figura 2. Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Latossolos Amarelos distróficos e álicos textura média, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades. Fonte: AMARAL, 2015



Classificação realizada conforme a comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 5ª aproximação. P: fósforo disponível; K: potássio disponível; S: enxofre disponível; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio ou acidez trocável; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions potencial; V: percentual de saturação por bases; m: percentual de saturação por alumínio; MO: matéria orgânica; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

Figura 3. Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Argissolos Acinzentados distróficos e álicos textura média, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades amostradas. Fonte: AMARAL, 2015

As principais restrições ao uso agrícola dos solos supracitados são de natureza química. Entretanto, nas demais classes de solos observadas nas áreas avaliadas (Espodossolos Distróficos, Gleissolos Háplicos Tb distróficos, Plintossolos Pétricos Concrecionários e Plintossolos Pétricos Litoplínticos), as limitações físicas potencializam a reduzida disponibilidade dos nutrientes, haja vista que a textura arenosa, principalmente nos Espodossolos e Gleissolos (Figuras 5 e 6), implica em menor capacidade de retenção de água e nutrientes, problemas de drenagem onde ocorrem horizontes endurecidos que bloqueiam a percolação da água, formando lençol freático suspenso no período chuvoso. Os Plintossolos, também estão sujeitos ao efeito temporário do excesso de umidade, que tem como consequência a

formação de um horizonte plíntico (EMBRAPA, 2006) (Figura 4). A plintita é definida como uma formação constituída de mistura de material de argila com grãos de quartzo e outros minerais, pobre em carbono e rica em Fe, ou Fe e Al, e após vários ciclos de umedecimento e secagem, se consolida irreversivelmente (EMBRAPA, 1999; OLIVEIRA, 2001). Sua gênese está relacionada à segregação, mobilização, transporte e concentração de íons e compostos de Fe no subsolo. O Fe ora existente tanto pode ser proveniente do material de origem, como translocado de outros horizontes (DRIESSEN; DUDAL, 1989). A petroplintita é o material normalmente proveniente da plintita, que sofre consolidação vigorosa, dando lugar à formação de nódulos ou de concreções ferruginosas de dimensões e formas variadas, laminar, nodular, esferoidal ou em forma alongada arranjada na vertical ou irregular.

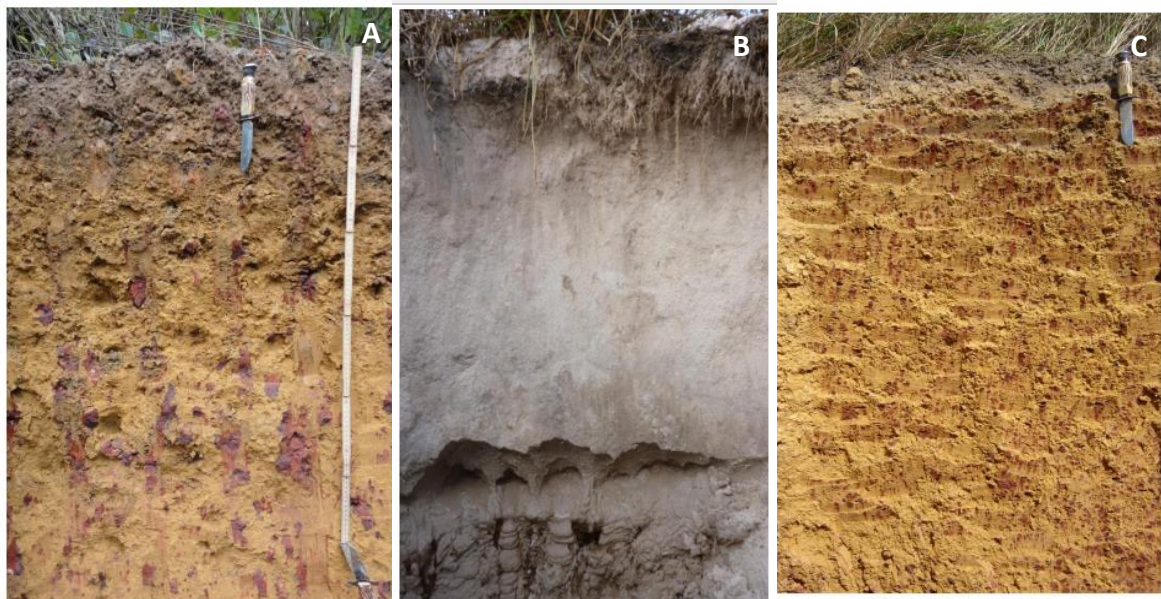
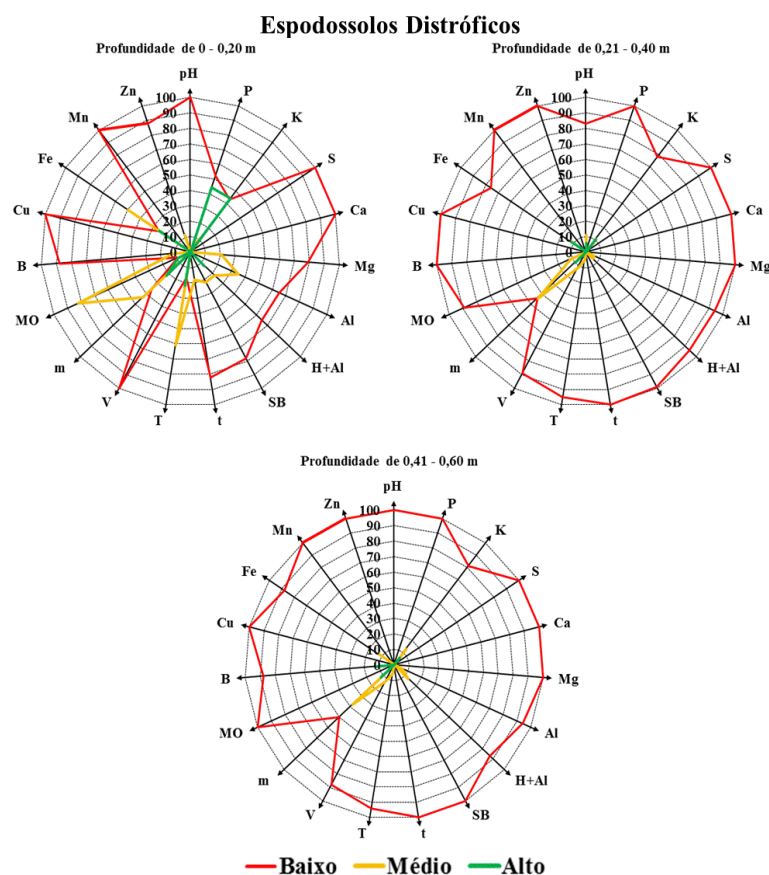


Figura 4. Perfil representativo das classes de solo: (A) PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Distróficos textura argilosa . (B) ESPODOSSOLOS Distróficos e (C) PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Álicos textura média/argilosa e argilosa. Fonte: MAZZA, 2014

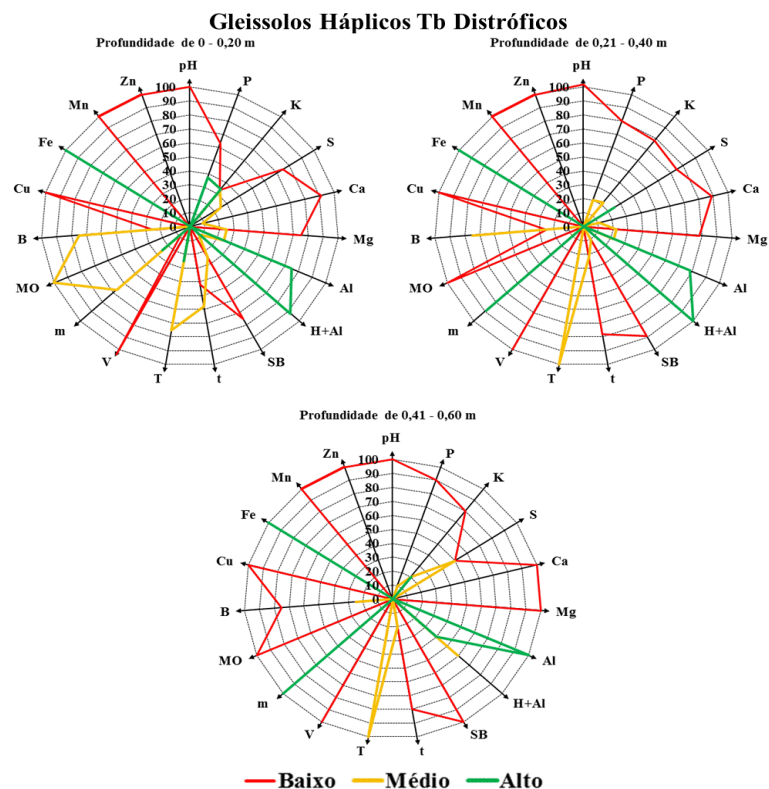
Na área de estudo há ocorrência de plintita e petroplintita de forma dispersa ou aglomerada ao longo de todo o perfil ou a menos de 40 cm de profundidade. De acordo com Nunes et al. (2009), em plantio de dendê sob regime de irrigação, cerca de 78,8% do comprimento total de raízes localizam-se na camada de 0 a 40 cm. A presença de tais obstáculos juntamente com a baixa fertilidade (Figura 7 e 8) e alta

saturação por Al, reduz o volume do solo explorado pelo sistema radicular da planta, dificultando o acesso das mesmas aos nutrientes no perfil do solo e o uso de equipamentos agrícolas, tornando mais criterioso e laborioso os tratos culturais de adubação, que por sua vez, pode interferir significativamente na produtividade da palma de óleo.



Classificação realizada conforme a comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 5ª aproximação. P: fósforo disponível; K: potássio disponível; S: enxofre disponível; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio ou acidez trocável; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions potencial; V: percentual de saturação por bases; m: percentual de saturação por alumínio; MO: matéria orgânica; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

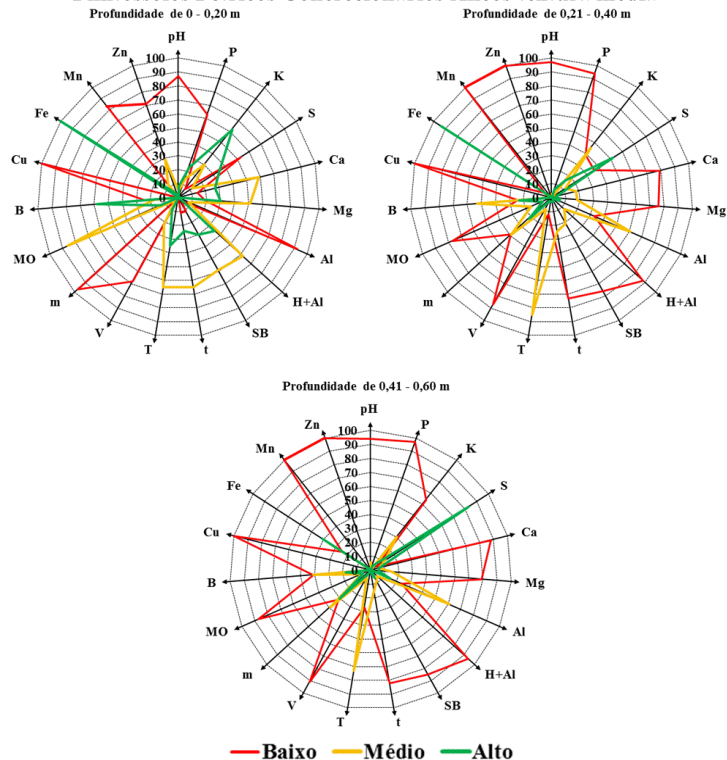
Figura 5. Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Espodossolos Distróficos, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades. Fonte: AMARAL, 2015.



Classificação realizada conforme a comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 5ª aproximação. P: fósforo disponível; K: potássio disponível; S: enxofre disponível; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio ou acidez trocável; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions potencial; V: percentual de saturação por bases; m: percentual de saturação por alumínio; MO: matéria orgânica; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

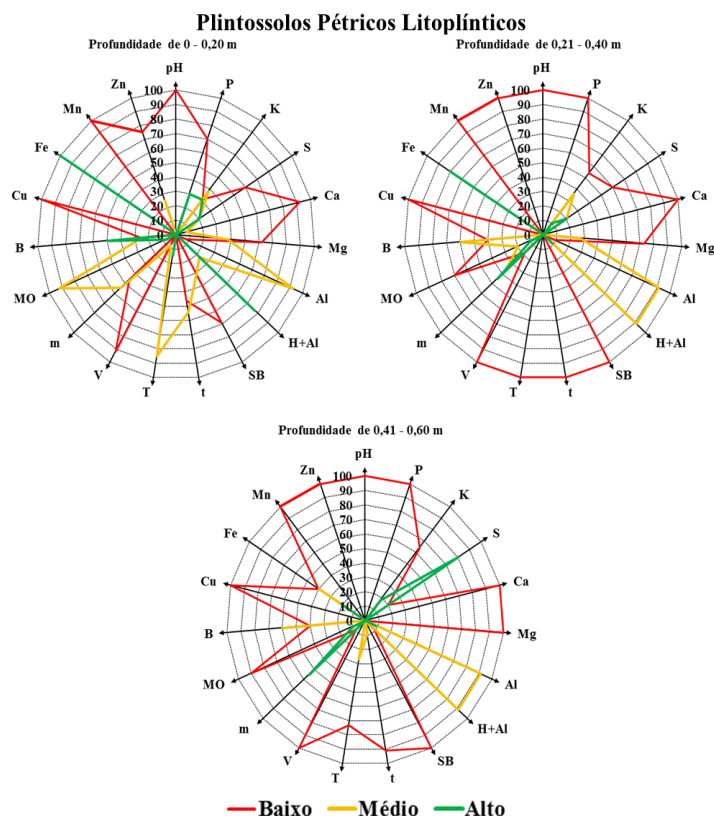
Figura 6. Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Gleissolos Háplicos Tb Distróficos, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades. Fonte: AMARAL, 2015

Plintossolos Pétricos Concrecionários Álicos textura média



Classificação realizada conforme a comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 5ª aproximação. P: fósforo disponível; K: potássio disponível; S: enxofre disponível; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio ou acidez trocável; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions potencial; V: percentual de saturação por bases; m: percentual de saturação por alumínio; MO: matéria orgânica; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

Figura 7. .Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Plintossolos Pétricos Concrecionários Álicos textura média, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades. Fonte: AMARAL, 2015



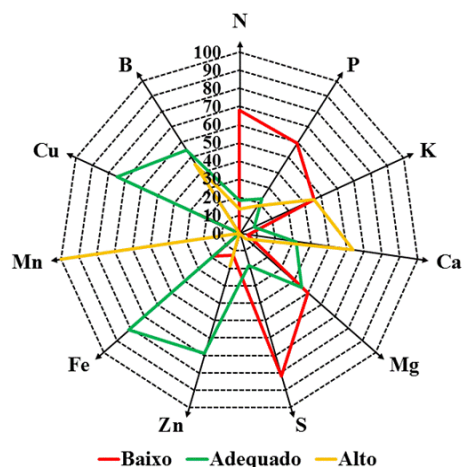
Classificação realizada conforme a comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 5ª aproximação. P: fósforo disponível; K: potássio disponível; S: enxofre disponível; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio ou acidez trocável; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions potencial; V: percentual de saturação por bases; m: percentual de saturação por alumínio; MO: matéria orgânica; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

Figura 8. Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade de Plintossolos Pétricos Litoplínticos, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades. Fonte: AMARAL, 2015

4.2 Análise foliar

Os resultados da análise foliar mostraram adequado balanço nutricional para os teores de micronutrientes (Zn, Cu, Fe e B). Viégas (1993), ao avaliar o crescimento, concentração, conteúdo e exportação de nutrientes nas diferentes partes da planta de dendê, observou a seguinte ordem decrescente para o acúmulo dos micronutrientes na biomassa $Cl > Fe > Mn > Zn > B > Cu$. Esse autor também observou que a maior exportação destes nutrientes ocorreu no oitavo ano de cultivo, em que os frutos foram os que apresentaram a maior participação em quantidade exportada.

Percentual de amostras foliares em cada classe

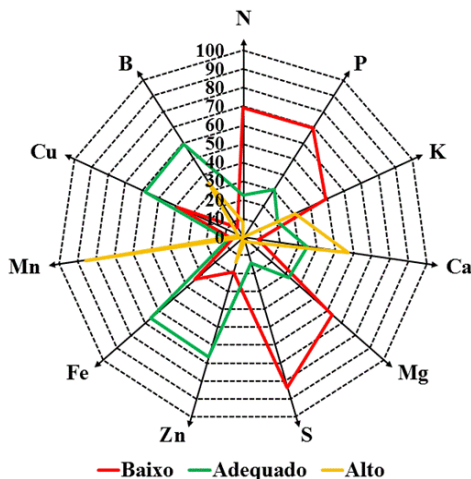


Latossolos Amarelos Distróficos e Álicos textura média

Classificação realizada conforme Uexkull & Fairhurst, 1991. N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; S: enxofre; Ca: cálcio; Mg: magnésio; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

Figura 9. Percentual de amostras com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Latossolos Amarelos Distróficos e Álicos textura média no estado do Pará. Fonte: AMARAL, 2015

Percentual de amostras foliares em cada classe

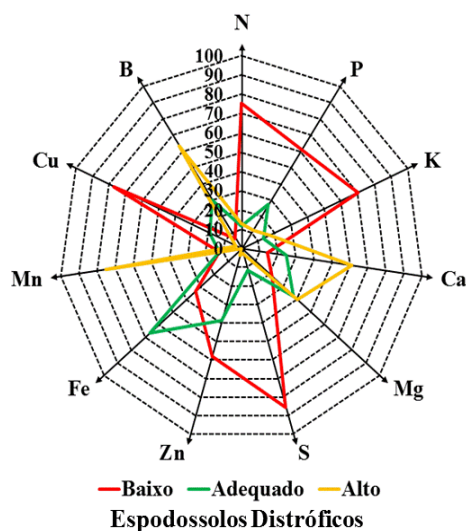


Argissolos Acinzentados Distróficos e Álicos textura média

Classificação realizada conforme Uexkull & Fairhurst, 1991. N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; S: enxofre; Ca: cálcio; Mg: magnésio; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

Figura 10. Percentual de amostras foliares com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Argissolos Acinzentados Distróficos e Álicos textura média no estado do Pará. Fonte: AMARAL, 2015

Percentual de amostras foliares em cada classe



Classificação realizada conforme Uexkull & Fairhurst, 1991. P: fósforo; K: potássio; S: enxofre; Ca: cálcio; Mg: magnésio; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

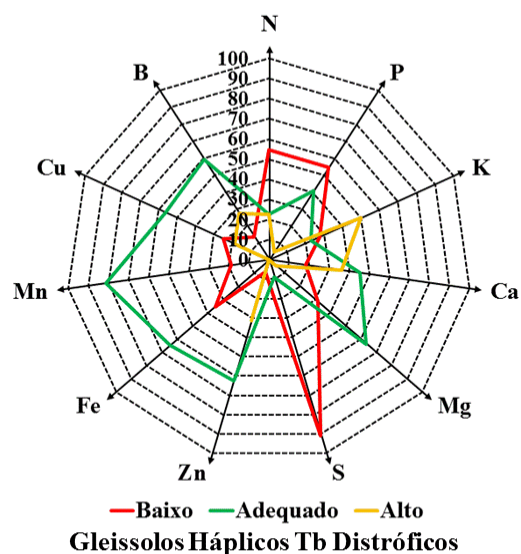
Figura 11. Percentual de amostras com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Espodossolos Distróficos no estado do Pará. Fonte: AMARAL, 2015

Baixos teores foliares de N, P, S, foram observados para as plantas de dendê. A relação de N/P no dendezeiro pode ser explicada pela relação linear positiva ($P = 0,0487 N + 0,039$), proposta por Ollagnier & Ochs (1981), onde o nível ótimo de P varia em função do teor de N, e isso é um exemplo de sinergismo de absorção e assimilação de nutrientes. Entretanto, é importante considerar a particular dinâmica do P no solo, que está associada a fatores ambientais que controlam a atividade dos microrganismos, os quais imobilizam ou liberam os íons fosfatos, e às propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo. Em solos altamente intemperizados como observado no presente estudo, é imprescindível a aplicação de altas doses de P na adubação, para suprir os baixos teores de P disponível no solo e atender a exigência nutricional desse elemento pelo dendê (MACÊDO; RODRIGUES, 2000; VIÉGAS; BOTELHO, 2000; SHAMSHUDDIN; DAUD, 2011).

Quanto ao teor foliar de S, verificou-se que as plantas de dendê apresentaram teores baixos. A relação N/S de 12/1 a 15/1 está associada ao crescimento e produção da planta (IPNI, 2010). Segundo Breure & Rosenquist (1977), a média dessa relação na folha 17 do dendezeiro foi de 15,1. Gerendás et al. (2013) ao analisar tecidos foliares coletados em seis locais da Indonésia, observou que a concentração de S variou de 0,12 - 0,13%. Sem constatações de deficiência e teor na faixa de 0,16 e 0,30%. O que levou os autores a sugerir a redução da concentração crítica do S de 0,20% para 0,15%. O que diverge da proposta de Calvez, Olivin e Renard (1976) e Fairhurst et al. (2005), onde o nível crítico do S é 0,20%. Resultados semelhantes também foram obtidos na Colômbia, com teor abaixo de 0,20%, na maioria das plantações pesquisadas (DÁVILA et al., 2000).

É sabido que os níveis críticos não têm um caráter universal. Em áreas onde o manejo da cultura e as condições ambientais estimulam altas produções, pode-se facilmente encontrar níveis críticos mais baixos. Dessa forma, ao interpretar os resultados das análises foliares é essencial ressaltar o emprego rigoroso da diagnose foliar na definição dos níveis críticos, como as condições locais, especialmente as hídricas e as características do solo, a idade das plantas e seu potencial produtivo, pois esses fatores contribuem direta e/ou indiretamente para a variação dos teores dos nutrientes foliares do dendezeiro e, conseqüentemente, na produtividade dessa cultura. O material genético, por exemplo, influencia na maior ou menor demanda por nutrientes, pois suas características genéticas podem ser potencializadas pelo melhoramento vegetal. Estudos evidenciaram a variação no conteúdo foliar de N, P, K e Mg em função do material vegetal plantado (HASSELO; BRZESOWSKY, 1965; POON; VARLEY; WARD, 1970; TAN; RAJARATNAM, 1978). Dessa forma, realizar a análise foliar e acompanhar o balanço nutricional do dendê, além de conhecer os atributos físicos e químicos do solo e as condições edafoclimáticas da região amazônica são essenciais para o sucesso do manejo do dendê.

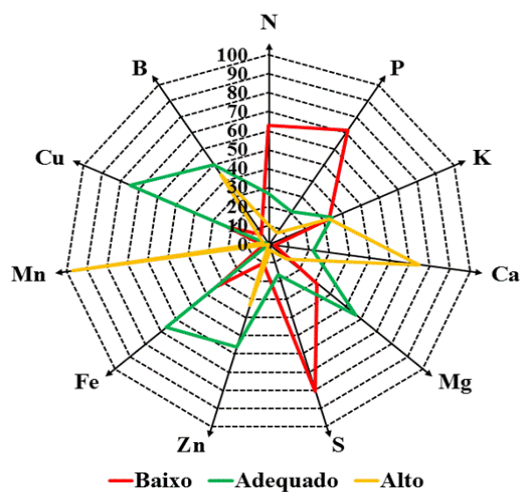
Percentual de amostras foliares em cada classe



Classificação realizada conforme Uexkull & Fairhurst, 1991. N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; S: enxofre; Ca: cálcio; Mg: magnésio; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

Figura 12. Percentual de amostras com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Gleissolos Háplicos Tb Distróficos no estado do Pará. Fonte: AMARAL, 2015

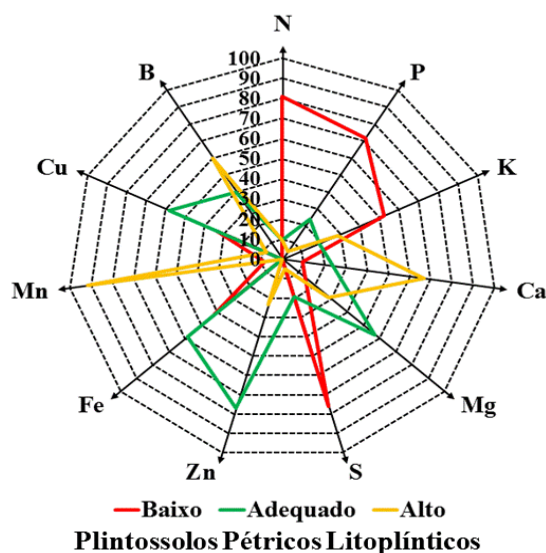
Percentual de amostras foliares em cada classe



Classificação realizada conforme Uexkull & Fairhurst, 1991. N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; S: enxofre; Ca: cálcio; Mg: magnésio; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

Figura 13. Percentual de amostras com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Plintossolos Pétricos Concrecionários Álicos textura média no estado do Pará. Fonte: AMARAL, 2015

Percentual de amostras foliares em cada classe



Classificação realizada conforme Uexkull & Fairhurst, 1991. N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; S: enxofre; Ca: cálcio; Mg: magnésio; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

Figura 14. Percentual de amostras com teores foliares de macro e micronutrientes nas classes baixo, adequado e alto, em plantas de dendê cultivadas em Plintossolos Pétricos Litoplínticos no estado do Pará. Fonte: AMARAL, 2015

4.3 Correlação: teores de nutrientes nos solos versus tecido foliar.

Observou correlação positiva e significativa entre os teores de nutrientes nos solos e nas folhas do dendê, à exceção para K, S, Cu, Mn e Zn (Tabela 2). Desta maneira, quando os teores dos nutrientes aumentaram no solo, incremento nos teores dos mesmos nas folhas foi observado. Para os nutrientes em que não houve correlação entre os teores no solo e nas folhas, sugere-se a ocorrência de antagonismo entre os mesmos, durante o processo de absorção radicular pelas plantas de dendezeiro.

Em geral, as interações entre os elementos afetam desde os processos que ocorrem no solo, como o contato do nutriente com as células da raiz, como na planta, na absorção, transporte, redistribuição, e metabolismo, podendo induzir desordem nutricional, seja por deficiência ou toxidez, refletindo na produção da cultura (PRADO, 2008).

Tabela 2. Matriz de correlação dos teores de macronutrientes e micronutrientes determinados em diferentes classes de solos vs teores foliares de plantas de dendê cultivadas em quatro polos de produção no estado do Pará.

Matriz de correlação	Teores de macronutrientes foliares					Teores de micronutrientes foliares					
	----- % -----					----- mg dm ⁻³ -----					
Teores no solo	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
P											-
K	0,32**	0,17 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,36**	0,03 ^{ns}	0,05 ^{ns}	
Ca		0,23 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,32**	0,29 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,34*	0,25 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-
Mg			0,48**	0,55**	0,49**	0,15 ^{ns}	-0,0 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,34**	0,06 ^{ns}	-
S				0,36**	0,36**	0,29 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-
B					0,24 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,39**	0,06 ^{ns}	0,56**	
Cu						0,40**	0,37**	0,43**	0,11 ^{ns}	0,39**	
Fe							0,14 ^{ns}	0,35**	0,22 ^{ns}	0,33**	
Mn								0,47**	0,14 ^{ns}	0,14 ^{ns}	
Zn									-		
									0,29 ^{ns}	0,11 ^{ns}	
										0,10 ^{ns}	

ns: não-significativo; * e **: significativos a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste de correlação de Pearson. P: fósforo; K: potássio; S: enxofre; Ca: cálcio; Mg: magnésio; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Fonte: CANUTO, 2015

4.4 Correlação: produção do dendê *versus* teores de nutrientes nos solos e produção do dendê *versus* teor foliar.

Não foi observado correlação entre o teor de Al no solo e a produção do dendê. Para os nutrientes verificou-se correlação positiva e moderada, cujos respectivos coeficientes e níveis de significância encontram-se na tabela 3 e 4.

Os resultados observados nesse estudo evidenciam que o adequado balanço nutricional nas plantas de dendê, pode refletir diretamente no aumento produtivo dessa cultura. Rodrigues (1993), também verificou estreita relação entre a composição química nas folhas e a produção de óleo em plantios de dendê.

Conforme o exposto observa-se um cenário de desequilíbrio nutricional dos plantios, não sendo possível firmar somente um nutriente como principal limitador químico, que justificasse a baixa produtividade das áreas.

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre a produção versus o teor de macro e micronutriente do solo, em áreas de plantio comercial de dendezeiro no estado do Pará.

Matriz de correlação	Teor dos nutrientes no solo										
	P	K	S	Ca	Mg	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Produção	0,66**	0,52**	0,50**	0,43**	0,54**	0,04 ^{ns}	0,55**	0,62**	0,63**	0,68**	0,50**

ns (não-significativo) e ** (significativo 1% de probabilidade). Fonte: CANUTO, 2015

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson da produção versus teores foliares dos macro e micronutrientes, em áreas de plantio comercial de dendezeiro no Estado do Pará.

Matriz de correlação	Teor foliar dos nutrientes										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
Produção	0,53**	0,50**	0,53**	0,42**	0,44**	0,48**	0,50**	0,50**	0,56**	0,59**	0,54**

ns (não-significativo) e ** (significativo 1% de probabilidade). Fonte: CANUTO, 2015

CONCLUSÃO

Os solos de maior ocorrência nas áreas de cultivo do dendê são Latossolos e Argissolos. A maioria dos solos apresentam baixa fertilidade e elevados teores de Al e Fe. Alguns desses apresentam impedimento físico para o crescimento das raízes.

Adequado balanço nutricional foi observado para os micronutrientes, enquanto os macronutrientes encontram-se em baixos teores foliares.

Correlações positivas foram verificadas entre os teores de nutrientes no solo e na planta e, esses comprometem a produtividade do dendê quando em baixos teores.

REFERÊNCIAS

AGROPALMA. Quem somos. Disponível em: <<http://www.agropalma.com.br/quem-somos/a-agropalma>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

ALVES, S. A. O.; Sustentabilidade da agroindústria de palma no Estado do Pará. 2011. 161 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, SP, Piracicaba, 2011.

AMARAL, F. H. C.; Percentual dos atributos em cada classe de fertilidade. 2015. 6 ilustrações.

_____. Latossolos Amarelos distróficos e álicos textura média, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades.. 2015. 2 Ilustração.

_____. Argissolos Acinzentados distróficos e álicos textura média, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades amostradas. 2015. 3 Ilustração.

_____. Espodossolos Distróficos, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades. 2015. 5 Ilustração.

_____. Gleissolos Hápicos Tb Distróficos, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades. 2015. 6 Ilustração.

_____. Plintossolos Pétricos Concrecionários Álicos textura média, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades. 2015. 7 Ilustração.

_____. Plintossolos Pétricos Litoplínticos, cultivados com dendê no estado do Pará, em três profundidades. 2015. 8 Ilustração.

AMARAL, F. H. C.; Percentual de amostras foliares em cada classe. 2015. 6 ilustrações.

_____. Latossolos Amarelos Distróficos e Álicos textura média no estado do Pará. 2015. 9 ilustração.

_____. Argissolos Acinzentados Distróficos e Álicos textura média no estado do Pará. 2015. 10 ilustração.

_____. Espodossolos Distróficos no estado do Pará. 2015. 11 ilustração.

_____. Gleissolos Hápicos Tb Distróficos no estado do Pará. 2015. 12 ilustração.

_____. Plintossolos Pétricos Concrecionários Álicos textura média no estado do Pará. 2015. 13 ilustração.

_____. Plintossolos Pétricos Litoplínticos no estado do Pará. 2015. 14 ilustração.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. Disponível em:< <http://www.abiove.org.br>>. Acesso em: 29 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DO ÓLEO DE PALMA. Disponível em: < <http://www.abrapalma.org/pt/>>. Acesso em: 29 de outubro de 2015. Acesso em: 23 out. 2015.

AZEVEDO, T. de R.; Localização geográfica dos polos de produção da Biopalma. 2015. 1 Ilustração.

BOTELHO, S. M. et al. Exportação de micronutrientes pelo dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.), em função da idade, na condição de Tailândia-Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: [s. n.], 1995.

BREURE, C. J.; ROSENQUIST, E. A. **Oleagineux**, v. 32, p. 301-310, 1977

CALVEZ, C.; OLIVIN, J. ; RENARD, J. L. **Oleagineux**, v. 31, p. 251-257, 1976

CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. (Ed.). **The oil palm**. Oxford: Blackwell Science, 2003. 608 p.. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470750971>.

DÁVILA, G. A., GUERRERO, R.; ROJAS, L. A. 2000. Suelos Ecuat. v. 30, p. 29-35

DRIESSEN, P. M.; DUDAL, R. **Lecture notes on the geography, formation, properties and use of the major soils of the world**. Wageningen, Agricultural University / Katholieke, Universiteit Leuven, 1989. 296 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FAIRHURST, T ; HÄRDTER, R. **Oil Palm - Management for large and sustainable Yields. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC), and International Potash Institute (IPI, Basel)**, 2003. 382 p. ISBN 981-04-8485-2.

FAIRHURST, T. H. et al. **Singapore**: Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC), 2005, 67 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. Guia ambiental de la agroindustria de la palma de aceite em Colombia. Relatório Técnico. Bogotá, 2010. p 75. Disponível em: <<http://www.ambientalex.info/guias/Guiambagrpalaceco.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2015.

GERENDÁS, J. et al. Sulphur Nutrition of Oil Palm in Indonesia. **The Neglected Macronutrient. Oil Palm Bulletin**, v. 67. nov. 2013. p. 5-10. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/271903446_Sulphur_Nutrition_of_Oil_Palm_in_Indonesia_-_The_Neglected_Macronutrient>. Acesso em: 8 dez. 2015.

HASSELO, H. N; BRZESOWKY, W. J. An evaluation of the variations in the leaf K and Mg in oil palms. **Oléagineux**, v. 20, n. 10, p. 579-583, 1965.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **A importância do enxofre na agricultura brasileira. Informações agronômicas N129 – Março, 2010.**

LEPSCH, I.F. 2010. Formação e conservação dos solos. São Paulo: Oficina de Textos. 216 p.

MACÊDO, J. L. V.; RODRIGUES, M. R. L. Solos da Amazônia e o cultivo do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p. 73-87.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caracterização das oleaginosas para Produção de biodiesel**. 2006. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/item_5.pdf>. Acesso em: 17 out. 2015.

MALASIAN PALM OIL COUNCIL. **Oil Palm: A versatile ingredient for food and non-food applications**. Malásia, 2012. 63 slides. Apresentação em Power-point. Disponível em:<http://www.mpoc.org.my/upload/POTS_INDIA2012_DatukDrChoo.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2015

MAZZA, J. A.; FERNANDES, M. M.; BARBIERI, D. M.; Características gerais das unidades de solo: Biopalma. Jaboticabal - São Paulo. Julho, 2014. Tabela 1.

MAZZA, J. A.; FERNANDES, M. M.; BARBIERI, D. M.; Perfil representativo das classes de solo:(A) PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Distróficos textura argilosa . (B) ESPODOSSOLOS Distróficos e (C) PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários Álicos textura média/argilosa e argilosa. Jaboticabal - São Paulo. Julho, 2014. 4 Ilustração.

NUNES, M. F. F. N. et al.. Quantificação de raízes de dendê irrigado por microaspersão no cerrado utilizando imagens digitais. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFRPE, 9.; SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 6., 2009, Recife. **Anais...**Recife: UFRPE, 2009.

OIL WORLD. Composition and quality of vegetable oils and fats palm oil. Disponível em: <<http://www.fediol.be/data/1393316710FEDIOL%20factsheet%%20Palm%20Oil%20-%20February%202015.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2015

OIL WORLD. Strong global consumption of vegetable oils 2014/2015. Disponível em:<http://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/infoboletinsemanal.aspx?IdArticulo=1084>. Acesso em: 26 dez. 2015.

OLIVEIRA, J. B. Pedologia aplicada. Jaboticabal, FUNEP, 2001. 414p.

OLLAGNIER, M.; OCHS, R. Gestion de la nutrition minérale des plantations industrielles de palmiers à huile. Economies d'engrais. **Oléagineux**, v. 36, n. 8-9, p. 409-421, 1981.

PACHECO, A. R. et al. Les deficiences minerales du palmier à huile (*E. guineensis* Jacq.) dans la region de Belém, Pará (Brasil). **Oléagineux**, v. 40, n. 6, p. 295-309, 1985.

PEIXOTO, M.; **Consultoria Legislativa**. Produção de oleaginosas no brasil e no mundo. Agosto, 2010. 64 p. Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-73-a-utilizacao-de-oleo-vegetal-refinado-como-combustivel-aspectos-legais-tecnicos-economicos-ambientais-e-tributarios>>. Acesso em: 22 out. 2015.

POON, Y. C.; VARLEY, J. A.; WARD, J. B. The foliar composition of the oil palm in west Malaysia. I. Variation in leaf nutrient levels in relation to sampling intensity. **Experimental Agriculture**, v. 6, p. 113-121, 1970.

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

RODRIGUES, M. do R. L. **Resposta do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) à aplicação de fertilizantes nas condições do Médio Amazonas**. 1993. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
RSPO - ROUNDTABLE ON SUSTAINABLE PALM OIL. Disponível em: <<http://www.china.rspo.org>>. Acesso em: 23 dez. 2015.

SHAMSHUDDIN, J.; DAUD, N. W. Classification and Management of Highly Weathered Soils in Malaysia for Production of Plantation Crops. In: GÜNGÖR, E. B. Ö. (Ed.). **Principles, application and assessment in soil science**, 2011, p. 75-86.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Desafios do agronegócio do óleo de palma**. Disponível em:<<http://sna.agr.br/capa-publicacoes/>>. Acesso em: 01 nov. 2015.

TAN, G. Y.; RAJARATNAM, J. A. Genetic variability of leaf nutrient concentration in oil palm. **Crop Science**, v. 18, n. 4, p. 548-550, 1978

TINKER, P.B. (1976) Soil requirements of the oil palm. In: Corley, R.H.V., Hardon, J.J. and Wood, B.J. (eds.) **Oil Palm Research**. Elsevier, Amsterdam, 1976, p.165–181.

UEXKULL, H. R.; FAIRHURST, T. H. **Fertilizing for high yield and quality the oil palm**. Bern: International Potash Institute, (IPI. Bulletin, 12), 1991. 79 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Foreign agricultural service**. Disponível em:<<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: 29 out. 2015.

VENEGAS, Victor Hugo Alvarez et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G; VENEGAS, Victor Hugo Alvarez, eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

VIÉGAS, I. de J. M.; BOTELHO, S. M. Nutrição e adubação do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000, p. 229-273.

VIEGAS, I. de J.M.; MULLER, A.A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa-Cpatu; Manaus: Embrapa-CPAA, 2000. 374p.

VIÉGAS, I. J. **Crescimento do dendezeiro (*Elaeis guineensis*, Jacq.), concentração, conteúdo e exportação de nutrientes nas diferentes partes de plantas com 2 a 8 anos de idade, cultivadas em Latossolo Amarelo Distrófico, Tailândia, Pará**. 1993. 217p. Tese (Doutorado) ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

YOKOYAMA, R. Revista Óleos & Gorduras Grãos & derivados. [on-line]. Ano 1. Edição 2: Março-Abril de 2015. Disponível em:<<http://www.mflip.com.br/pub/stilo/index4/?numero=2>>. Acesso em: 27 out. de 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Matriz de correlação de Pearson entre a produtividade de dendezeiro e os atributos químicos de solos no estado do Pará.

Matriz de Correlação		Atributos químicos do solo									
Produtividade	P	K	S	Ca	Mg	AL	B	Cu	Fe	Mn	Zn
ESPd	0,97**	0,90**	0,89**	0,93**	0,97**	0,98**	0,80**	0,94**	0,94**	0,97**	0,96**
FFCal md/arg	0,86**	0,82**	0,89**	0,88**	0,79**	0,80**	0,86**	0,78**	0,81**	0,96**	0,75**
FFCd arg	0,96**	0,84**	0,88**	0,94**	0,99**	0,94**	0,92**	0,90**	0,89**	0,96**	0,90**
PAal md/arg	0,88**	0,91**	0,76**	0,93**	0,85**	0,94**	0,95**	0,95**	0,93**	0,88**	0,95**
PACal md/arg (A>15cm)	0,81**	0,84**	0,82**	0,84**	0,88**	0,78**	0,74**	0,89**	0,85**	0,76**	0,89**
PACd,al md/arg	0,95**	0,95**	0,95**	0,90**	0,93**	0,97**	0,94**	0,88**	0,92**	0,97**	0,93**
PACd,al md-ar/md-arg	0,82**	0,96**	0,91**	0,93**	0,96**	0,93**	0,93**	0,99**	0,91**	0,91**	0,95**
PAd md/arg	0,99**	0,90**	0,82**	0,94**	0,88**	0,94**	0,70*	0,81**	0,82**	0,96**	0,94**
PAd,al md/arg (A>15cm)	0,96**	0,97**	0,97**	0,95**	0,96**	0,94**	0,94**	0,90**	0,96**	0,90**	0,97**
PAPLd,al md/arg (pl>50cm)	0,97**	0,94**	0,98**	0,89**	0,86**	0,90**	0,97**	0,96**	0,89**	0,91**	0,89**
GXbd md/md-arg	0,66**	0,52**	0,50**	0,43**	0,54**	0,04**	0,55**	0,62**	0,63**	0,68**	0,50**

* e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

APÊNDICE B – Matriz de correlação de Pearson entre a produtividade de dendezeiro e os teores foliares de macro e micronutrientes no estado do Pará

Matriz de Correlação	Atributos químicos foliar										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
ESPd	0,82**	0,98**	0,98**	0,80**	0,75**	0,91**	0,91**	0,81**	0,84**	0,95**	0,96**
FFCal md/arg	0,60*	0,65*	0,74**	0,73**	0,79**	0,85**	0,70**	0,77**	0,82**	0,66**	0,83**
FFCd arg	0,74**	0,81**	0,92**	0,82**	0,88**	0,84**	0,94**	0,29ns	0,92**	0,80**	0,95**
PAal md/arg	0,83**	0,92**	0,98**	0,91**	0,94**	0,90**	0,96**	0,90**	0,87**	0,91**	0,91**
PACal md/arg (A>15cm)	0,74**	0,68**	0,85**	0,81**	0,71**	0,79**	0,71**	0,73**	0,73**	0,72**	0,80**
PACd,al md/arg	0,65**	0,78**	0,90**	0,79**	0,85**	0,77**	0,84**	0,84**	0,90**	0,94**	0,88**
PACd,al md-ar/md-arg	0,82**	0,93**	0,98**	0,96**	0,94**	0,94**	0,98**	0,97**	0,94**	0,97**	0,99**
PAd md/arg	0,87**	0,94**	0,93**	0,97**	0,94**	0,94**	0,98**	0,97**	0,97**	0,97**	0,98**
PAd,al md/arg (A>15cm)	0,75**	0,87**	0,93**	0,95**	0,89**	0,88**	0,91**	0,94**	0,84**	0,86**	0,93**
PAPLd,al md/arg (pl>50cm)	0,72**	0,80**	0,94**	0,90**	0,71**	0,81**	0,91**	0,79**	0,82**	0,87**	0,89**
GXbd md/md-arg	0,88**	0,95**	0,86**	0,77**	0,94**	0,73**	0,83**	0,92**	0,92**	0,92**	0,96**

ns (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente)

ANEXO A – Tabela de critério utilizada para a interpretação dos resultados de análises de solos para a matéria orgânica e para o complexo de troca catiônica. Fonte: ALVAREZ et al., 1999.

Característica	Unidade ^{1/}	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio ^{2/}	Bom	Muito Bom
Carbono orgânico (C.O.) ^{3/}	dag/kg	≤ 0,40	0,41 - 1,16	1,17 - 2,32	2,33 - 4,06	> 4,06
Matéria orgânica (M.O.) ^{3/}	dag/kg	≤ 0,70	0,71 - 2,00	2,01 - 4,00	4,01 - 7,00	> 7,00
Cálcio trocável (Ca ²⁺) ^{4/}	cmol _c /dm ³	≤ 0,40	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	2,41 - 4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg ²⁺) ^{4/}	cmol _c /dm ³	≤ 0,15	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	0,91 - 1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al ³⁺) ^{4/}	cmol _c /dm ³	≤ 0,20	0,21 - 0,50	0,51 - 1,00	1,01 - 2,00 ^{11/}	> 2,00 ^{11/}
Soma de bases (SB) ^{5/}	cmol _c /dm ³	≤ 0,60	0,61 - 1,80	1,81 - 3,60	3,61 - 6,00	> 6,00
Acidez potencial (H + Al) ^{6/}	cmol _c /dm ³	≤ 1,00	1,01 - 2,50	2,51 - 5,00	5,01 - 9,00 ^{11/}	> 9,00 ^{11/}
CTC efetiva (t) ^{7/}	cmol _c /dm ³	≤ 0,80	0,81 - 2,30	2,31 - 4,60	4,61 - 8,00	> 8,00
CTC pH 7 (T) ^{8/}	cmol _c /dm ³	≤ 1,60	1,61 - 4,30	4,31 - 8,60	8,61 - 15,00	> 15,00
Saturação por Al ³⁺ (m) ^{9/}	%	≤ 15,0	15,1 - 30,0	30,1 - 50,0	50,1 - 75,0 ^{11/}	> 75,0 ^{11/}
Saturação por bases (V) ^{10/}	%	≤ 20,0	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	60,1 - 80,0	> 80,0

^{1/} dag/kg = % (m/m); cmol_c/dm³ = meq/100 cm³. ^{2/} O limite superior desta classe indica o nível crítico. ^{3/} Método Walkley & Black; M.O. = 1,724 x C.O. ^{4/} Método KCl 1 mol/L. ^{5/} SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺. ^{6/} H + Al, Método Ca(OAc)₂. ^{7/} t = SB + Al³⁺. ^{8/} T = SB + (H + Al). ^{9/} m = 100 Al³⁺/t. ^{10/} V = 100 SB/T. ^{11/} A interpretação destas características, nestas classes, deve ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom.

ANEXO B – Tabela de critério utilizada para a interpretação dos resultados de análises de solos para a acidez ativa do solo (pH)^{1/}. Fonte: ALVAREZ et al., 1999

Classificação química						
Ac. Muito elevada	Acidez elevada	Acidez média	Acidez fraca	Neutra	Alcalinidade fraca	Alcalinidade elevada
< 4,5	4,5 – 5,0	5,1 – 6,0	6,1 – 6,9	7,0	7,1 – 7,8	> 7,8
Classificação agrônômica ^{2/}						
Muito baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito alto		
< 4,5	4,5 – 5,4	5,5 – 6,0	6,1 – 7,0	> 7,0		

^{1/} pH em H₂O, relação 1:2,5, TFSA: H₂O. ^{2/} A qualificação utilizada indica adequado (Bom) ou inadequado (muito baixo e baixo ou alto e muito alto).

ANEXO C – Tabela de critério utilizada para a interpretação dos resultados de análises de solos para disponibilidade do fósforo de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para o potássio.
Fonte: ALVAREZ et al., 1999.

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
(mg/dm ³) ^{1/}					
Argila (%)	Fósforo disponível (P) ^{2/}				
60 - 100	≤ 2,7	2,8 - 5,4	5,5 - 8,0 ^{3/}	8,1 - 12,0	> 12,0
35 - 60	≤ 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	> 18,0
15 - 35	≤ 6,6	6,7 - 12,0	12,1 - 20,0	20,1 - 30,0	> 30,0
0 - 15	≤ 10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
P-rem ^{4/} (mg/L)	Potássio disponível (K) ^{2/}				
0 - 4	≤ 3,0	3,1 - 4,3	4,4 - 6,0 ^{3/}	6,1 - 9,0	> 9,0
4 - 10	≤ 4,0	4,1 - 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 12,5	> 12,5
10 - 19	≤ 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 11,4	11,5 - 17,5	> 17,5
19 - 30	≤ 8,0	8,1 - 11,4	11,5 - 15,8	15,9 - 24,0	> 24,0
30 - 44	≤ 11,0	11,1 - 15,8	15,9 - 21,8	21,9 - 33,0	> 33,0
44 - 60	≤ 15,0	15,1 - 21,8	21,9 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
	≤ 15	16 - 40	41 - 70 ^{5/}	71 - 120	> 120

^{1/} mg/dm³ = ppm (m/v). ^{2/} Método Mehlich-1. ^{3/} Nesta classe apresentam-se os níveis críticos de acordo com o teor de argila ou com o valor do fósforo remanescente. ^{4/} P-rem = Fósforo remanescente, concentração de fósforo da solução de equilíbrio após agitar durante 1 h a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação 1:10. ^{5/} O limite superior desta classe indica o nível crítico.

ANEXO D – Tabela de critério utilizada para a interpretação dos resultados de análises de solos para disponibilidade da disponibilidade para o enxofre 1/ de acordo com o valor de fósforo remanescente (P-rem). Fonte: ALVAREZ et al., 1999.

P-rem	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio ^{2/}	Bom	Muito bom
mg/L	----- (mg/dm ³) ^{3/} -----				
	Enxofre disponível (S)				
0 - 4	≤ 1,7	1,8 - 2,5	2,6 - 3,6	3,7 - 5,4	> 5,4
4 - 10	≤ 2,4	2,5 - 3,6	3,7 - 5,0	5,1 - 7,5	> 7,5
10 - 19	≤ 3,3	3,4 - 5,0	5,1 - 6,9	7,0 - 10,3	> 10,3
19 - 30	≤ 4,6	4,7 - 6,9	7,0 - 9,4	9,5 - 14,2	> 14,2
30 - 44	≤ 6,4	6,5 - 9,4	9,5 - 13,0	13,1 - 19,6	> 19,6
44 - 60	≤ 8,9	9,0 - 13,0	13,1 - 18,0	18,1 - 27,0	> 27,0

^{1/} Método Hoefft et al., 1973 (Ca(H₂PO₄)₂, 500 mg/L de P, em HOAc 2 mol/L).

^{2/} Esta classe indica os níveis críticos de acordo com o valor de P-rem. ^{3/} mg/dm³ = ppm (m/v).

ANEXO E – Tabela de critério utilizada para a interpretação dos resultados de análises de solos para da disponibilidade para os micronutrientes. Fonte: ALVAREZ et al., 1999.

Micronutriente	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio ^{1/}	Bom	Alto
	----- (mg/dm ^{3,2/}) -----				
Zinco disponível (Zn) ^{3/}	≤ 0,4	0,5 - 0,9	1,0 - 1,5	1,6 - 2,2	> 2,2
Manganês disponível (Mn) ^{3/}	≤ 2	3 - 5	6 - 8	9 - 12	> 12
Ferro disponível (Fe) ^{3/}	≤ 8	9 - 18	19 - 30	31 - 45	> 45
Cobre disponível (Cu) ^{3/}	≤ 0,3	0,4 - 0,7	0,8 - 1,2	1,3 - 1,8	> 1,8
Boro disponível (B) ^{4/}	≤ 0,15	0,16 - 0,35	0,36 - 0,60	0,61- 0,90	> 0,90

^{1/} O limite superior desta classe indica o nível crítico. ^{2/} mg/dm³ = ppm (m/v).
^{3/} Método Mehlich-1. ^{4/} Método água quente.

ANEXO F – Faixa de concentração foliar de nutrientes considerada ótima.
Fonte: UEXKULL & FAIRHURST (1991).

Elemento	Faixa ótima
N (g.Kg -1)	26,0 - 29,0
P (g.Kg -1)	1,60 - 1,90
K (g.Kg -1)	11,0 - 13,0
Ca (g.Kg -1)	5,0 - 7, 0
Mg (g.Kg -1)	3,0 - 4,5
S (g.Kg -1)	2,5 - 4,0
Cl (g.Kg -1)	5,0 - 7,0
B (mg.Kg -1)	15,0 - 25,0
Cu(mg.Kg -1)	5,0 - 8,0
Zn(mg.Kg -1)	12,0 - 18,0