

# **Recomendação de Calagem e Adubação do Dendezeiro (Palma de Óleo) na Amazônia**

Paulo Guilherme Salvador Wadt; Gilson Sergio Bastos de Matos; Vinícius Ide Franzini; Antônio Rodrigues Fernandes

## **Introdução**

**A** exploração comercial do cultivo do dendezeiro (palma de óleo) para produção de óleos vegetais resulta em grande exportação de nutrientes por hectare, sendo fortemente recomendado que as plantações sejam adubadas regularmente para evitar o esgotamento das reservas nutricionais do solo, além de perdas em produtividade, podendo ainda tornar as plantações mais susceptíveis a doenças bióticas ou abióticas.

Neste trabalho, foi feita uma revisão das recomendações de calagem e adubação para a palma de óleo recomendadas para o estado Pará (BRASIL et al., 2020), incluindo novas considerações para que a recomendação possa ser utilizada em outros ecossistemas do bioma amazônico.

Entre as adaptações foram feitos ajustes na recomendação de calagem com o objetivo de abranger a possibilidade do cultivo do dendezeiro em solos com maior diversidade mineralógica.

Outro aperfeiçoamento foi adotar a avaliação do estado nutricional, e principalmente, o balanço de nutrientes, como ferramenta para ajustar e otimizar as recomendações com base na nutrição mineral do dendezeiro, reduzindo-se o risco de adubações nutricionalmente desequilibradas, melhorando a sanidade nutricional das plantações e evitando o desperdício pelo uso excessivo de fertilizantes aumentando assim a rentabilidade.

Neste sentido, o objetivo deste informativo técnico foi recomendar adubação e calagem para a cultura do dendê cultivado no Bioma Amazônia através do aprimoramento das recomendações atualmente disponíveis, integrando as informações da análise de solos e do monitoramento do estado nutricional das plantações.

## **Calagem para correção do Solo**

### **Cálculo da necessidade de corretivos da acidez do solo**

Na Amazônia, em geral, a estimativa da necessidade de calagem para a correção do solo pode ser

feita pelos métodos da saturação de bases ou da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio + magnésio (BRASIL et al., 2020). Ambos os métodos se adaptam bem à maioria dos ambientes pedológicos predominantes na Amazônia, que se caracterizam por solos profundos, fortemente intemperizados, de baixo estoque de nutrientes, e de mineralogia predominante de argilominerais cauliníticos ou oxídicos, de atividade baixa.

Todavia, em diversas outras paisagens da Amazônia, normalmente nas planícies e planaltos rebaixados da formação geológica Solimões, ou em áreas de várzeas dos rios Solimões e seus afluentes, ocorrem solos com proporções variadas de argilominerais de atividade alta.

Esses argilominerais, representados por esmectitas, vermiculitas e outros minerais secundários com baixo intemperismo, encontram-se quimicamente instáveis no clima quente e úmido atual, liberando altos teores de alumínio presentes em estruturas cristalinas, portando não tóxicos para as plantas.

A instabilidade química destes argilominerais torna o indicador “alumínio trocável”, usado para estimar a necessidade de calagem, pouco confiável. Isto ocorre porque o extrator utilizado ( $KCl\ 1\ mol\ L^{-1}$ ), em solos ácidos com argilominerais de atividade alta, extraí frações do alumínio do solo que não estão em rápido equilíbrio com a solução do solo, não podendo serem considerados trocáveis, tendo como consequência a superestimativa da necessidade de calagem.

Diante da possibilidade de se cultivar o dendezeiro em uma maior amplitude de ambientes pedológicos, adotou-se unicamente o método da saturação de bases, ajustado para essas condições químicas, para estimar a necessidade de calagem.

Desta forma, a necessidade de calagem para o dendezeiro passa a ser avaliada com base na elevação da saturação de bases, cujo limite varia em função da textura do solo e da capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC do solo) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valor para elevação da saturação de bases (Vi), em %, em função da textura e da CTCpH7,0 do solo, em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

Textura do solo	Faixa de CTC do Solo	Elevação da saturação de bases
Muito argilosa	CTC < 25	60%
	25 ≤ CTC < 48	50%
	CTC > 48	40%
Argilosa	CTC < 13	60%
	13 ≤ CTC < 27	50%
	CTC > 27	40%
Média	CTC < 8	60%
	8 ≤ CTC < 15	50%
	CTC > 15	40%
Arenosa	CTC < 5	60%
	5 ≤ CTC < 8	50%
	CTC > 8	40%

Neste sentido, a necessidade de calagem (NC), deverá ser determinada pela expressão (1):

$$NC = (((Vi - Va) \times CTC) \times E) / (20 \times PRNT) \text{ (equação 1)}$$

Onde: C = necessidade de calagem, em t ha<sup>-1</sup>; Vi = saturação de bases indicada na tabela, em %; Va = saturação de bases da análise de solos, na camada amostrada, em %; E = espessura de aplicação do calcário, em cm.; CTC = capacidade de troca de cátions do solo, em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, e PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário, em %. A saturação de bases é calculada pela expressão S x 100 / CTC. A CTC é calculada pelos somatórios dos teores de Ca, Mg, cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, extraíveis em solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, mais o teor de K extraído em solução duplo ácido diluída (Mehlich-1) e da acidez potencial (H+Al) extraídos pela solução tamponada de acetato de cálcio a pH 7. A soma de bases (S) é calculada pelos somatórios dos teores de Ca, Mg, K e Na quando determinado.

A título de exemplo, para solos com textura “média”, a elevação da saturação de bases deverá ser 60% para solos com CTC menor que 8,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, porém se a CTC for maior que 15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, a elevação da saturação de bases deverá ser de 40%.

#### Correção do solo para a formação da plantaçāo de dendezeiros.

Para a fase de implantação do dendezeiro, recomenda-se para avaliar a fertilidade do solo, a amostragem em duas profundidades: 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Deverão ser retiradas uma amostra composta por profundidade, a partir de 15 a 30 pontos amostrais distribuídos aleatoriamente em cada unidade amostral homogênea ou talhão a ser implantado.

A recomendação da calagem toma como base principal a correção da acidez do solo e, portanto,

as quantidades recomendadas são para aplicação em área total (aplicação a lanço com posterior incorporação), não devendo em nenhuma hipótese as quantidades recomendadas serem aplicadas somente na linha ou covas de plantio.

A quantidade de calcário a ser aplicada será determinada pela equação 1, considerando-se  $E = 20$  cm, usando-se os valores da fertilidade do solo correspondente a essa profundidade. A quantidade de calcário definida deverá ser incorporada ao solo a uma profundidade de 20 cm, usando-se aração ou grade pesada, seguida pela passagem de uma ou duas gradagens leves.

A aplicação do calcário, somente na cova de plantio, não é indicada e se for feita deve ser proporcionalmente ao volume de solo a ser efetivamente corrigido. Ainda assim, a calagem localizada poderá resultar em precipitação do fosfato aplicado na cova, além de confinar o sistema radicular unicamente na área corrigida.

A dose a ser aplicada de calcário, equivalente a PRNT 100%, não deve ultrapassar  $6 \text{ t ha}^{-1}$ . Caso seja necessária uma dosagem maior, limitado a  $12 \text{ t ha}^{-1}$ , esta deve ser dividida e aplicada em duas vezes, sendo a primeira com incorporação mais profunda, e a aplicação seguinte seguida de gradagem leve. Caso a necessidade de calagem seja superior a  $12 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário 100% PRNT, deve-se fazer a calagem até o limite de  $12 \text{ t ha}^{-1}$ , e reavaliar-se a acidez do solo em camadas de espessuras de 5 cm (0-5 cm, 6 a 10 cm, 11 a 15 cm, 15 a 20 cm), após um período de três meses, com o propósito de recalcular a necessidade de calagem e se não estaria havendo elevação excessiva do pH nas camadas mais superficiais.

Após a implantação do cultivo, pode ser feita a cada 4 a 5 anos, a reavaliação da necessidade de calagem, com amostragem da fertilidade do solo na camada de 0 a 10 cm, profundidade efetiva de efeito do corretivo em áreas implantadas. Essa amostragem pode ser realizada na linha de plantio e uma segunda amostragem nas entrelinhas. Para cada faixa amostral, a quantidade de calagem será 75% da dose calculada na equação 1, para a variável  $E = 10$  (espessura de 10 cm). A redução da dose se justifica para minimizar a possibilidade de uma elevação excessiva do pH em superfície.

Deve-se priorizar o uso de calcários dolomíticos ou magnesianos sempre que a interpretação da disponibilidade de magnésio for muito baixa ou baixa, conforme critérios descritos neste comunicado técnico.

### Condicionadores do solo

Até 25% da necessidade de calagem estimada pelo método da saturação de bases pode ser

substituída pela aplicação de gesso agrícola, desde que a soma dos teores de Ca e Mg trocáveis, na camada de 20 a 40 cm de profundidade, seja considerada baixa, em conformidade com os critérios de interpretação da fertilidade do solo.

Nas situações em que houver a impossibilidade de se fazer a incorporação do calcário até 20 cm de profundidade, deve-se aplicar apenas 75% da dose recomendada na forma de calcário e os outros 25% devem ser aplicados na forma de gesso agrícola, fazendo-se a incorporação com uma gradagem leve, incorporando-se o corretivo e o condicionante até aproximadamente 10 cm.

#### Época de aplicação do corretivo e condicionante

Em todos os casos, a aplicação do corretivo da acidez (calagem) e do condicionante do solo (gesso agrícola) na fase pré-plantio deve ser realizada em torno de 60 dias previamente ao plantio das mudas.

Esse prazo faz-se necessário para que haja a reação do calcário aplicado ao solo, antes do plantio propriamente dito favorecendo o desenvolvimento inicial das plantas pelas melhorias das condições químicas do solo.

Para isto, a amostragem do solo para realização de análises de fertilidade deve ser planejada para ocorrer de 90 a 120 dias da data prevista para iniciar o plantio, de modo a planejar corretamente as medidas de correção e, ou, condicionante do solo, quando necessária.

Em área já implantada, com quatro ou mais anos de cultivo, a aplicação do calcário deve ser feita apenas superficialmente, mas neste caso, recomenda-se que a amostragem da fertilidade do solo seja feita também na camada de 0 a 5 cm, com o objetivo de avaliar se a aplicação superficial não está resultando em excessiva elevação do pH na camada de maior absorção de micronutrientes pelo sistema radicular dos dendezeiros.

#### **Fundamentos da recomendação de adubação para o dendezeiro**

Para a recomendação de adubação de plantio e crescimento do dendezeiro, as recomendações de adubações foram feitas com base na interpretação da análise de fertilidade do solo, para os nutrientes fósforo, potássio e magnésio. Para os nutrientes enxofre e boro as recomendações foram feitas apenas com base na demanda de crescimento da palmeira.

Na fase de produção, adotou-se a estimativa da taxa de exportação de nutrientes pelos cachos de frutos frescos (CFF) e a eficiência da reposição do nutriente, conforme adotado para o estado do Pará,

considerando os nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre.

O ajuste das recomendações com o estado nutricional pode ser feito tanto pelos métodos diretos (Nível Crítico ou Faixa de Suficiência) ou naqueles baseados no balanço nutricional (DRIS ou CND). No caso da análise foliar, pode-se levar em consideração os nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, zinco, cobre, ferro e manganês.

### Critérios de interpretação da análise de fertilidade do solo

Para a avaliação da fertilidade do solo devem ser consideradas duas situações para o esquema de amostragem. O primeiro caso é a amostragem de áreas a serem implantadas, onde se coleta aleatoriamente (ou em caminhamento ziguezague) uma quantidade de amostras simples para compor uma composta na profundidade de 0 a 20 e 20 a 40 cm. O número de amostras simples varia de 15 a 30 e dependerá da uniformidade da área (tipo de solo, declive, umidade, manejo anterior) e até mesmo da disponibilidade de mão-de-obra.

O segundo caso é a amostragem em áreas já implantadas onde a coleta de solo ocorre de forma rigorosa. Nesse esquema pode se considerar um ponto a cada dois ou um hectare, onde numa quadra padrão corresponderá de 17 a 34 pontos. Nesses pontos poderão ser coletadas as folhas para diagnose foliar e o solo para o diagnóstico da fertilidade. Para efeito de otimização da operação, que é anual, podem ser fixadas e identificadas linhas amostrais de plantio se evitando a bordadura do talhão, no sentido da estrada norte/sul.

Em palmas jovens ( $\leq 4$  anos) as amostras simples podem ser coletadas na projeção da copa (Figura 1), ou dependendo do manejo que se quer adotar como a calagem, pode ser feita parte na projeção da copa e parte na entrelinha. Em palmas adultas onde há um fechamento do dossel, com adubação feita a lanço em faixas, as amostras podem ser coletadas na rua se evitando dois locais: a trilha dos rodados das máquinas e a área de enleiramento de resíduos do preparo da área (quando houver) ou empilhamento de folhas podadas.



**Figura 1:** Coleta de solo na projeção de dendezeiro jovem (a) e produtivo (b). Fonte: Helen Ramos

#### Disponibilidade de fósforo no solo

As classes de disponibilidade de fósforo (P) variam com o teor de P disponível extraído pelo método Mehlich-1 e pela capacidade de fixação do fosfato, estimada pelo valor Premanescente (Prem) (Tabela 2).

Neste caso, devido a variabilidade mineralógica dos solos entre diferentes paisagens da Amazônia, foi introduzido na interpretação da disponibilidade de fósforo no solo, também o indicador P remanescente. Mesmo que a utilização do teor de argila sejam um indicador indireto da capacidade tampão para fosfato, a utilização do teor do P remanescente é o indicador mais apropriado e confiável.

**Tabela 2.** Classes de interpretação da disponibilidade de fósforo no solo, em função do teor de fósforo remanescente (Prem) \*.

Fósforo remanescente (P rem)	Característica Propriedades alternativas*	Fósforo disponível (P), mg dm <sup>-3</sup>		
		Baixa	Média	Adequada
Prem ≤ 3	solos com textura muito argilosa e com saturação de bases menor que 50%, sendo a CTC > 48 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	P ≤ 3,0	3,0 < P ≤ 5,0	P > 5,0
3 < Prem ≤ 9	textura muito argilosa e com saturação de bases menor que 50% e CTC ≤ 48 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	P ≤ 5,0	5,0 < P ≤ 7,0	P > 7,0
9 < Prem ≤ 18	demais solos com textura muito argilosa	P ≤ 7,0	7,0 < P ≤ 9,0	P > 9,0
18 < Prem ≤ 36	textura média a siltosa	P ≤ 11,0	11,0 < P ≤ 14,0	P > 14,0
Prem > 36	textura franco a arenosa	P ≤ 15,0	15,0 < P ≤ 20,0	P < 20,0

\* Propriedades alternativas devem ser usadas apenas na ausência de informações sobre o teor de P remanescente no solo.

### Disponibilidade de potássio no solo

As classes de disponibilidade de potássio (K) variam com o teor disponível desse nutriente, extraído pelo método Mehlich-1 (Tabela 3). Em relação as classes de disponibilidade de interpretação sugeridas para o estado do Pará, os limites foram ajustados para que a situação adequada comporte os solos com elevados teores de K; os valores também são apresentados em “cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>” com o objetivo de facilitar o cálculo da saturação de bases.

**Tabela 3.** Classes de interpretação da disponibilidade de potássio no solo.

Muito Baixa	Potássio disponível (K), cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	Baixa	Média	Adequada
≤ 0,1	> 0,1 e ≤ 0,25	> 0,25 e ≤ 0,50	> 0,50

### Disponibilidade de magnésio no solo

As classes de disponibilidade de magnésio (Mg+2) variam com o teor de Mg+2 trocável, extraído com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e com a relação Ca/Mg trocáveis (R) (Tabela 4).

As classes de disponibilidade de magnésio (Mg+2) variam com o teor de Mg+2 trocável, extraído com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e com a relação Ca/Mg trocáveis (R) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Classes de interpretação da disponibilidade de magnésio no solo.

Característica	Magnésio trocável, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
Relação Ca / Mg	Baixa	Adequada
R ≤ 2,0	≤ 0,5	> 0,5
2 < R ≤ 4	≤ 1,0	> 1,0
R > 4	≤ 2,0	> 2,0

**Interpretação do estado nutricional do dendezeiro**

O estado nutricional do dendezeiro poderá ser classificado em duas ou três classes nutricionais, a depender do método utilizado para a interpretação dos resultados das análises foliares (Tabela 5):

**Tabela 5.** Critérios para a interpretação do estado nutricional dos nutrientes pela análise foliar, a partir de diferentes métodos de intepretação.

Método	Deficiente ou Insuficiente	Adequado ou Equilibrado	Excessivo
Nível Crítico	≤ NC	> NC	Não há
Faixa de Suficiência	≤ LIFS	< LIFS e ≤ LSFS	> LSFS
DRIS ou CND pelo índice de matéria seca	Índice negativo e menor IMS	Todos os demais casos	Não há
DRIS ou CND pelo método PRA	Índice negativo e maior em módulo que o IBNm	Índice menor em módulo que o IBNm	Índice positivo e maior em módulo que o IBNm

\* NC = valor tabelado para o nível crítico de um determinado nutriente; LIFS = valor tabelado para o limite inferior da faixa de suficiência para determinado nutriente; LSFS = valor tabelado para o limite superior da faixa de suficiência para determinado nutriente; DRIS = método do sistema integrado de diagnose e recomendação; CND = método da composição da diagnose nutricional; PRA = método do potencial de resposta a adubação; IMS = índice de matéria seca; e IBNm = índice de balanço nutricional médio.

**Padrões nutricionais para avaliação do estado nutricional dos dendezeiros**

Os padrões nutricionais são os valores de referência que devem ser utilizados para a avaliação do estado nutricional, segundo os diferentes métodos diagnósticos disponíveis (nível crítico - NC, faixa de suficiência - FS, sistema integrado de diagnose e recomendação – DRIS, e composição da diagnose nutricional – CND).

Para se realizar a amostragem foliar do dendezeiro é seguido o mesmo caminhamento considerado para amostragem de solo em área implantadas. Nesse caso é amostrada a folha número 9 até o quarto ano de idade, a partir de então é tomada a folha número 17 em cada planta amostrada, considerando a arquitetura espiral de cima para baixo. Na porção central das folhas são coletados 4 folíolos saudáveis, dois de cada lado em posição alternada (Figura 2).



**Figura 2.** Amostragem de folíolos em dendezeiro. Fonte: Helen Ramos



**Figura 3.** Preparo do folíolo de dendezeiro para envio ao laboratório. Fonte: Gilson Sergio Bastos de Matos.

Após a coleta, os folíolos são preparados se removendo as extremidades superior, inferior e a nervura central, sendo o material restante procedido a limpeza com água potável ou preferencialmente destilada (Figura 3). Usualmente dos dois lados de cada folíolo (cerca de 20 cm cada), um é usado para compor a amostra enviada ao laboratório, o outro lado compõem a amostra de reserva do agricultor ou empresa. Em seguida os folíolos devem ser armazenados em sacos de papel reforçados para que possam suportar o transporte até o laboratório. No laboratório, devem serão novamente higienizados e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura entre 55 e 65°C.

Os padrões nutricionais a serem adotados são os descritos para os métodos NC e FS e CND (tabela 6) e DRIS (tabela 7), para dendezeiros na fase de produção. Os padrões nutricionais para os métodos CND e DRIS são preliminares. Recomendando-se que a partir do programa de monitoramento anual, esses padrões sejam atualizados.

**Tabela 6.** Valores de referência para os métodos do nível crítico (NC), faixa de suficiência (FS), ambos em dag kg<sup>-1</sup> para os macronutrientes e em mg kg<sup>-1</sup> para os micronutrientes; e normas média e desvio padrão para a composição da diagnose nutricional – CND, para dendezeiros, com base na amostragem da folha 17.

Nutrient e	NC	FS			CND*	
		DEF	SUF	CLX	Média da relação log-centrada	Desvio padrão da relação log-centrada
N	< 24,0	< 24,0	≥ 24,0 e < 28,0	≥ 28,0	1,459323	0,050495
P	< 1,5	< 1,5	≥ 1,5 e < 1,8	≥ 1,8	0,281799	0,036493
K	< 9,0	< 9,0	≥ 9,0 e < 12,0	≥ 12,0	0,906439	0,084607
Ca	< 5,0	< 5,0	≥ 5,0 e < 7,5	≥ 12,0	0,861701	0,070425
Mg	< 2,5	< 2,5	≥ 2,5 e < 4,0	≥ 4,0	0,405058	0,053550
S	< 2,5	< 2,5	≥ 2,5 e < 3,5	≥ 3,5	0,104296	0,091104
B	< 15,0	< 15,0	≥ 25,0 e < 25,0	≥ 25,0	-1,579651	0,079070
Zn	< 12,0	< 12,0	≥ 12,0 e < 18,0	≥ 18,0	-1,682488	0,141055
Fe	< 50,0	< 50,0	≥ 50,0 e < 250,0	≥ 250,0	-1,006680	0,090475
Mn				> 50	-0,650522	0,129589
Cu	< 5,0	< 5,0	≥ 5,0 e < 8,0		-2,128491	0,093320
MS (R)					3,029217	0,034506

Onde: DEF = faixa de teores deficientes, SUF – faixa de teores suficientes ou adequado; CLX = faixa de teores em consumo de luxo ou toxicidade. Valores para NC e FS adaptados de Veloso et al. (2020). \* As normas (médias e desvio padrão) para o método CND são para palmeiras acima de 6 anos de idade, e devem ser consideradas como padrões preliminares.

**Tabela 7.** Valores de referência log transformados para o método do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), para dendezeiros com idade superior a seis anos.

Relação	Média Log-transformadas	Variância	Tamanho da Amostra
f(N)	1,41300	0,03936	35
f(N/P)	1,17201	0,04771	32
f(N/K)	0,55389	0,09338	32
f(N/Ca)	0,58834	0,08751	33
f(N/Mg)	1,04186	0,06255	31
f(N/S)	1,34175	0,09424	31
f(N/B)	0,03361	0,10745	33
f(N/Zn)	0,15086	0,13032	33
f(N/Fe)	-0,54735	0,11671	32
f(N/Mn)	-0,88813	0,12504	31
f(N/Cu)	0,61095	0,08815	33
f(P)	0,23918	0,04398	34
f(P/N)	-1,17201	0,04771	32
f(P/K)	-0,61450	0,08035	32
f(P/Ca)	-0,58467	0,06533	34
f(P/Mg)	-0,13122	0,05147	29
f(P/S)	0,18669	0,07180	30
f(P/B)	-1,13825	0,10304	32
f(P/Zn)	-1,02117	0,15057	32
f(P/Fe)	-1,72074	0,10953	32
f(P/Mn)	-2,07346	0,10187	31
f(P/Cu)	-0,56946	0,09288	32
f(K)	0,85886	0,08213	34
f(K/N)	-0,55389	0,09338	32
f(K/P)	0,61450	0,08035	32
f(K/Ca)	0,03236	0,11387	33
f(K/Mg)	0,49422	0,09899	29
f(K/S)	0,81743	0,08405	30
f(K/B)	-0,52319	0,11776	32
f(K/Zn)	-0,39081	0,16308	32
f(K/Fe)	-1,10728	0,12938	31
f(K/Mn)	-1,44113	0,15178	31
f(K/Cu)	0,05271	0,11249	32
f(Ca)	0,82076	0,08575	35
f(Ca/N)	-0,58834	0,08751	33
f(Ca/P)	0,58467	0,06533	34
f(Ca/K)	-0,03236	0,11387	33
f(Ca/Mg)	0,45442	0,08063	30
f(Ca/S)	0,76376	0,09320	31

Relação	Média Log-transformadas	Variância	Tamanho da Amostra
f(Ca/B)	-0,55968	0,11615	33
f(Ca/Zn)	-0,44378	0,19358	33
f(Ca/Fe)	-1,14063	0,10378	33
f(Ca/Mn)	-1,48641	0,07852	32
f(Ca/Cu)	0,00779	0,13574	33
f(Mg)	0,36752	0,04481	31
f(Mg/N)	-1,04186	0,06255	31
f(Mg/P)	0,13122	0,05147	29
f(Mg/K)	-0,49422	0,09899	29
f(Mg/Ca)	-0,45442	0,08063	30
f(Mg/S)	0,31320	0,09822	27
f(Mg/B)	-1,02671	0,07744	29
f(Mg/Zn)	-0,88891	0,14569	29
f(Mg/Fe)	-1,59633	0,10907	28
f(Mg/Mn)	-1,94491	0,11618	29
f(Mg/Cu)	-0,44564	0,09744	29
f(S)	0,05809	0,10371	33
f(S/N)	-1,34175	0,09424	31
f(S/P)	-0,18669	0,07180	30
f(S/K)	-0,81743	0,08405	30
f(S/Ca)	-0,76376	0,09320	31
f(S/Mg)	-0,31320	0,09822	27
f(S/B)	-1,31751	0,12362	31
f(S/Zn)	-1,20221	0,17642	32
f(S/Fe)	-1,89726	0,12526	30
f(S/Mn)	-2,24757	0,11852	29
f(S/Cu)	-0,75571	0,15713	31
f(B)	1,37615	0,09050	35
f(B/N)	-0,03361	0,10745	33
f(B/P)	1,13825	0,10304	32
f(B/K)	0,52319	0,11776	32
f(B/Ca)	0,55968	0,11615	33
f(B/Mg)	1,02671	0,07744	29
f(B/S)	1,31751	0,12362	31
f(B/Zn)	0,10801	0,15687	33
f(B/Fe)	-0,58698	0,09832	32
f(B/Mn)	-0,92169	0,14820	31
f(B/Cu)	0,56432	0,13698	33
f(Zn)	1,25889	0,11926	35
f(Zn/N)	-0,15086	0,13032	33
f(Zn/P)	1,02117	0,15057	32

Relação	Média Log-transformadas	Variância	Tamanho da Amostra
f(Zn/K)	0,39081	0,16308	32
f(Zn/Ca)	0,44378	0,19358	33
f(Zn/Mg)	0,88891	0,14569	29
f(Zn/S)	1,20221	0,17642	32
f(Zn/B)	-0,10801	0,15687	33
f(Zn/Fe)	-0,69549	0,15867	32
f(Zn/Mn)	-1,02743	0,21120	31
f(Zn/Cu)	0,44667	0,11356	33
f(Fe)	1,95978	0,09197	34
f(Fe/N)	0,54735	0,11671	32
f(Fe/P)	1,72074	0,10953	32
f(Fe/K)	1,10728	0,12938	31
f(Fe/Ca)	1,14063	0,10378	33
f(Fe/Mg)	1,59633	0,10907	28
f(Fe/S)	1,89726	0,12526	30
f(Fe/B)	0,58698	0,09832	32
f(Fe/Zn)	0,69549	0,15867	32
f(Fe/Mn)	-0,34012	0,11702	30
f(Fe/Cu)	1,15042	0,15299	32
f(Mn)	2,29623	0,12157	33
f(Mn/N)	0,88813	0,12504	31
f(Mn/P)	2,07346	0,10187	31
f(Mn/K)	1,44113	0,15178	31
f(Mn/Ca)	1,48641	0,07852	32
f(Mn/Mg)	1,94491	0,11618	29
f(Mn/S)	2,24757	0,11852	29
f(Mn/B)	0,92169	0,14820	31
f(Mn/Zn)	1,02743	0,21120	31
f(Mn/Fe)	0,34012	0,11702	30
f(Mn/Cu)	1,47906	0,16443	31
f(Cu)	0,80754	0,07477	35
f(Cu/N)	-0,61095	0,08815	33
f(Cu/P)	0,56946	0,09288	32
f(Cu/K)	-0,05271	0,11249	32
f(Cu/Ca)	-0,00779	0,13574	33
f(Cu/Mg)	0,44564	0,09744	29
f(Cu/S)	0,75571	0,15713	31
f(Cu/B)	-0,56432	0,13698	33
f(Cu/Zn)	-0,44667	0,11356	33
f(Cu/Fe)	-1,15042	0,15299	32
f(Cu/Mn)	-1,47906	0,16443	31

\*Onde  $f(X/Y)$  corresponde a função logarítmica da relação  $X/Y - f(\log(X/Y))$  – entre os nutrientes “X”, e “Y” quaisquer. As normas (médias e desvio padrão) para o método DRIS são para palmeiras acima de 6 anos de idade, e devem ser consideradas como padrões preliminares, por ser oriundas de uma amostra pequena.

## Recomendação de Adubações

As recomendações de adubação foram estimadas para densidades de plantio dos dendêzeiros de 128 plantas  $ha^{-1}$ , para materiais híbridos, ou de 143 plantas  $ha^{-1}$ , para materiais convencionais. O plantio deve ser feito em linhas formadas em triângulo equilátero de 9,0 x 7,8 m (densidade de 143 plantas  $ha^{-1}$ ) a 9,5 x 8,3 m (densidade de 143 plantas  $ha^{-1}$ ).

As quantidades de nutrientes a serem recomendados foram todos estimados na base de hectare. Para se calcular as quantidades, em gramas planta $^{-1}$ , a serem aplicada por planta, deve-se multiplicar os valores recomendados ( $kg\ ha^{-1}$ ) por 8 ou 7, respectivamente para cada um dos tipos de materiais genéticos.

### Adubação de Plantio

A adubação na cova deverá ser de 30 kg  $ha^{-1}$  de  $P_{205}$  para solos com fertilidade baixa para a disponibilidade de fósforo, de 20 kg  $ha^{-1}$  de  $P_{205}$  para solos com fertilidade média e de 10 kg  $ha^{-1}$  de  $P_{205}$  para solos com fertilidade adequada. A fonte de fosfato a ser utilizada deve ser uma fonte pouco solúvel, mas de boa reatividade. De preferência com teor de fósforo solúvel em água baixo (menor que 10% de  $P_{205}$ ), mas médios teores de fósforo solúvel em ácido cítrico (15 a 25% de  $P_{205}$ ) e fósforo total (25 a 40% de  $P_{205}$ ). O fertilizante deve ser aplicado no fundo da cova (Figura 4), feita em formato preferencialmente trapezoidal.

### Adubação de Formação (Crescimento)

A adubação de formação deve iniciar logo após o pegamento das mudas (25 a 35 dias após o plantio). As recomendações de N, S e B não dependem da fertilidade do solo (Tabela 8 e 9); as recomendações de  $P_{205}$ ,  $K_2O$  e Mg devem ser ajustadas conforme a interpretação da fertilidade do solo.

Essa adubação poderá ser parcelada em até três aplicações, ao longo do período chuvoso, exceto para fósforo (Tabela 8) e boro (Tabela 9), que devem ser aplicadas no início do período chuvoso (Figura 5).



**Figura 4.** Aplicação de fosfato natural em cova de plantio de dendzeiro. Fonte: Gilson Sergio Bastos de Matos.



**Figura 5.** Adubação de formação em dendzeiros jovens. Fonte: Gilson Sergio Bastos de Matos.

**Tabela 8.** Doses recomendadas de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, em kg ha<sup>-1</sup>, para a adubação de formação da cultura do dendezeiro, durante os quatro primeiros anos do plantio

Ano	N	Disponibilidade de P no solo			Disponibilidade de K no solo		
		Baixa	Média	Adequada	Baixa	Média	Adequada
		Kg N ha <sup>-1</sup>	Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>			Kg K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>	
1	40	30	15	10	90	60	30
2	60	40	30	15	115	85	60
3	75	60	45	30	140	115	90
4	85	70	60	45	165	145	115

**Tabela 9.** Doses recomendadas de Mg, S e B, em kg ha<sup>-1</sup>, para a adubação de formação da cultura do dendezeiro, durante os quatro primeiros anos do plantio.

Ano	Disponibilidade de Mg no solo		S	B
	Baixa	Adequada		
1	10	12	15	1
2	12	15	20	2
3	14	20	30	3
4	18	25	40	4

### Adubação de Produção

As recomendações de adubação para N, P e K (Tabela 10) e para Ca, Mg, S e B (Tabela 11) podem ser utilizadas unicamente com base na estimativa da exportação de nutrientes ou também ajustada para o estado nutricional.

Para calcular a necessidade de adubação somente pela exportação de nutrientes, considerar em todos os casos apenas os valores para o estado nutricional “suficiente” (pelo método da Faixa de Suficiência) ou “equilibrado” (pelo método DRIS ou CND) (Tabelas 10 e 11).

Se for realizada a análise baseada no estado nutricional, as recomendações devem ser ajustadas pelos valores apontados nas colunas “Deficiente ou Insuficiente”, “Suficiente ou Equilibrado” e “Consumo de Luxo ou Excessivo”.

Na hipótese da avaliação do estado nutricional apresentar apenas duas classes (caso do uso do método do Nível Crítico), considerar apenas os valores indicados nas colunas “Deficiente ou Insuficiente” e “Adequado ou Equilibrado”. Exceto para Manganês, que deverá ser considerado as classes “Adequado ou Equilibrado” ou “Consumo de Luxo ou Excessivo”.

**Tabela 10.** Doses recomendadas para a adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, na fase de produção, em função da produtividade de cachos de frutos frescos e do estado nutricional do dendezeiro

Produtividade Esperada (t ha <sup>-1</sup> )	Estado nutricional da plantação para cada nutriente fonte		
	Deficiente ou Insuficiente	Adequado ou Equilibrado	Excessivo
Adubação de nitrogênio na fase de produção – N: kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>			
<5	45	30	15
≥ 5 e < 10	75	60	45
≥ 10 e < 14	105	90	75
≥ 14 e < 18	135	120	105
≥ 18 e < 22	160	150	135
≥ 22 e < 25	180	170	160
≥ 25	200	190	180
Adubação fosfatada na fase de produção – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>			
<5	38	25	13
≥ 5 e < 10	60	50	38
≥ 10 e < 14	80	70	60
≥ 14 e < 18	100	90	80
≥ 18 e < 22	118	110	100
≥ 22 e < 25	133	125	118
≥ 25	148	140	133
Adubação de potássica na fase de produção – K <sub>2</sub> O: kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>			
<5	85	60	35
≥ 5 e < 10	135	110	85
≥ 10 e < 14	185	160	135
≥ 14 e < 18	230	210	185
≥ 18 e < 22	270	250	230
≥ 22 e < 25	310	290	270
≥ 25	350	330	310

Os fertilizantes nitrogenados, potássicos e magnesianos devem ser parcelados em três vezes, sendo 40% da dose na primeira aplicação e 30% da dose em cada uma das aplicações subsequentes.

As adubações com fertilizantes fosfatados e boratados devem ser aplicadas em uma única aplicação, no início do período chuvoso.

As adubações com enxofre e cálcio, quando não presentes nas fontes utilizadas para os demais fertilizantes, podem serem aplicadas em uma única vez, também no início das chuvas. Todavia, não pode ser feita a aplicação do fertilizante fosfatado junto com a fonte de cálcio, seja o gesso agrícola ou mesmo o calcário.

Caso se opte por formulações NPK, deve ser feito o parcelamento na mesma proporção indicada para a adubação nitrogenada e potássica.

Na aplicação dos fertilizantes, deve-se realizar o coroamento das plantas, para que os adubos sejam aplicados em áreas livres de outras plantas, sejam essas leguminosas ou gramíneas, respeitando-se o distanciamento mínimo de 10 cm entre o local de aplicação dos nutrientes e a estipe de cada planta.

As doses recomendadas da adubação nitrogenada podem ser reduzidas em 20% se houver na área de cultivo o uso de adubo verde (puerária ou outra leguminosa fixadora de N).

**Tabela 11.** Doses recomendadas para a adubação com os nutrientes cálcio, magnésio, enxofre e boro, na fase de produção, em função da produtividade de cachos de frutos frescos e do estado nutricional do dendezeiro

Produtividade Esperada (t ha <sup>-1</sup> )	Estado nutricional da plantação para cada nutriente fonte		
	Deficiente ou Insuficiente	Adequado ou Equilibrado	Excessivo
		Adubação com cálcio na fase de produção – Ca: kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	
<5	28	20	13
≥ 5 e < 10	43	35	28
≥ 10 e < 14	58	50	43
≥ 14 e < 18	73	65	58
≥ 18 e < 22	88	80	73
≥ 22 e < 25	103	95	88
≥ 25	118	110	103
Adubação com magnésio na fase de produção – Mg: kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>			
<5	15	10	5
≥ 5 e < 10	25	20	15
≥ 10 e < 14	35	30	25
≥ 14 e < 18	45	40	35
≥ 18 e < 22	55	50	45
≥ 22 e < 25	65	60	55
≥ 25	75	70	65
Adubação com enxofre na fase de produção – S: kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>			
<5	8	5	3
≥ 5 e < 10	13	10	8
≥ 10 e < 14	18	15	13
≥ 14 e < 18	23	20	18
≥ 18 e < 22	28	25	23
≥ 22 e < 25	33	30	28
≥ 25	38	35	33
Adubação com boro na fase de produção – B: kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>			
<5	0,8	0,6	0,4
≥ 5 e < 10	1,2	1,0	0,8
≥ 10 e < 14	1,6	1,4	1,2
≥ 14 e < 18	2,0	1,8	1,6
≥ 18 e < 22	2,4	2,2	2,0
≥ 22 e < 25	2,8	2,6	2,4
≥ 25	3,2	3,0	2,8

O monitoramento do estado nutricional deve ser feito anualmente, sempre no mesmo período do ano, como forma de acompanhar a evolução da sanidade nutricional das plantas, sendo que os ajustes nos planos de adubações anuais podem serem feitos à medida que as informações do estado nutricional se tornem disponíveis. Além dos macronutrientes, é importante ter atenção especial para a nutrição de boro, cuidando-se para que a planta se mantenha sempre nutricionalmente equilibrada para esse nutriente e com teores foliares na faixa adequada.

Deve-se evitar a aplicação de fertilizantes minerais na parte central da rua na qual ocorre o tráfego das máquinas, visto que o volume de raízes quaternárias nessa zona é reduzido pela compactação causada no solo. A adubação mecanizada é a ideal para plantas em produção, pois otimiza o rendimento da adubação e apresenta maior qualidade na aplicação (Figura 6). O caminhamento do conjunto trator-distribuidor de fertilizante é alternado nas entrelinhas, ou seja, rua sim rua não, o que otimiza a adubação e exclui as faixas de empilhamento (quando houver), que não são trafegáveis.

Caso seja feita a adubação orgânica com cachos vazios oriundos de indústrias extratoras, pode-se substituir até 30% da adubação mineral com a utilização de 15 t ha<sup>-1</sup> de cachos vazios na fase de formação ou de 30 t ha<sup>-1</sup> de cachos vazios na fase de produção. A adubação com os cachos vazios deve ser feita em triângulos alternados de forma a beneficiar todas as plantas do talhão.

Adubação orgânica adicional pode ser feita com a torta de dendê e o efluente da agroindústria do dendê, o “*palm oil mill effluent*” (POME), dois materiais com relevantes teores de K. A torta de dendê pode ser utilizada preferencialmente aos adubos orgânicos tradicionais como estercos e a torta de mamona. O uso do POME é mais comum e viável nas áreas mais próximas da unidade extratora e pode variar entorno de 350 L planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, preferencialmente parcelado, pois o volume aplicado de uma só vez tende a deixar o solo encharcado.



**Figura 6.** Adubação mecanizada em cultivo de dendezeiro em início da fase produtiva. Fonte: Gilson Sergio Bastos de Matos.

## Literatura Consultada

- BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. de J. M. Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará. 2a edição, revista e atualizada. Brasília, DF: Embrapa; 2020, 419 p.
- CUNHA, G. O. M.; ALMEIDA, J. A.; BARBOZA, B. B. Formas de alumínio em solos ácidos brasileiros com teores excepcionalmente altos de Al<sup>3+</sup> extraível com KCl. Relação entre o alumínio extraível com KCl e o Oxalato de Amônio e a mineralogia da fração argila, em solos ácidos brasileiros. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2015, 39:1362-1377.
- CUNHA, G. O. M.; ALMEIDA, J. A.; BARBOZA, B. B. Relação entre o alumínio extraível com KCl e o Oxalato de Amônio e a mineralogia da fração argila, em solos ácidos brasileiros. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2014, 38:1387-1401.
- FRANZINI, V. de; MATOS, G. S. B. de; MACHADO, D. N.; ASSUNÇÃO, E. A.; VIÉGAS, I. de J.; BOTELHO, S.M. Capítulo 4 - Palma de óleo (Dendezeiro). In: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. de J. M. Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará. 2a edição, revista e atualizada. Brasília, DF: Embrapa; 2020, p. 279-282.
- GAMA, J. R. N. F.; KIEHL, J. C. Influência do alumínio de um podzólico vermelho amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas. 1999, 23(2):475-482.
- MATOS, G. S. B.; FERNANDES, A. R.; WADT, P. G. S. Níveis críticos e faixas de suficiência de nutrientes derivados de métodos de avaliação do estado nutricional da palma-de-óleo. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2016, 51:1557-1567.
- MATOS, G. S. B.; FERNANDES, A. R.; WADT, P. G. S. The Use of DRIS for Nutritional Diagnosis in Oil Palm in the State of Pará. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2017, 41:1-15.
- MATOS, G. S. B.; FERNANDES, A. R.; WADT, P. G. S.; FRANZINI, V. de; MATOS; SOUZA, E. M. de C.; RAMOS, E.M.N. Dris calculation methods for evaluating the nutritional status of oil palm in the Eastern Amazon. Journal of Plant Nutrition. 2018, 41:1240-1251.
- QUESADA et al. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. Biogeosciences. 2011, 8:1415-1440.
- SCHAEFER, C. E. G. R. Bases físicas da paisagem brasileira: estrutura geológica, relevo e solos. Tópicos em Ciência do Solo. 2013, 8:221-278.
- VELOSO, C.A.C; BOTELHO, S.M.; VIÉGAS, I. de J. M.; RODRIGUES, J. E. L. F. Amostragem e diagnose foliar. In: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. de J. M. Recomendações de calagem e

- adubação para o estado do Pará. 2a edição, revista e atualizada. Brasília, DF: Embrapa; 2020. p. 65-72.
- WADT, P. G. S. Manejo de solos ácidos do Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre; 2002 (Documento Técnico).
- WADT, P. G. S.; SILVA, L. M. Determinação do Fósforo Remanescente para a Avaliação da Disponibilidade de Fósforo em Solos do Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre; 2011 (Circular Técnica).