

MARÍLIA BRAZ DE CARVALHO

**CURVAS DE RESPOSTA POTENCIAL E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA
NUTRICIONAL PARA TECA (*Tectona grandis* L. f.) NO ESTADO DO MATO
GROSSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Solos e
Nutrição de Plantas, para obtenção do título de
Magister Scientiae

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C331c
2016
Carvalho, Marília Braz de, 19-
Curvas de resposta potencial e faixas de suficiência
nutricional para teca (*Tectona grandis* L. f.) no estado do Mato
Grosso / Marília Braz de Carvalho. – Viçosa, MG, 2016.
vii, 42f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Renildes Lúcio Ferreira Fontes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.40-42.

1. Teca (Árvore). 2. Teca (Árvore) - Análise foliar.
3. Solos e nutrição de planta. 4. *Tectona grandis* - Nutrição.
5. Análise foliar . I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Solos. Programa de Pós-graduação em Solos e
Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22. ed. 583.96

MARÍLIA BRAZ DE CARVALHO

**CURVAS DE RESPOSTA POTENCIAL E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA
NUTRICIONAL PARA TECA (*Tectona grandis* L. f.) NO ESTADO DO MATO
GROSSO**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação
em Solos e Nutrição de Plantas, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de julho de 2016.



Waldénia de Melo Moura



Haroldo Nogueira de Paiva



Júlio César Lima Neves
(Coorientador)



Renildes Lúcio Ferreira Fontes
(Orientador)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	5
2.1- Localização da Área de Estudo	5
2.2 - Caracterização do Banco de Dados	7
2.3- Processamento e Análise dos Dados	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
3.1 – Normas KW e DRIS para plantios de teca no Mato Grosso	12
3.1.1 - Normas de teores, para uso no método Kenworthy	12
3.1.2 – Normas de relações duais entre teores, para uso no método DRIS	13
3.2 – Curvas de Resposta Potencial à Nutrição	26
3.2.1 - Para o método Kenworthy	26
3.2.2 - Para o método DRIS	30
3.3– Diagnóstico do estado nutricional de plantios de teca no Mato Grosso	33
3.3.1- Diagnóstico quanto ao balanço	33
3.3.2 –Diagnóstico quanto ao equilíbrio nutricional	34
3.3.3- Diagnóstico quanto ao balanço e equilíbrio nutricional conjuntamente avaliados	35
3.4 - Estimativa das Perdas por Fatores Nutricionais e Não Nutricionais	36
4. CONCLUSÕES	39
5. REFERÊNCIAS	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da linha de fronteira da relação entre duas variáveis Y em função de X.	3
Figura 2 - Mapa de localização dos municípios onde estão situados os povoamentos que compõem o banco de dados utilizado no estudo.	5
Figura 3–Distribuição dos talhões componentes da base de dados por classe de solos.	6
Figura 4–Distribuição dos talhões componentes do banco de dados por classes texturais.	7
Figura 5 – Relacionamento obtido para a população da linha de fronteira entre a produtividade (expressa em termos de crescimento relativo ajustado, y) de plantios de teca e os valores dos Índices Balanceados de Kenworthy para N (IBKW_N em %, x).	27
Figura 6 – Relacionamento obtido para a população da linha de fronteira entre a produtividade (expressa em termos de crescimento relativo ajustado) de plantios de teca e os valores dos Índices Balanceados de Kenworthy para Ca (IBKW_Ca).	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Normas de teores de nutrientes na folha, para uso no método Kenworthy (KW), obtidas em povoamentos de teca no Mato Grosso	13
Tabela 2 – Normas de relações duais entre teores de nutrientes na folha, para uso no Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), obtidas em talhões de teca de 1 ano de idade e de mais de um ano no Mato Grosso.....	15
Tabela 3 – Modelos ajustados para o crescimento relativo de povoamentos de teca no Mato Grosso em função do índice balanceado de Kenworthy, com base na técnica da linha de fronteira	28
Tabela 4 – Faixas de suficiência para os índices balanceados de Kenworthy (%) em folhas de teca, no Mato Grosso, derivados do método da Linha de Fronteira, considerando o crescimento relativo.....	29
Tabela 5 - Modelos ajustados para o crescimento relativo de povoamentos de teca no Mato Grosso em função do índice DRIS, com base na técnica da linha de fronteira.....	30
Tabela 6 – Faixas de suficiência para os índices DRIS em folhas de teca, no Mato Grosso, derivados do método da Linha de Fronteira, considerando o crescimento relativo	32
Tabela 7 – Frequência relativa (%) de talhões quanto ao balanço nutricional pelo método Kenworthy (KW), por nutriente, com base em 4 classes diagnósticas, obtidas em talhões de teca no Mato Grosso	34
Tabela 8 – Frequência relativa (%) de talhões quanto ao equilíbrio nutricional pelo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), por nutriente, com base em 4 classes diagnósticas, obtidas em talhões de teca no Mato Grosso.....	35
Tabela 9 – Frequência relativa (%) de talhões quanto ao balanço pelo Kenworthy (KW) e equilíbrio pelo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), avaliados em conjunto, por nutriente, para 3 classes diagnósticas, em talhões de teca no Mato Grosso.....	36
Tabela 10 - Determinação do efeito da limitação nutricional e não nutricional sobre a produtividade de teca no Mato Grosso (caso de nutrição satisfatória).....	36
Tabela 11 - Determinação do efeito da limitação nutricional e não nutricional sobre a produtividade de teca no Mato Grosso (caso de nutrição não satisfatória).....	37

RESUMO

CARVALHO, Marília Braz de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2016. Curvas de resposta potencial e faixas de suficiência nutricional para teca (*Tectona grandis* L. F.) no estado do Mato Grosso. Orientador: Renildes. Coorientador: Júlio César Neves Lima.

O estado do Mato Grosso é o maior produtor de teca (*Tectona grandis* L.f.) do país. O principal mercado para a espécie é o de madeira serrada, tendo elevado valor comercial em âmbito internacional. Diversos trabalhos têm demonstrado a correlação entre o suprimento do nutriente e sua concentração na folha e desta com a produtividade do sítio florestal. Assim a diagnose nutricional com base em análise de tecido tem sido utilizada com bastante sucesso como ferramenta complementar à análise de solo para subsidiar o manejo nutricional das culturas. Dos métodos de diagnose existentes, o proposto por Kenworthy (KW) avalia o balanço, considerando os nutrientes de forma individual, e incorpora a variabilidade do teor na população de referência. Já o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) avalia o equilíbrio nutricional por meio de relações duais entre os nutrientes. Para ambos há necessidade de se dispor de valores de referência, ou seja, de normas. Este trabalho teve como objetivos: 1) obter normas para os métodos KW e DRIS, aplicáveis à diagnose do estado nutricional, com base em análise foliar, de plantios seminais de teca no estado de Mato Grosso; 2) obter índices que expressam o grau de balanço (IBKW) e de equilíbrio (IDRIS) para macro e micronutrientes em plantios seminais de teca no Mato Grosso; 3) propor faixas de suficiência quanto ao grau de balanço e equilíbrio para a cultura da teca no Mato Grosso com base na técnica da linha de fronteira; 4) diagnosticar o estado nutricional de plantios seminais de teca no Mato Grosso com base nas faixas de suficiência obtidas. Para tanto, foi utilizado um banco de dados de 379 talhões, entre 1 e 10 anos de idade, contendo informações referentes aos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B, além da circunferência à altura do peito (cap) dos indivíduos, todos seminais. A população de referência foi constituída pelos povoamentos que apresentaram, em cada idade, cap maior do que a média, e variabilidade de cap na parcela de amostragem, menor do que a média. Foram assim obtidas duas populações de referência: para povoamentos com 1 ano de idade (nos quais o caráter caducifólio ainda não havia se estabelecido) e para povoamentos com idade superior a 1 ano, possibilitando a obtenção de dois conjuntos de normas para uso nos métodos Kenworthy e DRIS, respectivamente. A abordagem da linha de fronteira (LF) foi utilizada para a obtenção das curvas que expressam a resposta ótima do crescimento relativo dos povoamentos à nutrição e por meio dessas curvas foram então obtidas faixas de suficiência, quanto ao grau de balanço (índices KW) e de equilíbrio (índices DRIS) para todos os nutrientes avaliados, com base nas quais realizou-se o diagnóstico do estado nutricional, considerando balanço e equilíbrio, de povoamentos seminais de teca, cujos resultados podem subsidiar o aprimoramento do manejo da nutrição dos plantios de teca no estado do Mato Grosso.

ABSTRACT

CARVALHO, Marília Braz de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2016. Curves of potential response and nutritional sufficiency ranges for teak (*Tectona grandis* L. F.) in the Mato Grosso state. Adviser: Renildes. Co-adviser: Júlio César Neves Lima.

The state of Mato Grosso is the largest producer of teak (*Tectona grandis* L.f.) of Brazil. The main market for the species is the lumber, having high commercial value internationally. Several studies have shown a correlation between nutrient supply and its concentration in the leaf, as well as with the productivity of the forest site. So, nutritional diagnosis based on tissue analysis has been used quite successfully as a complementary tool to the soil analysis to support the nutritional management of the crops. Among existing diagnostic methods, one proposed by Kenworthy (KW) evaluates the balance, considering individually each nutrient, and incorporates content variability in the reference population. On the other hand, diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) evaluates the nutritional balance through dual relationships between nutrients. In fact, both methods need to have reference values, in other words, standards. This study aims to: 1) obtain standards for KW and DRIS methods applicable to the diagnosis of nutritional status of teak's seminal crops, based on leaf analysis, in the state of Mato Grosso; 2) obtain balanced index of Kenworthy (IBKW) and balanced index of DRIS (IDRIS) for macro and micronutrients in teak's seminal crops in Mato Grosso; 3) propose sufficiency ranges for the degree of balance and equilibrium to the teak culture in Mato Grosso based on the boundary line technique; 4) diagnosing the nutritional status of teak crops in Mato Grosso based on obtained sufficiency ranges. For this, we used a database of 379 plots, between 1 and 10 years old, containing information relating to foliar N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn and B, beyond of the circumference at breast height (CAP) of individuals, all seminal. The reference population was composed of populations that presented, in each age, CAP larger than the average, and variability of CAP in sampling portion, smaller than the average. Two reference populations were thus obtained: for the population of one year of age (in which the deciduous character had not yet been established) and for population older than one year, making possible the obtainment of two groups of standards for use in Kenworthy and DRIS methods, respectively. The boundary line approach (LF) was used to obtain the nutrition response curves that express the great growth response on the stands to nutrition. Then, through these curves were obtained sufficiency ranges, about the degree of balance (KW indices) and equilibrium (DRIS indices) for all nutrients evaluated. The diagnosis of nutritional status was based on these ranges, considering balance and equilibrium, seminal population of teak, whose results can support the improvement of the management of nutrition of teak plantations in the state of Mato Grosso.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores áreas florestais do planeta, com 463 milhões de hectares, ou 54,4% da área do país (SFB, 2013). Deste total, 7,74 milhões de hectares correspondem a florestas plantadas (IBA, 2014). Essa área é capaz de suprir quase 90% do total da oferta de madeira em tora industrial, 81,5% do carvão vegetal e 62,3% da lenha produzida internamente (IBGE, 2013).

O decreto nº 8.375, de 11 de dezembro de 2014 define a Política Agrícola para Florestas Plantadas, e no Art. 4º determina o aumento da produção e da produtividade das florestas plantadas como um dos seus objetivos. A teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma das espécies florestais que atualmente tem-se destacado no setor florestal, sua área plantada está por volta de 80.000 ha (IBA, 2014), em processo de expansão, com produtividade de 15 m³/ha/ano dividida entre a Região Norte (32,6%) e Centro-Oeste (67,4 %) (ABRAF, 2013).

Trata-se de uma espécie de grande porte, natural do Sudoeste Asiático, produtora de madeira nobre, de alto valor no mercado internacional. Na Ásia estão os maiores produtores (Indonésia, Tailândia, Myanmar e Sri Lanka) e o seu ciclo de rotação varia de 60 a 100 anos (BEHLING, 2009). O principal produtor de teca em território nacional é estado do Mato Grosso, sendo os primeiros plantios da década de 70 (PAINEL FLORESTAL, 2012).

Em expressiva parcela dos sítios em que se planta teca, no estado do Mato Grosso, a acidez e a baixa fertilidade do solo podem limitar o crescimento e a produtividade dessa cultura, tornando necessário a adição de corretivos da acidez e da fertilização mineral, no contexto do manejo nutricional. Para nortear tal manejo pode-se fazer uso de técnicas diagnósticas, como a análise química do solo e a análise foliar.

Embora a análise química do solo seja amplamente difundida ela não permite avaliar se os nutrientes presentes no solo serão efetivamente absorvidos pelas plantas (CANTARUTTI et al., 2007), nas condições de cultivo. A análise química do tecido complementa e fornece informações sobre o estado nutricional da cultura (PREZOTTI et al., 2007; FERNANDES, 2010), sendo ferramenta auxiliar para o uso racional de insumos visando o aumento e a manutenção da produtividade.

A utilização da análise de tecido, como ferramenta para o diagnóstico do estado nutricional das culturas, tem como base a correlação positiva entre o suprimento do nutriente e sua

concentração na planta, e que variações nessas concentrações se relacionam com variações na produtividade (EVENHUIS E WAAR (1980), MALAVOLTA et al., 1997) , cabendo considerar, contudo, que a relação entre os teores de um dado nutriente e a produção de matéria seca pode não ser simples nem direta (BATAGLIA et al.,1992), devido ao fato de a produtividade ser influenciada por vários fatores, inclusive não nutricionais. De todo modo, lavouras de alta produtividade necessariamente têm boa nutrição, logo a boa nutrição é condição necessária, embora não suficiente à obtenção de elevadas produtividades das culturas.

A folha é a parte da planta geralmente usada para a diagnose nutricional em razão de ser o órgão em que ocorre a fotossíntese, sendo que sua condição nutricional correlaciona com o crescimento e produção, e reflete os fluxos de água e nutrientes no solo (TAIZ; ZEIGER, 1991; RAIJ, 1991; MALAVOLTA, 1992; CANTARUTTI et al., 2007).

Na literatura existem vários métodos disponíveis para a interpretação de resultados de análise foliar, seja quanto ao grau de balanço tais como: nível crítico e faixa de suficiência (MARSCHNER, 1995), e índices balanceados de Kenworthy (KENWORTHY, 1961), seja quanto ao grau de equilíbrio, por exemplo, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) preconizado por Beaulfils (1973).

Dos métodos de diagnose existentes, o proposto por Kenworthy avalia o grau de balanço de cada nutriente e incorpora, no cálculo do índice, a variabilidade do teor na população de referência. Já o DRIS, avalia o equilíbrio nutricional por meio de relações duais entre os nutrientes. O balanço é o aspecto quantitativo da nutrição, já o equilíbrio é o aspecto qualitativo da nutrição (NEVES et al., 2008).

Ambos esses métodos, Kenworthy e DRIS, padecem de limitações, como exemplo, os nutrientes podem estar equilibrados, mas em teores baixos. Logo, esses métodos devem ser utilizados em conjunto. Para que se tenha alta produtividade, a nutrição deve estar adequada quanto ao grau de balanço e de equilíbrio.

Os métodos Kenworthy e DRIS para que sejam utilizados, exigem que estejam disponíveis valores de referência, seja de teores e de relações duais entre teores, respectivamente.

Os valores de referência, comumente denominados normas, são uma medida de posição de tendência central, a média, e uma medida de dispersão, o desvio-padrão ou o coeficiente de variação, e são obtidas em populações de referência, que devem ser constituídas por lavouras

de alta produtividade, pois nestas os teores e as relações entre os teores de nutrientes devem se aproximar do ótimo fisiológico, e não há, nas mesmas, limitações por fatores não nutricionais.

Obtidos os índices KW e DRIS, é oportuno conferir maior significado biológico aos mesmos, entendido como o relacionamento entre a produtividade da cultura e os índices obtidos, o que pode ser feito mediante o uso de técnicas de análise numérica como é o caso da linha de fronteira.

O método da linha de fronteira, que possibilita utilizar dados obtidos em lavouras comerciais, portanto sob condições não controladas, permite relacionar a produtividade da cultura a um dado fator de produção, minimizando a interferência de outros fatores. O método da linha de fronteira permite a obtenção de faixas de suficiência que melhor expressem o relacionamento da nutrição com a produtividade, como feito para eucalipto por Fernandes (2010), Borges (2012) e Galdino (2015), mas ainda não feito para a cultura da teca.

Ainda, segundo Borges (2012), tal método leva a que se possa determinar o grau de limitação da produtividade em função da condição de cada nutriente, isolando os efeitos de fatores não nutricionais. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é apresentado um esquema ilustrativo que mostra a linha de fronteira superior aplicada à uma nuvem de pontos do relacionamento de uma variável Y (assumida como dependente) em função de uma variável X (assumida como independente).

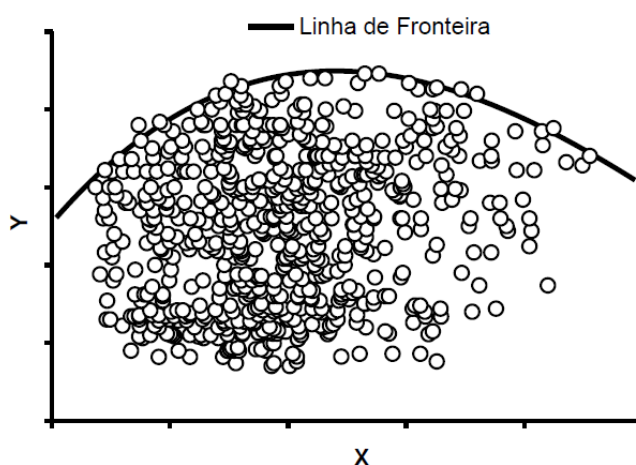


Figura 1 - Representação da linha de fronteira da relação entre duas variáveis Y em função de X.

Os objetivos deste trabalho foram:

Propor faixas de suficiência quanto ao grau de balanço e equilíbrio nutricional para a cultura da teca no Mato Grosso, com base na técnica da linha de fronteira;

Diagnosticar o estado nutricional de plantios de teca no Mato Grosso com base nas faixas de suficiência obtidas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Localização da Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido tendo como base de dados diferentes sítios de produção no estado do Mato Grosso, situados entre as coordenadas 10° a 16° de Latitude Sul, e de 52° a 59° de Longitude Oeste, em plantios de 1 a 10 anos de idade. Na Figura 2 estão assinalados o número de talhões integrantes do banco de dados por municípios onde estão situados.

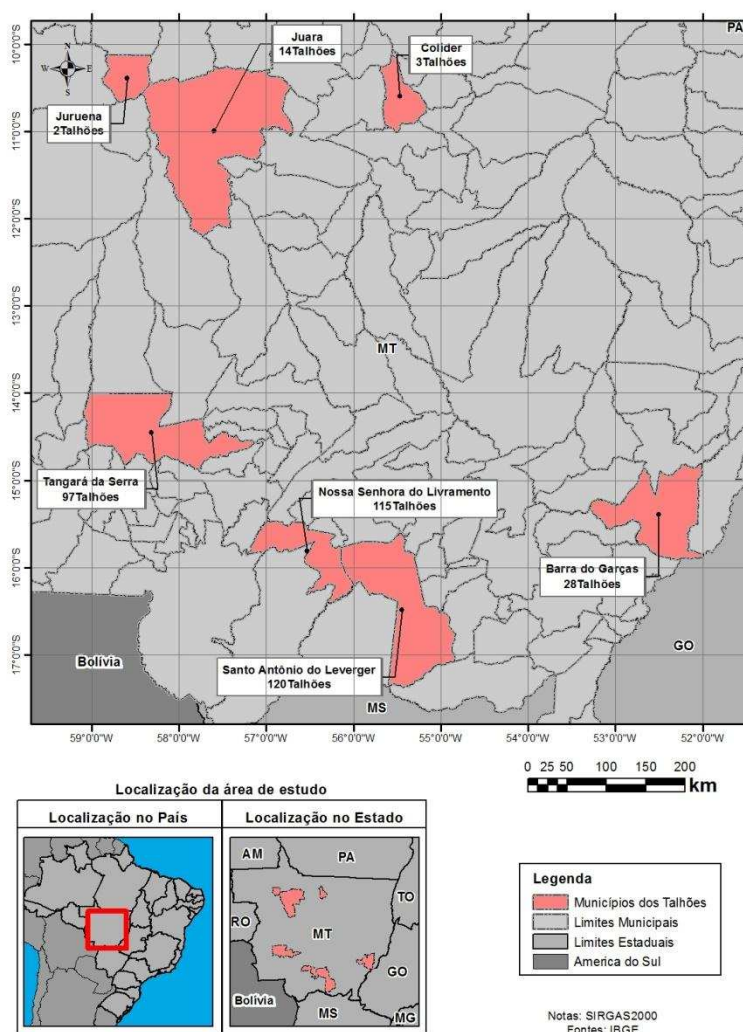


Figura 2 - Mapa de localização dos municípios onde estão situados os povoamentos que compõem o banco de dados utilizado no estudo.

3.2 - Condições Edafoclimáticas da Área de Abrangência do Estudo

Em estudo de dados de 13 estações meteorológicas convencionais (EMC's), da rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) realizado por Souza et. al. (2013) para a classificação climática e do balanço hídrico climatológico no estado do Mato Grosso verificou-se que segundo Köppen há dois tipos climáticos para a região: o Cwa, - temperado quente (mesotérmico), com chuvas de verão, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22° C e o AW – clima tropical (megatérmico) sendo a temperatura média do mês mais frio maior que 18°C, com estação invernososa ausente e ocorrência de chuvas de verão. Ainda segundo o mesmo estudo, pela classificação de Thornthwaite ocorrem maiores variabilidades de tipos climáticos, contudo, predomina as características de clima megatérmico, observando-se também a influência da latitude e da altitude nos padrões climáticos do Mato Grosso. Os dados do estudo permitiram ainda verificar que as temperaturas médias anuais são de 23,00 e 26,84 °C para os municípios de Cuiabá e São Vicente, respectivamente. As precipitações totais anuais variam de aproximadamente 1200 a 2000 mm para as estações avaliadas, com maiores níveis nas regiões norte e médio norte do estado e nas regiões com altitudes próximas a 800m.

As classes de solo predominantes nos talhões que compõem a base de dados utilizada neste trabalho são Argissolo VermelhoAmarelo - PVA (52 %), Neossolo Vermelho - NV (27 %), Argissolo Vermelho – PV (14 %) e Latossolo Vermelho – LV (6 %).

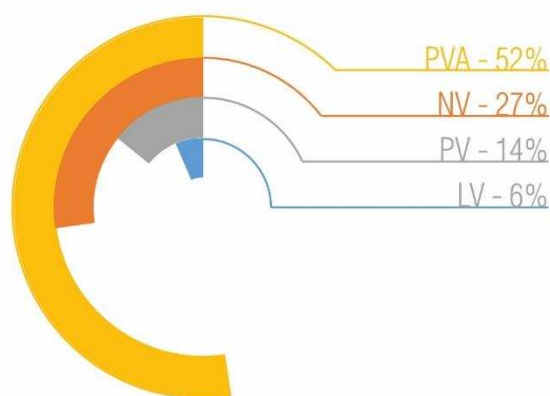


Figura 3–Distribuição dos talhões componentes da base de dados por classe de solos.

Ainda relacionado às condições edáficas dos talhões, observa-se pela Figura 4 que 34% são

de textura franco arenosa, 30% muito argilosa, 26% franco argilo arenosa e 10% argilo arenosa.



Figura 4–Distribuição dos talhões componentes do banco de dados por classes texturais.

2.2 - Caracterização do Banco de Dados

O banco de dados utilizado neste trabalho contém informações de produtividade (circunferência à altura do peito) e teores foliares de nutrientes obtidas em 379 povoamentos comerciais de teca situados no Mato Grosso. Tais povoamentos possuem idade avaliada em 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 anos. Para cada povoamento foram estabelecidas parcelas de amostragem de 15 árvores. Do total de povoamentos, 76 compuseram a população de referência.

A amostragem de folhas foi feita nas 15 árvores de cada parcela, no terço médio da copa, terço médio dos ramos, de modo a se obter uma amostra composta por parcela. As folhas foram enviadas ao laboratório, submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 70-75°C, até atingir peso constante. Após pesadas e moídas, as amostras foliares foram mineralizadas pela mistura dos ácidos nítrico e perclórico, analisando-se, nos extratos, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn. O P foi determinado por colorimetria pela redução do complexo fosfomolibdico pela vitamina C (BRAGA & DEFFELIPO, 1974). O K foi dosado por fotometria de emissão em chama. O S por turbidimetria e o Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn por espectrofotometria de absorção atômica (TEDESCO et al., 1995). Já o N foi extraído por digestão sulfúrica, destilação com hidróxido de sódio, recebimento do destilado com ácido bórico e titulação com hidróxido de sódio 0,02 mol L⁻¹ (BREMNER, 1996). O B foi

determinado, colorimetricamente, após calcinação do material vegetal.

2.3- Processamento e Análise dos Dados

A seleção dos talhões integrantes da população de referência, todos seminais, foi efetuada segundo a aplicação em sequência de dois critérios.

No primeiro critério, foi ajustada uma equação para o CAP em função da idade. A seguir, comparou-se o CAP de cada povoamento integrante do banco de dados com o valor estimado para a idade do povoamento, sendo selecionados todos os povoamentos que apresentaram um CAP observado maior do que o CAP estimado para a respectiva idade do povoamento

Para os povoamentos assim selecionados, foi aplicado o segundo critério, sendo então considerada a variabilidade de CAP, expressa pelo CV do CAP, dentro de cada parcela amostral e para cada idade, sendo selecionados para integrar a população de referência todos os povoamentos que apresentaram um CV de CAP menor do que o CV médio da respectiva idade.

Portanto, considerando a aplicação dos critérios 1 e 2, os povoamentos selecionados para integrarem a população de referência foram aqueles mais produtivos do que a média em cada idade e com variabilidade dentro da parcela de amostragem menor do que a média para esta situação.

Considerando que povoamentos de teca na idade de 1 ano ainda não apresentam o caráter caducifólio, caráter este que se estabelece em idades maiores, decidiu-se por estratificar a população geradora das normas em dois grupos: a de talhões de 1 ano de idade (16 talhões) e a de talhões com idade superior a 1 ano de idade (60 talhões); a seguir, foram calculados, para cada um desses dois grupos, a média e o desvio-padrão dos teores e das relações duais entre os nutrientes, ou seja, das normas nutricionais para uso nos métodos Kenworthy e DRIS, respectivamente, sendo esses parâmetros comparados entre os grupos pelo teste T, para as médias, e pelo teste F para as variâncias.

Foram assim determinados 2 conjuntos de normas para os métodos Kenworthy e 2 conjuntos para o DRIS, considerando as normas para talhões de 1 ano de idade e as normas para os talhões de idades superiores a 1 ano de idade.

Com base nas normas para uso no método Kenworthy foram calculados os valores dos índices balanceados, o que foi feito conforme as equações 1 a 3:

$$P = 100 Y_i / y_{\bar{}} \text{ (Equação 1)}$$

$$I = CV (Y_i - y_{\bar{}}) / y_{\bar{}} \text{ (Equação 2)}$$

$$IBKW = P - I \text{ (Equação 3)}$$

Em que:

P = proporção (%) entre o teor do nutriente na amostra (Y_i) e o teor padrão ($y_{\bar{}}$);

I = influência da variação (%);

CV = coeficiente de variação (%) do teor do nutriente na população de referência;

Já, com base nas normas DRIS, os índices DRIS para os nutrientes na folha foram obtidos conforme as equações 4 e 5 (ALVAREZ V. & LEITE, 1999):

$$z(A/B) = [(A/B) - (a/b)] / s \text{ (Equação 4)}$$

Em que:

A/B = relação dual entre os teores dos nutrientes A e B no povoamento sob diagnose;

a/b = média das relações duais entre os teores dos nutrientes A e B na população de referência;

s = desvio-padrão das relações duais dos nutrientes A e B na população de referência.

$z(A/B)$ = afastamento estudentizado entre o valor da relação dual dos nutrientes

A e B no povoamento sob diagnose (A/B) e a média do valor da relação dual entre os nutrientes A e B da população de referência (a/b), expresso em unidades de desvio padrão.

Então, o cálculo do índice DRIS de cada nutriente foi feito pela média aritmética dos afastamentos estudentizados das relações entre os nutrientes A e B, na sua forma direta (A/B) e inversa (B/A), segundo Alvarez V. & Leite (1999), expresso na equação 5:

$$IA = [z(A/B) - z(B/A) + z(A/C) - z(C/A) + \dots + z(A/N) - z(N/A)] / n \text{ (Equação 5)}$$

Em que:

IA = índice DRIS do nutriente;

z = média dos afastamentos estudentizados ($z(A/B)$ e $z(B/A)$), sendo estas as funções DRIS nas formas diretas e inversas, respectivamente;

n = número de afastamentos estudentizados considerados.

Obtidos os índices KW e DRIS, a seguir, gráficos de dispersão foram confeccionados relacionando o CR, no eixo vertical, em função do índice que expressa o grau de balanço do nutriente (Kenworthy) e do índice que expressa o grau de equilíbrio entre os nutrientes (IDRIS), no eixo horizontal. Com o auxílio do software Boundary Fit, foi estabelecida, em cada um dos gráficos obtidos, a linha de fronteira superior (LFS) de cada relacionamento (no caso, a LFS expressa o efeito isolado de cada nutriente sobre a produtividade).

Na sequência, com o auxílio do aplicativo “Curve Expert 1.4” foram ajustadas equações de regressão relacionando os pares de pontos (CR em função do IBKW e CR em função de IDRIS), nas populações de fronteira, selecionando-se a equação que melhor se ajustava aos dados, considerando o significado biológico da equação e o R^2 . A obtenção destes modelos possibilitou a criação da Curva de Resposta Potencial à Nutrição (CRPN) para cada nutriente.

Com base nas CRPN, foram obtidas as faixas de suficiência respectivas: $Cr < 70\%$ (Deficiente), CR de 70% a 90% (Tendência a Suficiente), CR de 90% a 100% (Suficiente), CR de 100% a 90%, à direita (Alta), CR de 90% a 70%, à direita (Tendência a Excessivo) e $CR \leq 70\%$ à direita (Excessivo), para a avaliação do estado nutricional, quanto ao grau de balanço e de equilíbrio, para a cultura da teca.

Também, para os sítios não integrantes da LFS, e com base nessas faixas de suficiência, foi realizado o diagnóstico do estado nutricional, quanto ao grau de balanço e equilíbrio, de modo a contribuir para o aprimoramento do manejo da fertilização da cultura na região.

Com base nesse diagnóstico, as classes deficiente e tendência a suficiente foram agrupadas, e a classe resultante dessa junção foi denominada de limitante por falta ($CR < 90\%$), o mesmo foi feito para as classes tendência a excesso e excessiva, sendo a classe assim resultante denominada de limitante por excesso ($CR \leq 90\%$ a direita). Posteriormente, foram

calculadas as frequências de talhões nas classes limitantes por falta, suficiente, alto e limitante por excesso, em relação a cada nutriente analisado, avaliando o grau de balanço (KW) e o grau de equilíbrio (DRIS) isoladamente, e a frequência de talhões nessas mesmas classes utilizando os métodos Kenworthy e DRIS de forma conjunta para diagnosticar assim os talhões balanceados e equilibrados concomitantemente .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Normas KW e DRIS para plantios de teca no Mato Grosso

Foram obtidas as normas KW (tabela 2) e DRIS (tabela 3) para povoamentos com 1 ano de idade e a para povoamentos com idade superior a 1 ano.

3.1.1 - Normas de teores, para uso no método Kenworthy

Exceto para N, as normas KW, que consistem da média e da variabilidade do teor de cada nutriente, diferem ($p < 0,05$) entre as classes de idade dos povoamentos (1 ano versus > 1 ano), seja quanto à média (para P, K, Mg e S), seja quanto à variância (Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B), indicando que a estratificação feita com base na idade atrelada ao caráter caducifólio, como comentado no Material e Métodos (item 2.4) foi adequada.

Analisando a magnitude das normas, com base no valor numérico das mesmas, vê-se que, para macronutrientes, N é o de maior teor e S o de menor teor, conforme a sequência: $N > K > Ca > Mg > P > S$ e para micronutrientes: $Mn > Fe > Zn > B$.

O CV de cada norma indica a precisão da norma: um menor valor de CV indica maior precisão e vice-versa. Assim, verifica-se, numa avaliação conjunta, que as normas dos macronutrientes são mais precisas do que as normas dos micronutrientes. O nutriente cuja norma é a mais precisa é o N enquanto que o Mn é o nutriente cuja norma é a menos precisa, para talhões de 1 ano de idade. O N continua a ser o nutriente cuja norma é a mais precisa nos povoamentos com idade superior a 1 ano, mas nestes o Fe ocupa o lugar do Mn, tendo a norma menos precisa. Para a idade de um ano a sequência decrescente quanto à precisão da norma é: $N > K > P > B > Cu > S > Fe > Zn > Ca > Mg > Mn$. Já para as idades superiores a um ano tal sequência é: $N > P > K > S > Cu > B > Ca > Zn > Mg > Mn > Fe$.

A sensibilidade e a acurácia dos diagnósticos são maiores para normas mais precisas. Nessa linha, Rocha (2008) verificou para o método Kenworthy, e principalmente para detectar situações de deficiência, menor sensibilidade quanto aos diagnósticos para nutrientes cujas normas tem $CV > 30\%$, situação verificada neste trabalho para Ca, Mg, Zn, Cu, B, Fe e Mn.

Tabela 1 - Normas de teores de nutrientes na folha, para uso no método Kenworthy (KW), obtidas em povoamentos de teca no Mato Grosso

Povoamentos com 1 ano (n = 16)												
Parâmetro	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B	
			g.kg⁻¹					mg.kg⁻¹				
Média	18,2	1,9	15,0	12,0	1,3	0,8	11,71	51,38	27,53	132,73	13,11	
Desvio padrão	1,7	0,2	1,8	4,4	0,6	0,2	1,90	11,58	8,56	146,16	2,06	
CV (%)	9,3	13,1	12,0	36,8	44,2	21,9	16,2	22,5	31,1	110,1	15,7	
Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)												
Parâmetro	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B	
			g.kg⁻¹					mg.kg⁻¹				
Média	18,2	1,6	8,4	21,7	2,4	0,9	10,66	161,35	29,68	61,72	19,87	
Desvio padrão	2,3	0,3	1,8	9,9	1,1	0,2	3,30	119,38	13,95	34,03	7,45	
CV (%)	12,4	19,3	21,6	46,0	47,2	26,0	30,9	73,9	46,9	55,1	37,5	
1 ano vs > 1 ano (média)	ns	*	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	
1 ano vs > 1 ano (variância)	ns	Ns	ns	*	*	ns	*	*	*	*	*	

3.1.2 – Normas de relações duais entre teores, para uso no método DRIS

As normas das relações duais entre teores foliares de nutrientes constam da Tabela 2. Considerando todas as 110 relações duais, observou-se que: para 79 delas, ou seja, em 71,8%, as normas diferem quanto à média; para 69 relações duais diferem quanto à variância, ou seja 62,7%, e para 45 relações duais as normas diferem quanto à média e à variância. As diferenças quanto à média são resultantes de diferenças na magnitude dos teores de nutrientes envolvidos em cada relação dual. Já as diferenças quanto à variabilidade indicam sobre o grau de precisão de cada norma. Assim, as normas de relações duais mais precisas são aquelas que relacionam dois nutrientes com baixo CV quanto às normas de teores, a exemplo de N/P e

P/K para talhões de um ano de idade, e as menos precisas são as que relacionam dois nutrientes com alto CV, a exemplo de Fe/Ca e Zn/Ca (Tabela 2).

Tendo em conta trabalhos com eucalipto que concluem que além de variarem com o sítio florestal, as normas DRIS variam com o material genético (WADT, 1996; ROCHA, 2008), com a estação climática (seca ou chuvosa) em que são feitos os plantios, com a amostragem de folhas e com o manejo dos recursos água e nutrientes (SILVA, 2006) é possível compreender a variabilidade das relações duais encontrada para a cultura da teca neste trabalho. Assim, em nível de refinamento, pode ser interessante se proceder à estratificação da população, visando a obtenção de normas mais precisas, conforme critérios adicionais, além da idade, tais como tipo de solo, material genético, época de plantio e de amostragem, dentre outros.

Tabela 2 – Normas de relações duais entre teores de nutrientes na folha, para uso no Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), obtidas em talhões de teca de 1 ano de idade e de mais de um ano no Mato Grosso

Relação dual	Povoamentos de 1 ano (n = 16)			Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)			Testes de média e variância	
	Média	Desvio	CV(%)	Média	Desvio	CV(%)	1 ano vs > 1 ano (média)	1 ano vs > 1 ano (variância)
N/P	9,76	1,80	18,43	11,42	2,57	22,53	*	*
N/K	1,23	0,18	14,53	2,27	0,62	27,26	*	*
N/Ca	1,77	0,81	45,68	0,99	0,46	45,91	*	*
N/Mg	15,90	5,75	36,20	9,92	7,82	78,81	ns	Ns
N/S	22,57	5,69	25,22	21,68	4,97	22,92	ns	Ns
N/Cu	1,60	0,33	20,66	1,90	0,71	37,32	*	*
N/Fe	0,37	0,11	28,16	0,16	0,08	52,27	*	Ns
N/Zn	0,74	0,29	39,17	0,71	0,26	36,44	*	Ns
N/Mn	0,25	0,12	48,70	0,37	0,16	44,37	*	Ns
N/B	1,43	0,27	18,68	1,04	0,39	37,40	*	Ns

Relação dual	Povoamentos de 1 ano (n = 16)			Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)			Testes de média e variância	
	Média	Desvio	CV(%)	Média	Desvio	CV(%)	1 ano vs > 1 ano (média)	1 ano vs > 1 ano (variância)
P/N	0,11	0,02	16,41	0,09	0,02	20,55	*	Ns
P/K	0,13	0,01	11,52	0,21	0,08	37,09	*	*
P/Ca	0,18	0,08	44,44	0,09	0,03	38,41	*	*
P/Mg	1,71	0,77	44,76	0,89	0,68	76,39	*	Ns
P/S	2,31	0,40	17,23	1,96	0,57	29,09	*	Ns
P/Cu	0,17	0,03	17,91	0,17	0,08	46,59	*	*
P/Fe	0,04	0,01	18,49	0,01	0,01	62,07	*	Ns
P/Zn	0,07	0,02	26,08	0,06	0,03	40,19	*	Ns
P/Mn	0,03	0,01	50,58	0,03	0,02	53,45	*	Ns
P/B	0,15	0,03	22,44	0,09	0,04	41,43	*	Ns
K/N	0,83	0,12	14,90	0,47	0,10	22,47	*	Ns

Relação dual	Povoamentos de 1 ano (n = 16)			Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)			Testes de média e variância	
	Média	Desvio	CV(%)	Média	Desvio	CV(%)	1 ano vs > 1 ano (média)	1 ano vs > 1 ano (variância)
K/P	7,93	0,92	11,64	5,27	1,35	25,55	*	Ns
K/Ca	1,47	0,77	52,11	0,46	0,21	45,65	*	*
K/Mg	13,20	5,06	38,29	4,60	3,27	71,18	*	*
K/S	18,22	3,20	17,58	10,04	2,90	28,92	*	Ns
K/Cu	1,31	0,23	17,82	0,86	0,29	33,86	*	Ns
K/Fe	0,31	0,07	24,07	0,07	0,04	56,04	*	*
K/Zn	0,60	0,20	33,24	0,33	0,13	41,02	*	*
K/Mn	0,20	0,10	50,85	0,18	0,10	55,73	*	Ns
K/B	1,17	0,24	20,47	0,48	0,19	40,04	*	Ns
Ca/N	0,66	0,25	37,29	1,19	0,53	44,75	*	*
Ca/P	6,33	2,29	36,18	13,35	6,48	48,56	ns	*

Relação dual	Povoamentos de 1 ano (n = 16)			Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)			Testes de média e variância	
	Média	Desvio	CV(%)	Média	Desvio	CV(%)	1 ano vs > 1 ano (média)	1 ano vs > 1 ano (variância)
Ca/K	0,82	0,31	38,04	2,71	1,49	54,91	*	*
Ca/Mg	11,59	7,04	60,70	11,93	11,48	96,28	ns	*
Ca/S	14,48	4,94	34,10	25,61	12,20	47,64	ns	*
Ca/Cu	1,08	0,48	44,21	2,19	1,11	50,77	*	*
Ca/Fe	0,24	0,07	31,41	0,18	0,10	54,26	*	Ns
Ca/Zn	0,46	0,18	38,83	0,81	0,38	46,61	*	*
Ca/Mn	0,17	0,10	59,21	0,47	0,33	69,97	*	*
Ca/B	0,95	0,40	41,85	1,17	0,55	47,19	*	*
Mg/N	0,07	0,03	45,78	0,13	0,06	47,65	*	*
Mg/P	0,73	0,40	53,98	1,49	0,78	52,58	*	*
Mg/K	0,09	0,05	53,93	0,30	0,19	60,83	*	*

Relação dual	Povoamentos de 1 ano (n = 16)			Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)			Testes de média e variância	
	Média	Desvio	CV(%)	Média	Desvio	CV(%)	1 ano vs > 1 ano (média)	1 ano vs > 1 ano (variância)
Mg/Ca	0,15	0,11	75,57	0,14	0,11	81,97	*	Ns
Mg/S	1,75	1,20	68,54	2,84	1,49	52,26	*	Ns
Mg/Cu	0,12	0,05	43,06	0,26	0,18	68,93	*	*
Mg/Fe	0,03	0,02	71,86	0,02	0,02	79,15	*	Ns
Mg/Zn	0,06	0,04	71,25	0,09	0,06	62,61	*	Ns
Mg/Mn	0,02	0,01	68,18	0,05	0,03	69,52	*	*
Mg/B	0,10	0,04	41,45	0,14	0,10	73,96	*	*
S/N	0,05	0,01	23,45	0,05	0,01	26,99	*	Ns
S/P	0,44	0,07	15,92	0,55	0,17	31,70	*	*
S/K	0,06	0,01	15,81	0,11	0,04	38,66	*	*
S/Ca	0,08	0,04	53,98	0,05	0,03	51,76	*	*

Relação dual	Povoamentos de 1 ano (n = 16)			Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)			Testes de média e variância	
	Média	Desvio	CV(%)	Média	Desvio	CV(%)	1 ano vs > 1 ano (média)	1 ano vs > 1 ano (variância)
S/Mg	0,77	0,34	44,47	0,48	0,33	70,32	*	Ns
S/Cu	0,07	0,02	22,63	0,09	0,05	50,22	*	*
S/Fe	0,02	0,00	18,34	0,01	0,00	63,16	*	*
S/Zn	0,03	0,01	30,00	0,03	0,02	47,98	*	*
S/Mn	0,01	0,01	54,05	0,02	0,01	55,38	*	*
S/B	0,07	0,02	26,59	0,05	0,02	45,42	*	Ns
Cu/N	0,65	0,14	21,11	0,59	0,19	32,61	*	*
Cu/P	6,21	1,09	17,59	6,67	2,21	33,17	ns	*
Cu/K	0,79	0,15	19,13	1,30	0,43	33,09	*	*
Cu/Ca	1,17	0,63	53,95	0,58	0,35	59,95	*	*
Cu/Mg	10,19	4,16	40,85	5,83	4,27	73,22	ns	Ns

Relação dual	Povoamentos de 1 ano (n = 16)			Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)			Testes de média e variância	
	Média	Desvio	CV(%)	Média	Desvio	CV(%)	1 ano vs > 1 ano (média)	1 ano vs > 1 ano (variância)
Cu/S	14,45	4,40	30,42	12,75	4,58	35,91	ns	Ns
Cu/Fe	0,24	0,07	30,23	0,09	0,04	50,06	*	*
Cu/Zn	0,46	0,14	30,55	0,40	0,14	35,87	*	*
Cu/Mn	0,15	0,08	49,00	0,22	0,14	62,01	*	*
Cu/B	0,91	0,22	24,05	0,59	0,22	38,11	*	Ns
Fe/N	2,83	0,63	22,16	9,01	6,83	75,83	ns	*
Fe/P	26,93	5,29	19,63	103,48	81,63	78,88	ns	*
Fe/K	3,44	0,78	22,60	20,46	16,83	82,25	ns	*
Fe/Ca	4,81	2,17	45,07	9,13	10,28	112,56	ns	*
Fe/Mg	46,86	22,44	47,88	85,71	72,33	84,38	ns	*
Fe/S	61,79	15,57	25,20	192,60	147,90	76,79	ns	*

Relação dual	Povoamentos de 1 ano (n = 16)			Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)			Testes de média e variância	
	Média	Desvio	CV(%)	Média	Desvio	CV(%)	1 ano vs > 1 ano (média)	1 ano vs > 1 ano (variância)
Fe/Cu	4,50	1,31	29,05	15,58	10,43	66,93	*	*
Fe/Zn	1,98	0,59	29,65	5,83	3,94	67,52	*	*
Fe/Mn	0,67	0,35	51,17	3,19	2,31	72,65	*	*
Fe/B	4,04	1,26	31,23	9,48	9,11	96,04	ns	*
Zn/N	1,53	0,55	35,59	1,64	0,73	44,70	Ns	Ns
Zn/P	14,36	3,88	27,00	18,67	9,60	51,39	Ns	*
Zn/K	1,85	0,62	33,54	3,66	1,77	48,31	*	*
Zn/Ca	2,58	1,26	48,75	1,67	1,73	103,74	*	Ns
Zn/Mg	25,64	15,53	60,55	15,95	14,11	88,44	Ns	ns
Zn/S	33,27	11,34	34,08	35,96	21,79	60,60	Ns	*
Zn/Cu	2,36	0,65	27,46	2,91	1,21	41,45	*	*

Relação dual	Povoamentos de 1 ano (n = 16)			Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)			Testes de média e variância	
	Média	Desvio	CV(%)	Média	Desvio	CV(%)	1 ano vs > 1 ano (média)	1 ano vs > 1 ano (variância)
Zn/Fe	0,54	0,15	27,76	0,25	0,22	88,82	*	Ns
Zn/Mn	0,37	0,21	57,86	0,61	0,41	67,00	*	*
Zn/B	2,16	0,81	37,32	1,66	0,85	51,47	*	Ns
Mn/N	7,33	8,37	114,14	3,36	1,71	50,96	ns	*
Mn/P	70,97	78,36	110,41	39,67	26,08	65,76	ns	*
Mn/K	8,60	8,87	103,10	7,60	4,23	55,68	ns	*
Mn/Ca	15,77	25,06	158,96	3,57	2,90	81,12	ns	*
Mn/Mg	103,06	94,19	91,39	34,24	31,83	92,94	ns	*
Mn/S	150,13	146,26	97,42	74,99	45,91	61,22	ns	*
Mn/Cu	11,10	11,56	104,11	6,40	4,53	70,69	ns	*
Mn/Fe	2,55	2,60	102,03	0,52	0,39	74,85	*	*

Relação dual	Povoamentos de 1 ano (n = 16)			Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)			Testes de média e variância	
	Média	Desvio	CV(%)	Média	Desvio	CV(%)	1 ano vs > 1 ano (média)	1 ano vs > 1 ano (variância)
Mn/Zn	5,07	5,23	103,16	2,36	1,51	63,85	*	*
Mn/B	10,03	10,56	105,33	3,63	2,50	68,90	ns	*
B/N	0,73	0,15	21,28	1,10	0,40	36,03	*	*
B/P	7,04	1,65	23,43	12,31	4,43	35,96	*	*
B/K	0,89	0,19	20,98	2,47	1,10	44,60	*	*
B/Ca	1,29	0,63	48,57	1,04	0,56	53,98	*	ns
B/Mg	11,27	4,02	35,67	11,19	10,95	97,86	ns	*
B/S	16,23	4,64	28,62	23,44	9,17	39,11	ns	*
B/Cu	1,15	0,24	21,21	1,98	0,81	40,91	*	*
B/Fe	0,27	0,09	34,33	0,17	0,11	63,51	*	ns
B/Zn	0,53	0,23	42,89	0,76	0,38	49,92	*	*

Relação dual	Povoamentos de 1 ano (n = 16)			Povoamentos com idade > 1 ano (n = 60)			Testes de média e variância	
	Média	Desvio	CV(%)	Média	Desvio	CV(%)	1 ano vs > 1 ano (média)	1 ano vs > 1 ano (variância)
B/Mn	0,17	0,09	48,66	0,43	0,30	70,57	*	*

Neste trabalho, e considerando uma população de alta produtividade bem ampla, ou seja, aquela obtida pelo conjunto dos dois grupos de idades, a média dos CV das relações duais envolvendo todos os 11 nutrientes foi maior (48,67 %) do que a média dos CV dos teores desses nutrientes (34,09 %). Para os macronutrientes as maiores variabilidades das as relações duais entre teores foram verificadas para as relações envolvendo o Ca (49,14 %) e o Mg (62,15 %), variabilidade também superior as verificadas para a média dos CV dos teores desses dois nutrientes, Ca (41,40 %) e Mg (45,70 %).

3.2 – Curvas de Resposta Potencial à Nutrição

Na obtenção de valores de referência com maior significado biológico para uso na avaliação do estado nutricional de plantios de teca quanto ao balanço e ao equilíbrio, a ideia foi a de se obter valores que permitam obter, a partir dos valores dos índices KW e DRIS, expectativas do quanto se está próximo ou distante da produtividade que se pode obter. Para tanto, e fazendo uso das normas constantes das Tabela 1 Tabela 2, foram obtidos os índices KW e DRIS para todos os povoamentos integrantes do banco de dados, procedendo-se, a seguir, ao relacionamento desses índices com o crescimento relativo dos povoamentos, conforme descrito nos itens 3.2.1 e 3.2.2, a seguir.

3.2.1 - Para o método Kenworthy

Visando exemplificar a obtenção das faixas de suficiência nutricional com base nos índices KW, conforme a abordagem da linha de fronteira, apresenta-se, na Figura 5, o relacionamento obtido para a população da região de fronteira entre a produtividade (expressa em termos de crescimento relativo ajustado) de povoamentos de teca e os valores dos Índices Balanceados de Kenworthy para N (IBKW_N), ou seja, a curva de resposta potencial a N.

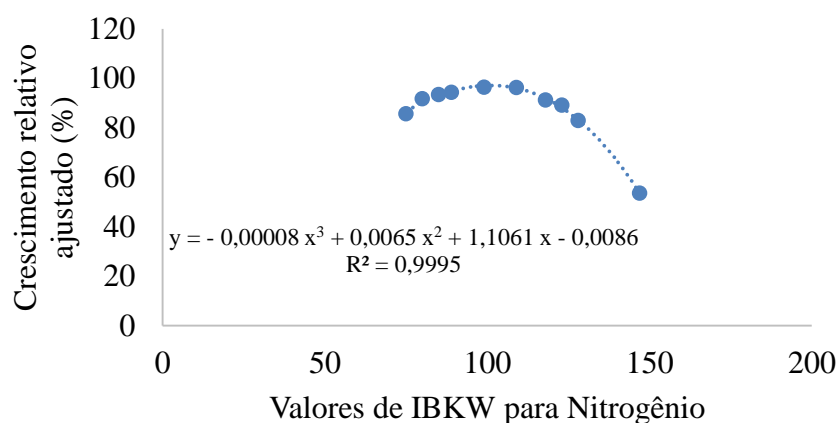


Figura 5 – Relacionamento obtido para a população da linha de fronteira entre a produtividade (expressa em termos de crescimento relativo ajustado, y) de plantios de teca e os valores dos Índices Balanceados de Kenworthy para N (IBKW_N em %, x).

Observa-se (Figura 5) que o relacionamento entre a produtividade dos talhões da região de fronteira e os valores de IBKW_N é bastante simétrica. A falta do nutriente, no caso de N, é praticamente tão importante quanto o excesso na definição da produtividade.

Um relacionamento diferente pode ser observado para o Ca (Figura 6), sendo possível perceber que a falta de Ca acarreta diminuições mais acentuadas na produtividade do que seu excesso desse nutriente.

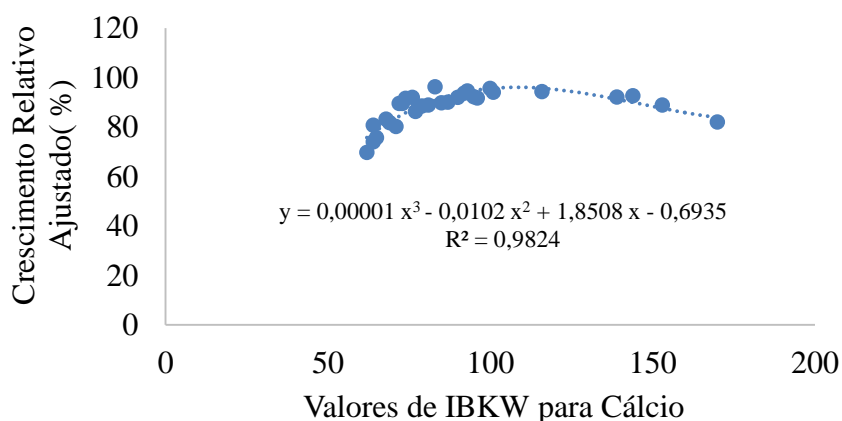


Figura 6 – Relacionamento obtido para a população da linha de fronteira entre a produtividade (expressa em termos de crescimento relativo ajustado) de plantios de teca e os valores dos Índices Balanceados de Kenworthy para Ca (IBKW_Ca).

Na Tabela 3 podem ser verificados os modelos ajustados, com seus coeficientes, para crescimento relativo em função dos índices KW.

Tabela 3 – Modelos ajustados para o crescimento relativo de povoamentos de teca no Mato Grosso em função do índice balanceado de Kenworthy, com base na técnica da linha de fronteira

Nutriente	Modelo	Coeficientes				R ²
		A	B	C	D	
N	$\hat{y}=a+bx+cx^2+dx^3$	-0,0086	1,1061	0,0065	-0,00008	0,9995
P	$\hat{y}=a+bx+cx^2$	-0,2665	1,8145	-0,0086		0,9873
K	$\hat{y}=a+bx+cx^2$	5,6539	1,7125	-0,0083		0,9850
Ca	$\hat{y}=a+bx+cx^2+dx^3$	-0,6935	1,8508	-0,0102	0,00001	0,9824
Mg	$\hat{y}=a+bx+cx^2+dx^3$	-0,55514	1,667559	-0,00812	0,000007	0,9965
S	$\hat{y}=a+bx+cx^2+dx^3$	0,0313	1,3733	-0,0026	-0,00001	0,9847
B	$\hat{y}=a+bx+cx^2+dx^3$	0,4611	1,9129	-0,0111	0,00001	0,9965
Zn	$\hat{y}=a+bx+cx^2$	0,7414	1,8547	-0,0089		0,9922
Cu	$\hat{y}=(a+bx)/(1+cx+dx^2)$	-0,1684	2,1496	-0,0011	0,00014	0,9870
Mn	$\hat{y}=a+bx+cx^2$	-1,948	1,7278	-0,0075		0,9758
Fe	$\hat{y}=a+b*\cos(cx+d)$	34,19847	61,38977	0,02114	-2,16205	0,9974

*Y corresponde ao crescimento relativo ajustado e X ao valor do índice KW para cada nutriente.

Considerando seis faixas de valores de crescimento relativo foram obtidos, para todos os nutrientes, as faixas de suficiência mostradas na Tabela 4.

O que se observa para todos os nutrientes é que a amplitude de valores de IBKW correspondentes à faixa Normal (Suficiente + Alta) foi ampliada em relação à faixa de 83% a 117% proposta por Kenworthy, e, também, que tal ampliação não é simétrica, exceto para N. Em geral, o limite superior da faixa normal elevou-se mais do que o limite inferior decresceu. Os nutrientes que mais se distanciam do limite inferior da faixa normal proposto por Kenworthy (83%) são o K e o Cu e o que mais se aproxima é o Mg.

Tabela 4 – Faixas de suficiência para os índices balanceados de Kenworthy (%) em folhas de teca, no Mato Grosso, derivados do método da Linha de Fronteira, considerando o crescimento relativo

Nutriente	Deficiente	Tendência a suficiente	Suficiente	Alto	Tendência a excessivo	Excessivo
	< 70 % CR	70 % ≤ CR < 90%	90 % ≤ CR < 100%	100 % ≥ CR > 90%	90 % ≥ CR > 70%	≤ 70 % CR
N	<55,3	55,3 a 76,2	76,2 a 102,1	102 a 123,7	123,7 a 139,1	≥139,1
P	<47,6	47,6 a 71,9	71,9 a 106,3	106,3 a 138,2	138,2 a 162,5	≥162,5
K	<45,2	>45,2 a 69,9	69,9 a 104,5	104,5 a 137,6	137,6 a 162,4	≥162,4
Ca	<49,5	49,5 a 76,4	76,4 a 116,4	116,4 a 158,3	158,3 a 192,9	≥192,9
Mg	<53,4	53,4 a 81,8	81,8 a 123,8	123,8 a 164,9	164,9 a 197,7	≥197,7
S	<62,7	62,7 a 91,6	91,6 a 129,4	129,4 a 163,4	163,4 a 187,7	≥187,7
Cu	<34,8	34,8 a 53,0	53,0 a 84,4	84,4 a 132,1	132,1 a 201,0	≥201,0
Fe	<54,6	54,6 a 75,5	75,5 a 103,3	103,3 a 129,0	129,0 a 150,0	≥150,0
Zn	<46,8	46,8 a 70,9	70,9 a 105,2	105,2 a 137,0	137,0 a 161,1	≥161,1
Mn	<52,3	52,3 a 78,9	78,9 a 116,3	116,3a 150,9	150,9 a 177,2	≥177,2
B	<46,2	46,2 a 71,5	71,5 a 109,6	109,6 a 148,0	148,0 a 179,9	≥179,9

3.2.2 - Para o método DRIS

Os modelos ajustados, com seus respectivos coeficientes, para o relacionamento entre o crescimento relativo em função dos índices DRIS constam da Tabela 5.

Tabela 5 - Modelos ajustados para o crescimento relativo de povoamentos de teca no Mato Grosso em função do índice DRIS, com base na técnica da linha de fronteira

Nutriente	Modelo	Coeficientes				R ²
		A	B	C	D	
N	$\hat{y}=(a+bx)/(1+cx+dx^2)$	-0,19731	0,728386	-0,19232	0,009975	0,9944
P	$\hat{y}=(a+bx)/(1+cx+dx^2)$	-0,649	1,126023	-0,1844	0,009568	0,9824
K	$\hat{y}=a+bx+cx^2+dx^3$	-0,01376	-44,591	11,39199	-0,59891	0,9859
Ca	$\hat{y}=a+b*\cos(cx+d)$	2,5391	7,01284	0,434822	-4,34168	0,9845
Mg	$\hat{y}=(a+bx)/(1+cx+dx^2)$	-1,54847	1,385792	-0,18775	0,010063	0,9918
S	$\hat{y}=(a+bx)/(1+cx+dx^2)$	-1,01084	1,650843	-0,17776	0,0094	0,9915
B	$\hat{y}=a+bx+cx^2+dx^3$	0,006844	-45,3723	11,91633	-0,64195	0,9848
Zn	$\hat{y}=a+b*\cos(cx+d)$	46,96696	47,03262	0,311307	-3,19406	0,9963
Cu	$\hat{y}=a+bx+cx^2+dx^3$	-0,00299	-47,0816	12,5075	-0,68423	0,9756
Mn	$\hat{y}=(a+bx)/(1+cx+dx^2)$	-2,36349	1,699824	-0,18809	0,010355	0,9794
Fe	$\hat{y}=a+b*\cos(cx+d)$	33,72467	60,6578	0,39321	-4,12275	0,9858

*Y corresponde ao crescimento relativo ajustado e X ao valor do índice DRIS para cada nutriente.

Com base no relacionamento mediante equações de regressão da produtividade (crescimento relativo ajustado, em %) com os índices DRIS, com base na técnica da linha de fronteira, foram obtidos, para todos os nutrientes, as faixas de suficiência mostradas na Tabela 6.

O que se observa, pela Tabela 6, é que para todos os nutrientes a amplitude da faixa Normal (Suficiente + Alto) foi ampliada em relação aos valores propostos pelo método da faixa de

Beaufils para $2/3$ s (a faixa Normal por esse método varia de $-0,66$ a $+0,66$), e, também, não foi verificada simetria exceto para N e Ca, bastante simétricos. Não houve um padrão no alargamento das faixas, ora o alargamento foi maior na faixa inferior e ora na faixa superior. Os nutrientes que mais se distanciaram do limite inferior da faixa Normal proposta por Beaufils ($-0,66$) são o Ca, Mn, Zn e o Cu e os que mais se aproximam são o N e o P.

Tabela 6 – Faixas de suficiência para os índices DRIS em folhas de teca, no Mato Grosso, derivados do método da Linha de Fronteira, considerando o crescimento relativo

Nutriente	Deficiente	Tendência a suficiente	Suficiente	Alto	Tendência a excessivo	Excessivo
	< 70 % CR	70 % ≤ CR < 90%	90 % ≤ CR < 100%	100 % ≥ CR > 90%	90 % ≥ CR > 70%	≤ 70 % CR
N	< -1,6	-1,6 a -0,8	-0,8 a 0,1	0,1 a 1	1 a 2	≥ 2
P	< -1,8	-1,8 a -0,8	-0,8 a 0,2	0,2 a 1,5	1,5 a 2,8	≥ 2,8
K	< -2	-2 a -0,9	-0,9 a 0,2	0,2 a 1,4	1,4 a 2,1	≥ 2,1
Ca	< -2,2	-2,2 a -1,2	-1,2 a 0,01	0,01 a 1,2	1,2 a 2,2	≥ 2,2
Mg	< -2	-2 a -1,1	-1,1 a 0,2	0,2 a 1,3	1,3 a 2,8	≥ 2,8
S	< -2	-2 a -0,9	-0,9 a 0,4	0,4 a 1,9	1,9 a 3,6	≥ 3,6
B	< -2,17	-2,17 a -1,18	-1,18 a 0,06	0,06 a 1,11	1,11 a 1,86	≥ 1,86
Fe	< -2,08	-2,08 a -0,96	-0,96 a 0,55	0,55 a 1,93	1,93 a 3,05	≥ 3,05
Mn	< -2,22	-2,22 a -1,24	-1,24 a -0,03	-0,03 a 1,33	1,33 a 2,88	≥ 2,88
Zn	< -3,46	-3,46 a -1,8	-1,8 a 0,21	0,21 a 2,33	2,33 a 3,98	≥ 3,98
Cu	< -2,29	-2,29 a -1,32	-1,32 a -0,08	-0,08 a 0,92	0,92 a 1,66	≥ 1,66

3.3– Diagnóstico do estado nutricional de plantios de teca no Mato Grosso

3.3.1- Diagnóstico quanto ao balanço

A avaliação do estado nutricional quanto ao balanço dos talhões de teca no Mato Grosso indica que os mesmos têm no P o macronutriente mais frequentemente na faixa Suficiente, ou seja, em nível adequado (em 73,59% dos talhões), e o Mg como o macronutriente menos adequado (em 51,95% dos talhões), como mostrado na

Tabela 7, conforme a seguinte sequência decrescente para os macronutrientes: $P > Ca > S > N > K > Mg$.

Para os micronutrientes apenas para o Cu a frequência relativa dos talhões na faixa Suficiente foi inferior a 50%.

A faixa ou classe Suficiente é a ideal, uma vez que nela se tem a condição nutricional que permite, quanto à nutrição, a obtenção da máxima eficiência econômica. Já na classe Alto pode-se ter situações de consumo de luxo com perda de eficiência econômica da fertilização. Nessa linha de raciocínio, calculou-se o quociente entre a frequência de talhões na classe Alto e Suficiente, ou seja, o quociente Alto /Suficiente, que permite verificar que Cu (1,86), N (0,72) e K (0,62) são os nutrientes com o maior quociente. Como N, P e K são nutrientes geralmente fornecidos nas fertilizações dos plantios, pode-se sugerir que as fertilizações com N e K possam estar sendo feitas com doses acima das ideais, ou ainda que o “timing” das fertilizações deva ser melhor ajustado; já para o Cu, que normalmente não faz parte das fertilizações, pode-se sugerir que a disponibilidade natural dos solos da região esteja muito elevada, o que poderia indicar que as doses usadas de calcário na calagem devam ser reajustadas para cima visando se obter maior valor de pH do solo e, assim, se ter condição que leva ao decréscimo na disponibilidade de Cu no solo. De modo compatível com essa observação quanto a recomendação de se pensar na utilização de maiores doses de corretivos da acidez, cabe ressaltar que um número importante de povoamentos apresenta limitação por falta de Ca (22,5% dos talhões) e de Mg (23,8 % dos talhões), observação esta que também sugere que os calcários a utilizar devam ser dolomíticos, com maior teor de Mg.

Destaca-se, ainda, o nutriente S, como limitante por falta em 27,7% dos povoamentos, o que

permite sugerir que maior atenção deva ser dada ao fornecimento de S.

Tabela 7 – Frequência relativa (%) de talhões quanto ao balanço nutricional pelo método Kenworthy (KW), por nutriente, com base em 4 classes diagnósticas, obtidas em talhões de teca no Mato Grosso

Classes diagnósticas	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Limitante por falta	0,9	1,7	12,1	22,5	23,8	27,7	0,9	2,6	6,5	13,4	17,8
Suficiente	55,8	73,6	52,8	67,1	52,0	67,1	32,5	80,1	76,6	72,3	55,4
Alto	40,3	22,9	32,9	8,7	18,2	3,5	60,6	14,7	14,3	10,4	22,9
Limitante por excesso	3,0	1,7	2,2	1,7	6,1	1,7	6,1	2,6	2,6	3,9	3,9

3.3.2 –Diagnóstico quanto ao equilíbrio nutricional

A avaliação, pelo método DRIS, do estado nutricional dos plantios quanto ao equilíbrio, conforme, indica que os mesmos têm o S como o macronutriente mais frequentemente na classe Suficiente e o N é o macronutriente menos frequente na classe Suficiente, conforme a sequência decrescente Fe > Zn > S > Ca > P > K > B > Mg > Mn > Cu > N (Tabela 8).

Observa-se, também, na Tabela 8, que, quanto ao equilíbrio, nos talhões os nutrientes N, Cu, Mn e Mg encontram-se na classe Alto mais frequentemente do que na classe Suficiente. Nesse sentido, e com base no quociente Alto/Suficiente, vê-se que N (1,33), Cu (1,17), Mn (1,03) e Mg (0,88) são os nutrientes para os quais há maior proporção de talhões na classe Alto em relação à classe Suficiente. Assim, pode-se sugerir que as fertilizações que vêm sendo feitas com tais nutrientes estão fornecendo os mesmos em doses superiores às ideais, ou ainda que o “timing” das fertilizações deva ser melhor ajustado.

Tabela 8 – Frequência relativa (%) de talhões quanto ao equilíbrio nutricional pelo Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), por nutriente, com base em 4 classes diagnósticas, obtidas em talhões de teca no Mato Grosso

Classe Diagnóstica	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Limitante por falta	0,9	1,7	13,4	22,9	24,2	27,7	1,7	2,6	6,5	13,9	19,5
Suficiente	38,10	55,0	50,7	61,0	45,0	71,4	40,3	84,9	80,1	43,7	48,9
Alto	50,7	41,1	36,8	32,0	39,8	24,7	47,2	8,7	18,6	45,0	35,5
Limitante por excesso	1,7	3,5	9,1	3,9	3,5	2,2	4,3	5,2	0,9	4,8	9,1

3.3.3- Diagnóstico quanto ao balanço e equilíbrio nutricional conjuntamente avaliados

Na avaliação conjunta do grau de balanço e de equilíbrio, a zona ideal é a definida pela condição de estar na faixa suficiente para ambos. Dessa forma, vê-se na Tabela 9 que classe Suficiente, Fe e Zn são os dois nutrientes mais frequentes e que Mg e Cu são os dois menos frequentes, conforme a sequência: Fe > Zn > P > S > Ca > B > K > Mn > N > Cu > Mg.

Já na classe Alto, Cu, K e N, e o B são os mais frequentes e S o menos frequente. O quociente Alto/Suficiente indica Cu (1,66) e N (0,83) e permite concluir que N é o macronutriente com maior proporção de talhões na classe Alto em relação à classe Suficiente, e que o S e o Ca são os macronutrientes com as menores proporções.

Tabela 9 – Frequência relativa (%) de talhões quanto ao balanço pelo Kenworthy (KW) e equilíbrio pelo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), avaliados em conjunto, por nutriente, para 3 classes diagnósticas, em talhões de teca no Mato Grosso

Classe Diagnóstica	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Limitante por falta	0,4	1,7	6,9	3,9	2,6	2,2	0	1,7	0,4	4,3	8,2
Suficiente	30,7	50,7	40,3	42,9	24,2	46,8	25,5	76,6	71,9	35,5	41,1
Alto	25,5	18,6	26,0	7,8	12,6	3,5	42,4	7,4	12,1	8,7	20,8
Limitante por excesso	0	0,4	1,3	1,3	4,3	0,4	3,9	0	0	2,2	2,6
*Outros	43,3	28,6	25,5	44,2	56,3	47,2	28,1	14,3	15,6	49,4	27,3

*outros refere-se a % de talhões que não há coincidência entre o balanço e o equilíbrio.

3.4 - Estimativa das Perdas por Fatores Nutricionais e Não Nutricionais

Utilizando-se os modelos ajustados, conforme apresentado na Tabela 3 e na Tabela 5 é possível estimar o crescimento relativo para um determinado valor de IBKW e/ou de IDRIS. Ede posse dos valores de crescimento reais dos talhões é possível estimar os efeitos da nutrição e de fatores de natureza não nutricional sobre a produtividade, como exemplificado em dois casos distintos nas Tabela 10 e Tabela 11. No primeiro tem-se um povoamento em que todos os nutrientes, quanto ao balanço, situam-se na classe Suficiente (Tabela 10) e o segundo caso, pelo contrário, corresponde a um povoamento em que é verificada para a maioria dos nutrientes a limitação por excesso (Tabela 10).

Tabela 10 - Determinação do efeito da limitação nutricional e não nutricional sobre a produtividade de teca no Mato Grosso (caso de nutrição satisfatória)

N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
----------	----------	----------	-----------	-----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------

g.kg-1					mg.kg-1					
Teores nas folhas										
17,0	2,1	17,2	15,3	1,0	0,9	10,2	47,0	29,6	50,6	12,4
Crescimento relativo estimado (%)										
95,87	94,87	93,8	96,47	87,31	99,16	93,66	94,41	97,12	96,69	93,8

O crescimento relativo observado em tal talhão foi de 81,29 % e o menor dos valores de crescimento relativo estimado foi para o Mg, sendo de 87,31 %. O Mg é então o nutriente que mais limita o crescimento da cultura neste povoamento, acarretando em perdas por desbalanço nutricional de 12,69 %. Ainda é possível observar para o povoamento acima que 6,02 % (valor resultante da diferença entre o crescimento relativo estimado para o nutriente mais limitante, o Mg, ou seja de 87,31% e o crescimento relativo observado 81,29%) das reduções de crescimento em relação ao potencial (100%) não são de natureza nutricional direta, mas sim devido a outros fatores como manejo da cultura, material genético, disponibilidade hídrica, dentre outros.

Já na Tabela 11 pode-se observar os teores de nutrientes na folha e os respectivos valores de crescimento relativo estimado para um talhão onde há limitação por excesso da maioria dos nutrientes.

Tabela 11 - Determinação do efeito da limitação nutricional e não nutricional sobre a produtividade de teca no Mato Grosso (caso de nutrição não satisfatória)

N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
g.kg-1					mg.kg-1					
Teores nas folhas										
27,0	2,0	13,4	10,8	4,0	2,3	17,6	89,0	16,6	52,0	26,3
Crescimento relativo estimado (%)										
62,63	93,77	79,79	84,98	93,71	57,24	80,73	92,81	90,65	93,69	94,07

O crescimento relativo em tal povoamento foi de 51,43 %, sendo que nele a maioria dos nutrientes se encontram nas faixas alto, tendência a excessivo e excessivo. O menor dos valores de crescimento estimado foi para o S, sendo de 57,24 %. O S é então o nutriente que mais limita o crescimento da cultura neste sítio, acarretando em perdas por desbalanço nutricional de 42,76 %. Ainda é possível observar para o caso acima que 5,81 % das reduções de crescimento em relação ao potencial (100%) não são de natureza nutricional direta, mas sim devido a outros fatores como manejo da cultura, material genético, disponibilidade hídrica, dentre outros.

4. CONCLUSÕES

Foram obtidas normas úteis à diagnose do estado nutricional de povoamentos seminais de teca no Mato Grosso.

Foram também obtidos índices que expressam o grau de balanço (KW) e de equilíbrio (DRIS) de macro e micronutrientes para povoamentos seminais de teca no Mato Grosso.

Foram obtidas curvas de resposta potencial da cultura da teca à nutrição, quanto ao grau de balanço e ao de equilíbrio, com base no relacionamento ótimo do crescimento relativo de povoamentos da cultura em função dos índices KW e DRIS. Foram obtidas faixas de suficiência nutricional quanto aos índices KW e DRIS para povoamentos seminais de teca no Mato Grosso.

O diagnóstico do estado nutricional de povoamentos seminais de teca no Mato Grosso, considerando balanço e equilíbrio, com base nas normas e faixas de suficiência propostas neste trabalho, pode subsidiar o aprimoramento do manejo da nutrição da cultura da teca.

5. REFERÊNCIAS

- ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2012. Brasília, 142p. 2013.
- ALVAREZ, V., V. H. E LEITE, R. A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculos dos índices DRIS. v. 24, n.1, p.20-25, 1999. (**Boletim informativo - SBCS**).
- BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. dos. Diagnose visual e análise de plantas. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 20. Piracicaba, 1992. Anais. Piracicaba, Fundação Cargill, p. 369-393, 1992.
- BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Pietermaritzburg: University of Natal, South Africa, 132p. 1973 (Soil Science Bulletin, 1).
- BEHLING, M. Nutrição, partição de biomassa e crescimento de povoamentos de teca em Tangará da Serra – MT. Viçosa: UFV, 2009. 176p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- BORGES, Jarbas Silva. Modulador edáfico para uso em modelo ecofisiológico e produtividade potencial de povoamentos de teca. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, f. 8-12, 2012.
- BRAGA, J.M.; DEFFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e plantas. *Ceres*, 21:73-85, 1974.
- BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: SPARKS, D.L., ed. Methods of soil analysis. Madison: America Society of Agronomy, 1996. p. 1085-1121.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). Fertilidade do Solo, Viçosa, MG, SBCS, p. 769-850, 2007.
- DECRETO Nº 8.375, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2014. Define a Política Agrícola para Florestas Plantadas. Disponível em: file:///F:/Projeto_Mestrado/Refer%C3%A2ncias/Decreto%20n%C2%BA%208375.html. Acesso em: 22/02/2016.
- EVENHUIS, B.; WAAR, P. W. Principles and practices in plant analysis. In: Food and agriculture organization of the United Nations. Soils. Rome, 1980. p. 152-163. (Bulletin, 38/1).
- FERNANDES, Loane Vaz. Normas e determinação de faixas de suficiência para diagnose foliar com base no crescimento relativo de teca. Universidade Federal de Viçosa, f.5-11, 2010. (Dissertação de mestrado).

GALDINO, Mônica Pontes. Valores de referência e faixas de suficiência nutricional para avaliação do estado nutricional da cultura do eucalipto no Brasil. Universidade Federal de Viçosa, 2015. (Tese de doutorado).

IBA – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório IBA 2015: ano base 2014. Disponível em: http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf. Acesso em: 22/02/2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da extração vegetal e da silvicultura 2012. 2013. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=45. Acesso em: 22/02/2016.

KENWORTHY, A. L. Interpreting the balance of nutrient-elements in leaves of fruit trees. In: REUTHER, W. Plant analysis and fertilizers problems. Washington, **American Institute of Biological Science**, p.28-43, 1961.

MALAVOLTA, E. ABC da análise de solos e folhas. Editora Agronômica Ceres Ltda, São Paulo, 1992. 124 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações. 2.ed., Piracicaba-SP: ABPPF, 238p, 1997.

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

NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, R. A.; Alvarez, V., V. H.; SILVA, I. R. Monitoramento Nutricional e Recomendação de Adubação. In: Encontro Brasileiro de Silvicultura, 2008, Curitiba. Encontro Brasileiro de Silvicultura, v. 1, p. 51-60, 2008.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J.A. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo. 5º aproximação. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres/Potafos, 1991. 343p.

ROCHA, J. B. O. Diagnose nutricional de plantios jovens de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo e Sul da Bahia. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2008. 56p. (Dissertação de Mestrado).

SFB – SOCIEDADE FLORESTAL BRASILEIRA. Notas Técnicas da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Jun/2014. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/destaque/nota-tecnica-SAE-final.pdf>. Acesso em: 22/02/2016.

SILVA, G. G. C. Nutrição, crescimento e sua modelagem em resposta a disponibilidade de água e nutrientes. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. 84p. (Tese de Doutorado).

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F.T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. Nativa, Sinop, v. 01, n. 01, p.34-43, out./dez., 2013. Pesquisas Agrárias e Ambientais.

Disponível em: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa>. Acessado em: 13/07/2016.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3 ed. Porto Alegre, ARTMED, 719p, 2004.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H. Análise de solos, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

WADT, P. G. S. Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto. Viçosa - MG: UFV, 1996. 123p. (Tese de Doutorado).