

JOSE ROBERTO VICTOR DE OLIVEIRA

**SISTEMA PARA CÁLCULO DE BALANÇO NUTRICIONAL E  
RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE  
POVOAMENTOS DE TECA - NUTRITECA**

Tese 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  
2003

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

O48s  
2003

Oliveira, José Roberto Victor de, 1969-  
Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamentos de teça - NUTRITECA / José Roberto Victor de Oliveira – Viçosas : UFV, 2003.  
76p. : il.

Orientador: Júlio César Lima Neves  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Solos – Fertilidade. 2. Adubos e fertilizantes – Aplicação – Modelos matemáticos. 3. Teça (Árvore) – Balanço nutricional. 4. Teça (Árvore) – Biomassa. 4. Solos florestais. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 631.42  
CDD 20.ed. 631.42

JOSÉ ROBERTO VICTOR DE OLIVEIRA

**SISTEMA PARA CÁLCULO DE BALANÇO NUTRICIONAL E  
RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE  
POVOAMENTOS DE TECA - NUTRITECA**

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

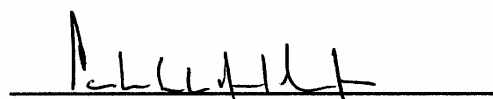
APROVADA: 7 de maio de 2003



Prof. Roberto de Aquino Leite



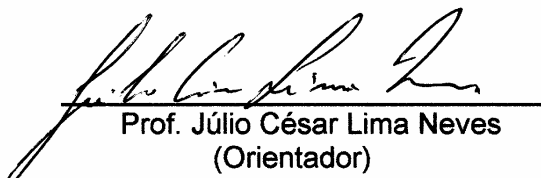
Prof. Hélio Garcia Leite  
(Conselheiro)



Prof. Carlos Ernesto G. R. Schaeffer



Prof. Renildes L. F. Fontes



Prof. Júlio César Lima Neves  
(Orientador)

À minha noiva, Eliane.

À minha filha, Elaine.

Com amor.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, por te me dado sabedoria, estímulo e paciência para vencer as dificuldades enfrentadas durante a realização do curso.

À Universidade Federal de Viçosa, em particular ao Departamento de Solos, pela oportunidade de realização do curso.

À Berté Florestal Ltda., pelo apoio financeiro durante a realização de todo curso, em especial, a seu Diretor-Presidente Vilmar Berté.

À Tectona Agroflorestal Ltda. e à Guavirá Industrial e Agroflorestal Ltda., por apoiar a realização do trabalho de pesquisa em suas áreas.

Ao professor Júlio César Lima Neves, pela orientação, pelo apoio e companheirismo demonstrados durante todo o curso.

Aos conselheiros, professores Nairam Félix Barros e Hélio Garcia Leite, pelas valiosas sugestões na realização do trabalho.

Ao professor Carlos Ernesto G. R. Schaeffer, pelo estímulo e incentivo sempre demonstrados.

Ao engenheiro-agrônomo José Marcos Foloni, pela colaboração e atenção sempre prestadas.

Aos colegas Gilciano Saraiva Nogueira e Juliano Marcos Possamai, pelo inestimável apoio no processamento de dados e na elaboração da versão protótipo do NUTRITECA.

À minha queridíssima noiva, Eliane Messias Sousa, pelo amor, pela confiança e paciência demonstradas ao longo de todo o curso.

Aos meus familiares e aos da minha noiva, pelo carinho, incentivo e apoio.

Aos amigos e colegas de Departamento de Solos e de Engenharia Florestal, Clístenes W. Nascimento, José Alberto, Eliane Clemente, Alexandre Bertola, Guilherme Donnagemma, Gilmar do Amaral, Sebastião Marcos e Marcelo, pela amizade e pelo simples convívio.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Solos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

JOSÉ ROBERTO VICTOR DE OLIVEIRA, filho de Jaime Victor de Oliveira e Agostinha Rodrigues de Oliveira (*in memoriam*), nasceu em 13 de março de 1969, em Barra do Garças, Mato Grosso.

No período de 1977 a 1989, cursou o 1º e 2º graus na Escola Estadual de 1º e 2º Grau “São Lourenço”, no município de Dom Aquino, MT.

Em 1990, ingressou na Universidade Federal de Mato Grosso, em Cuiabá, onde concluiu o curso de Engenharia Florestal em agosto de 1995.

Em 1996, foi contratado pela Berté Florestal Ltda., sendo responsável pela implantação de diversos plantios florestais.

Em 2000, foi contratado como Responsável Técnico pela empresa Unipan Florestal Ltda. e, em 2001, pela empresa Agroindustrial Estrela S.A.

Em outubro de 2002 foi, contratado pelo SENAR/FAMATO, onde atua como instrutor na área rural.

Em agosto de 1999, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, em nível de Mestrado, na linha de pesquisa Nutrição, Fertilização e Manejo de Solos Florestais, defendendo tese em 7 de maio de 2003.

## CONTEÚDO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
2.1. Procedimentos de campo .....	8
2.2. Preparo e análises do material vegetal e do solo.....	9
2.3. Variáveis calculadas.....	9
2.4. Fundamentos do NUTRITECA .....	11
2.4.1. Calagem .....	11
2.4.2. Subsistema solo .....	12
2.4.3. Subsistema planta .....	14
2.4.3.1. Crescimento, produção de biomassa e requerimento de nutrientes pós-desbaste .....	16
2.4.4. Balanço nutricional .....	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
3.1. Características dendrométricas e produção volumétrica.....	22
3.2. Produção e partição de biomassa .....	31
3.3. Teores, conteúdos e partição de nutrientes .....	33

	<b>Página</b>
3.4. Eficiência de utilização de nutrientes (CUB) .....	37
3.5. Balanço de nutrientes nos plantios.....	49
3.6. Informações utilizadas para a parametrização do NUTRITECA. ....	52
3.6.1. Exemplo do sistema.....	57
3.6.1.1. Sistema solo .....	59
3.6.1.2. Subsistema planta .....	60
3.6.1.2.1. Cálculos do volume e estimativas de densidade do tronco e de biomassa de componentes das árvores .....	60
3.6.1.2.2. Estimativas de conteúdo de nutrientes nos componentes das árvores e na serapilheira.....	62
3.6.1.2.3. Estimativa dos requerimentos de nutrientes.....	65
3.6.1.3. Balanço nutricional e recomendação de adubação.....	65
3.6.1.4. Avaliação do NUTRITECA.....	66
3.6.1.5. Análise de sensibilidade.....	68
4. CONCLUSÕES.....	73
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

## RESUMO

OLIVEIRA, José Roberto Victor de, MS., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2003. **Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamentos de teca – NUTRITECA**. Orientador: Júlio César Lima Neves. Conselheiros: Nairam Félix Barros e Hélio Garcia Leite.

O adequado manejo nutricional é condição necessária à obtenção de altas produtividades, bem como da sustentabilidade da produção, de florestas plantadas em condições tropicais. Neste trabalho, desenvolvido com povoamentos jovens de teca (*Tectona grandis*) em três localidades do Estado do Mato Grosso, nas idades de 20, 41 e 53 meses, avaliaram-se a distribuição diamétrica e hipsométrica das árvores nos povoamentos, a produção de biomassa e sua partição nos componentes das árvores e serapilheira, bem como a composição nutricional, os conteúdos e a partição de nutrientes, além da eficiência de utilização de nutrientes para a produção de lenho e de tronco. Foram também realizadas análises físicas do solo e avaliados seus teores de nutrientes, nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, e calculadas as quantidades de nutrientes em formas disponíveis ou trocáveis no perfil de solo. Esses dados subsidiaram o desenvolvimento de um sistema de recomendação de calagem e adubação para plantios de teca (NUTRITECA), que se baseia no balanço entre as quantidades de

nutrientes demandadas pelas árvores para a obtenção de definida produtividade e o suprimento de nutrientes pelo solo. A taxa de crescimento volumétrico e de produção de biomassa de plantios jovens de teca foi influenciada pelas condições do sítio florestal e pela idade das árvores. A densidade da madeira em plantios jovens de teca, crescente com a idade, foi de 500 kg/m<sup>3</sup>, aproximadamente, aos 53 meses. A partição de carbono e de nutrientes minerais para a copa decresceu com a idade das árvores, aumentando no tronco. Equações que modelam esse relacionamento foram desenvolvidas. Foram determinados valores de eficiência de utilização (CUB) de nutrientes para a produção de lenho e de tronco, úteis para a estimativa de demanda nutricional com vistas a obter definida produtividade esperada. Foram obtidos valores dos parâmetros da função de Weibull, úteis para subsidiar o desbaste de árvores de teca nas condições dos sítios estudados, no Estado do Mato Grosso. O sistema NUTRITECA mostrou-se satisfatório quanto às estimativas de produção volumétrica e de biomassa, bem como quanto aos conteúdos estimados de nutrientes no lenho ou no tronco, e embora deva ser aperfeiçoado para fósforo e para os micronutrientes ferro, manganês e cobre, pode ser utilizado com sucesso para a recomendação de fertilização mineral em plantios de teca.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Jose Roberto Victor de, M.S. Universidade Federal de Viçosa, May 2003. **System for nutritional balance calculation and liming and fertilization recommendation for teak stands - NUTRITECA.** Adviser: Julio Cesar Lima Neves. Committee Members: Nairam Felix de Barros and Helio Garcia Leite.

An adequate nutritional management is a necessary condition for obtaining high productivity as well as production sustainability of forests planted under tropical conditions. This work was carried out in young teak stands (*Tectona grandis*) at three Mato Grosso localities, at 20, 41 and 53 months of age to evaluate the diametric and hypsometric distribution of the trees, biomass production and partition in the tree and serrapilheira components, as well as nutritional composition, nutrient contents and partition, and nutrient utilization efficiency for the production of timber stem and stemwood. Soil physical analyses were also carried out and soil nutrient contents evaluated in 0-20, 20-40, and 40-60 cm layers. Available and exchangeable nutrient amounts in the soil profile were also calculated. These data helped develop a system of recommendation of liming and fertilization for teak plantations (NUTRITECA), based on the balance between the amounts of nutrients required by the trees to obtain defined productivity and the supply of nutrients by the soil. The rate of volumetric

growth and biomass production of young teak plantations was influenced by the forest site conditions and age of the trees. Wood density in young teak plantations, which increased with age, was nearly  $500 \text{ kg/m}^3$ , at 53 months of age. Carbon and mineral nutrient partition for the crown decreased with the age of the trees, increasing in the trunk. Equations modeling this relation were developed. Nutrient utilization efficiency values for timber and trunk production, useful for estimating nutritional requirements aiming to obtain expected defined productivity, were determined. Weibull function parameter values, useful for teak tree thinning under the conditions of the Mato Grosso sites studied, were obtained. The NUTRITECA system was found to be satisfactory for volumetric and biomass production estimates as well as for the estimated contents of nutrients in timber or trunk. Although it must be improved for phosphorus and for the micronutrients iron, manganese, and copper, this system may be utilized successfully for recommendation of mineral fertilization in teak plantations.

## 1. INTRODUÇÃO

A teca (*Tectona grandis*) é uma árvore de grande porte, nativa das florestas tropicais do sudeste asiático, ocorrendo naturalmente na Índia, em Myanmar (ex-Birmânia) e parte norte da Tailândia e Laos, entre 9° e 25° de latitude norte e 73° e 104° de longitude Oeste. Na Indonésia e na ilha de Java, a espécie foi introduzida a partir da Índia (White, 1991).

A teca se destaca por ser uma das mais antigas madeiras utilizadas no comércio mundial, sendo altamente apreciada em razão de sua qualidade, durabilidade, sua resistência e suas excelentes propriedades físicas e mecânicas, além de ser considerada uma das madeiras mais belas que existem (Lamprecht, 1990).

A madeira de teca é utilizada para as mais diversas finalidades, destacando-se seu uso na construção naval (no convés e no casco), e para interiores luxuosos e mobiliário de alto valor (Lamprecht, 1990). Também é utilizada como matéria-prima, altamente apreciada na indústria de laminados e compensados, na fabricação de postes e dormentes, sendo também demandada, em outros países, como lenha e carvão de origem vegetal (Cardoso, 1991).

O mercado da teca, em 1993, foi de 3,5 milhões de metros cúbicos comercializados (Dupuy e Verhaegen, 1993), sendo que a demanda mundial não é totalmente atendida. Os principais mercados consumidores são

Inglaterra, Estados Unidos, Holanda, Dinamarca, França, África do Sul e China, além de alguns países do Oriente Médio. A cotação da madeira de teca no mercado internacional pode variar de US\$180,00 a US\$3.500,00 o metro cúbico, dependendo do seu diâmetro e da sua coloração.

O reflorestamento com teca vem sendo praticado, em grande escala, há mais de uma centena de anos. Dupuy (1990) afirma que a área plantada é estimada em 2,5 milhões de hectares, incluindo plantios estabelecidos na Ásia, Oceania, África e América.

No Brasil, os plantios de teca foram iniciados, em fase experimental, em 1971, na região de Cáceres, Estado do Mato Grosso, após trabalho desenvolvido pela empresa Cáceres Florestal S.A., com diversas espécies nativas e exóticas. Essa empresa constatou que a região oferecia excelentes condições para o seu cultivo, que demonstrou bom crescimento, boa adaptação às condições climáticas locais, além de produzir uma madeira que alcançava bons preços no mercado internacional. Atualmente, estima-se que a área plantada com teca seja de 60.000 ha, no Estado do Mato Grosso.

A teca se desenvolve bem em um clima tropical úmido e quente, embora possa crescer sob ampla diversidade de condições climáticas e edáficas (Hedegart, 1986, citado por Monteuis et al., 1995), havendo registros de seu cultivo em regiões com precipitação anual em torno de 600 mm e até acima de 5.000 mm, bem como em temperatura de 2° a 48° C. No entanto, o seu melhor crescimento é verificado em regiões cuja precipitação pluviométrica varia entre 1.240 e 3.750 mm, e não sejam sujeitas a geadas (Mascarenhas e Muralidharan, 1993). Também, a literatura registra que para produzir madeira de boa qualidade a teca requer um período marcadamente seco, de três a cinco meses ao ano, no qual a precipitação pluviométrica deve ser menor que 50 mm/mês (Kaosa-Ard, 1986).

No Estado do Mato Grosso, a teca é cultivada em locais em que a precipitação varia de 1.500 a 2.750 mm, em temperatura máxima de 35 a 40 °C, a temperatura mínima de 15 a 20 °C, a temperatura média é de 25° C e com três a quatro meses de período seco.

Atualmente, a teca é cultivada em praticamente todo o Estado do Mato Grosso, sendo que a expansão dos plantios, cujo início foi a partir da década

de 80, foi e vem sendo realizada por inúmeras empresas do setor, além de produtores rurais, de plantios sob fomento florestal, para atender a reposição florestal obrigatória. Nesse Estado, a madeira de teca oriunda do primeiro desbaste, que ocorre em torno do quinto ano, é utilizada para lenha ou para fabricação de pequenos utensílios e brinquedos. Já, a madeira oriunda do segundo desbaste, que ocorre por volta do décimo ano, é utilizada como laminados para fabricação de móveis. Do terceiro desbaste em diante, a madeira tem valor comercial mais elevado, podendo ser utilizada de acordo com as demandas do mercado.

O plantio da teca, tradicionalmente, é realizado pelo uso de mudas obtidas mediante propagação sexuada, por intermédio de sementes, fato que envolve alguns problemas, tais como: o número limitado de sementes viáveis produzidas por árvore, a grande variabilidade na produção de sementes viáveis de um ano para o outro, e os indivíduos, mesmo de mesma progênie, apresentam-se muito variáveis quanto a crescimento, forma da árvore e características tecnológicas e estéticas da madeira (Kaosa-Ard, 1986; Dupuy e Verhaegen, 1993). Embora já exista tecnologia suficiente para adotar a propagação vegetativa assexuada, esta técnica ainda não é utilizada pelas empresas que atuam no Estado do Mato Grosso.

O crescimento da teca cultivada é muito rápido, quando não há competição com ervas daninhas e quando conta com amplo espaço lateral, principalmente nos primeiros anos de cultivo (Mascarenhas e Muralidharan, 1993). Do ponto de vista fitossanitário, no Brasil, particularmente no Estado do Mato Grosso, ainda não existem evidências de ataque de pragas e mesmo de doenças nos plantios estabelecidos, embora esses autores registrem que as árvores de teca possam ser atacadas por mais de 50 tipos de insetos – com destaque para *Hyblacea puruea* e *Hepalia marcheralis*, na Índia, e *Xylentes ceramicus*, na Tailândia e Myanmar (ex-Birmânia).

Na Tailândia, em solos férteis e profundos, dotados de adequada umidade, a teca pode alcançar cerca de 68 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) aos 60 anos, enquanto em sítios de qualidade média leva quase 150 anos para crescer o mesmo tanto, e sob condições desfavoráveis as árvores atingiriam esse DAP entre 250 a 300 anos (Cardoso, 1991).

FAO (1975) cita alguns dados de uma plantação de teca com 12 anos de idade, na Nigéria; nesse plantio o DAP médio das árvores era de 18 cm, a altura média (Ht) de 17 metros e a área basal (AB) de 22 m<sup>2</sup>/ha. No norte da Nigéria, os valores de Incremento Médio Anual (IMA) de tronco, para os povoamentos desta espécie, plantados em áreas de savanas, variam, mais freqüentemente, entre 7 e 11 m<sup>3</sup>/ha/ano. No Panamá, plantios de teca (624 árvores/ha), não desbastados, aos 20 anos, apresentaram, em média, AB igual a 24,4 m<sup>2</sup>/ha, Ht de 20,4 m, e acumularam 120 t/ha de C, 87% alocados na parte aérea (Kraenzel et al., 2003).

Na região de Cáceres, Estado do Mato Grosso, árvores de teca, de plantios manejados com desbastes, alcançam DAP de 46 cm e altura de 25 m. Nesses plantios, considerando o volume total do tronco nos vários desbastes e até os 25 anos, tem-se IMA de 15 m<sup>3</sup>/ha/ano. Espera-se que com a adoção de novas técnicas de cultivo e manejo dos plantios essa produtividade possa ser aumentada, bem como o ciclo de colheita possa ser diminuído.

Nesse contexto, um dos fatores que devem limitar o crescimento e a produtividade da teca é a nutrição mineral, cabendo ressaltar a carência de trabalhos nessa área para as condições de cultivo dessa espécie no Brasil. Foram encontrados dois trabalhos (Silva, 2000; Serigatto, 2000), ambos desenvolvidos no Estado do Mato Grosso, em que o estado nutricional e o crescimento de plantios de teca foram relacionados com fatores do solo. Entretanto, nesses trabalhos foram avaliados somente os teores de nutrientes nas folhas.

Nesse Estado, os plantios foram estabelecidos nos mais diferentes tipos de solos, em áreas que se estendem desde a região amazônica até os cerrados; estes embora sejam dotados de boas características físicas são geralmente de baixa fertilidade. Desta forma, era de se esperar que os problemas relacionados à nutrição fossem surgindo ao longo do tempo, visto que as empresas e os produtores rurais buscam, cada vez mais, elevadas produtividades em tempo relativamente curto, além de um produto de boa qualidade.

Assim, é cada vez maior a necessidade de conhecimento mais acurado da quantidade de nutrientes que devem ser adicionados ao solo, bem como da

época e da maneira mais adequadas de aplicação, de modo a satisfazer as necessidades nutricionais da teca e também para que haja sustentabilidade de sua produção.

Essa adição ou reposição de nutrientes pode ser quantificada mediante sistemas baseados em filosofia de balanço nutricional entre a demanda pelas árvores para uma dada produtividade esperada e o suprimento pelo solo (Neves, 2000). Para plantios de eucalipto, um exemplo desse tipo de sistema é o NUTRICALC (Barros et al., 1995), que vêm sendo utilizado pelas maiores empresas do setor, no Brasil.

Para o bom desempenho desses sistemas, é fundamental que se obtenham boas estimativas da demanda de nutrientes pelas plantas, sendo necessário dispor de dados sobre a eficiência de utilização de nutrientes para a produção de lenho e de tronco, e da partição de biomassa e de nutrientes para os demais componentes das árvores, levando também em conta a serapilheira (Barros et al., 2000). Neste trabalho, objetivou-se a obtenção desses dados para plantios jovens de teca, nas condições do Estado do Mato Grosso, bem como desenvolver um sistema de recomendação de fertilização para a teca, com base no balanço nutricional.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho compreendeu duas etapas. Na primeira, desenvolvida em plantios jovens de teca localizados em três locais no Estado do Mato Grosso, foram determinadas a produção e partição de biomassa, bem como os conteúdos de nutrientes e respectivas partições, além dos valores de eficiência de utilização desses. Na segunda, esses dados e informações obtidos foram utilizados para subsidiar o desenvolvimento do NUTRITECA - Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamentos de teca, que se baseia em filosofia de balanço entre o suprimento do nutriente pelo solo e sua demanda para uma definida produtividade esperada.

As áreas de campo estudadas situavam-se: a) no município de Tangará da Serra: Fazenda Alvorada, de propriedade da TECTONA AGROFLORESTAL; b) no município de São José do Rio Claro: Fazenda Apasa, de propriedade da GUAVIRÁ INDUSTRIAL E AGROFLORESTAL; c) no município de Juruena: Fazenda Vitória, de propriedade da BERTÉ FLORESTAL. A seguir, são apresentadas informações sobre os plantios, bem como as características de cada local.

## **Tangará da Serra**

O plantio foi realizado nos meses de outubro a dezembro de 1998, no espaçamento 3,0 x 2,4 m. A área está localizada a 14° 04' 38" latitude Sul e 57° 03' 45" longitude Oeste, sendo a altitude média de 387 m. O clima é do tipo Ami tropical, quente e subúmido, conforme a classificação de Koppen, com quatro meses secos, de junho a setembro. A precipitação pluviométrica anual é de 1.750 mm, sendo janeiro, fevereiro e março os meses mais chuvosos. A temperatura média anual é de 24° C. A área apresenta topografia suave ondulada e a classe de solo predominante é o Latossolo Roxo. A vegetação é a composta de mata de transição entre floresta amazônica e cerrado.

## **São José do Rio Claro**

O plantio foi realizado em dezembro de 1997, no espaçamento 3 x 2 m. A área localiza-se a 13° 25' 52" latitude Sul e 56° 45' 06" longitude Oeste, altitude média 350 m. O clima é tropical quente e subúmido, com quatro meses secos, de maio a agosto. A precipitação anual média é de 2.250 mm, concentrada em janeiro, fevereiro e março. A temperatura média anual é 24° C. A topografia é plana e a classe de solo predominante na área é o Latossolo vermelho-amarelo, de textura média. A vegetação é composta de mata de transição entre floresta amazônica e cerrado.

A fertilização empregada consistiu de: inicialmente, 4 t/ha de calcário, 500 kg/ha de fosfato de araxá, 50 g/cova de NPK 4-14-8; após um ano – 2 t/ha de calcário e 110 kg/ha de gesso agrícola, adicionando-se ainda 200 g/cova de NPK 4-20-20 mais 0,5 % de 'FTE Centro-Oeste', 100 kg/ha de KCl, 80 kg/ha de fosfato reativo ('Arad'); após dois anos – 200 g/cova de NPK 4-20-20 + 0,5% FTE Centro-Oeste, e 100 kg/ha de KCl.

## **Juruena**

O plantio foi realizado de outubro a dezembro de 1996, no espaçamento de 3 x 2 m. A área situa-se a 10° 19' 46" latitude Sul e 58° 29' 43" longitude Oeste, altitude média 300 m. O clima, segundo Köppen, é do tipo Ami quente e úmido, com três meses de seca, de junho a agosto. A precipitação pluviométrica anual é de 2.500 a 2.750 mm, mais concentrada em dezembro, janeiro e fevereiro. A temperatura média anual é de 23 a 26° C. A topografia da área é suave-ondulada. O solo predominante é o Argissolo amarelo, apresentando um horizonte B textural, não hidromórfico, com atividade de argila e saturação de bases baixas, bem a moderadamente drenados. A textura da camada superficial varia de franco-arenosa a franco-argilo-arenosa. A cobertura florestal antecessora era a Floresta Ombrófila aberta submontana.

### **2.1. Procedimentos de campo**

Em cada área foram estabelecidas três parcelas de 30 x 30 m, num total de nove parcelas. A seguir, foi realizada a medição da circunferência a 1,3 m de altura (CAP) e da altura total (Ht) de todas as árvores das parcelas. Com base no CAP, selecionou-se, em cada parcela, a árvore média, que foi abatida e submetida à cubagem rigorosa.

No campo, foram separados os componentes das árvores (tronco, galhos e folhas) que foram pesados e amostrados; as amostras também foram pesadas.

A serapilheira foi coletada com o auxílio de gabaritos (0,50 x 0,50 m), mediante 15 amostras retiradas da região da linha e entrelinha, em cada parcela.

Foram coletadas amostras compostas de solo (0-20, 20-40 e 40-60 cm), a partir de 15 amostras simples por parcela.

## **2.2. Preparo e análises do material vegetal e do solo**

As amostras foram secas em estufa a 70°C por 96 horas, e depois pesadas. Nas amostras de tronco foram separadas casca e lenho. Com os valores de umidade e do peso de matéria fresca das amostras de todos os componentes das árvores, foram obtidos os valores da matéria seca de cada componente e da serapilheira.

Subamostras do material vegetal foram moídas e mineralizadas. Nos extratos da mineralização nítrico-perclórica foram determinados P (colorimetria), K (fotometria de emissão de chama), S (turbidimetria de sulfatos), Ca, Mg, Zn, Fe, Mn e Cu (espectrofotometria de absorção atômica). Nos extratos da mineralização sulfúrica determinou-se o N (Kjedahl). O B foi determinado, colorimetricamente, após calcinação do material vegetal.

Na TFSA foram feitas análises químicas de rotina, determinando-se pH em água, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, zinco, ferro, manganês e cobre, acidez trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), acidez potencial (H+Al), carbono orgânico e P-remanescente. A análise física consistiu na determinação de areia grossa, areia fina, silte e argila, segundo EMBRAPA (1997).

## **2.3. Variáveis calculadas**

Com base nas árvores médias foram calculados os volume de tronco e de lenho, mediante cubagem rigorosa.

O Incremento Médio Anual (IMA) de lenho e de tronco foram calculados a partir do quociente entre o volume do respectivo componente e a idade do povoamento de cada local.

As biomassas secas dos componentes das árvores e da serapilheira foram calculadas em função dos respectivos pesos de matéria fresca obtidos nos campo e dos valores de umidades obtidos em laboratório.

As densidades de lenho e de tronco foram determinadas ao se dividir a biomassa desses componentes pelos volumes respectivos, sendo relacionadas com a idade dos plantios, mediante equações de regressão.

Os conteúdos de nutrientes nos componentes da árvore foram calculados em função do produto das respectivas biomassas secas pelos seus teores de nutrientes. Esses conteúdos, por árvore, foram multiplicados por 1389 (no plantio de Tangará da Serra), e por 1667 (nos plantios de São José do Rio Claro e de Juruena), de modo a obter os conteúdos de nutrientes por hectare.

A biomassa da serapilheira e seu conteúdo de nutrientes por hectare foram obtidos a partir da extrapolação dos valores determinados na área do gabarito (0,25 m<sup>2</sup>).

A partição de biomassa e de conteúdos de nutrientes nos componentes das árvores e serapilheira foram determinadas em relação aos respectivos somatórios nesses componentes mais os valores referentes à serapilheira.

O Coeficiente de Utilização Biológica (CUB) de nutrientes (Barros et al., 1986) para a produção de lenho e de tronco, foi determinado pela relação biomassa/contéudo do nutriente.

Para P, K, Ca, Mg foram obtidos os respectivos balanços no sistema solo (0-60 cm) – planta, fazendo-se uso dos teores de nutrientes nessas camadas e das respectivas taxas de recuperação pelos extratores.

Com base nos dados de CAP e Ht também foram calculados os volumes com e sem casca, além da distribuição diamétrica, mediante o processamento dos dados no software SifCub 2000 (Leite, 2000).

A frequência de árvores em cada classe de diâmetro foi estimada utilizando a função de densidade de probabilidade Weibull:  $F(x)=1 - e^{-(DAP/\hat{a})^\gamma}$ , sendo que os valores dos parâmetros  $\hat{a}$  e  $\gamma$  foram obtidos a partir do ajustamento dessa função aos dados de distribuição diamétrica provenientes do software SifCub2000.

## 2.4. Fundamentos do NUTRITECA

### 2.4.1. Calagem

No NUTRITECA a Necessidade de Calagem (NC) pode ser obtida pelo método da neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  e da elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  (Alvarez V. & Ribeiro, 1999) ou pelo método da Saturação por Bases (Raij et al., 1983).

Pelo primeiro, a NC é obtida pela equação:

$$\text{NC} = Y [ \text{Al}^{3+} - (m_t \cdot t/100) ] + [ X - ( \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} ) ]$$

em que

Y = valor relacionado à capacidade tampão do solo, variável com a textura ou com o P remanescente (P-rem, Alvarez V. et al., 1993);

$\text{Al}^{3+}$  = acidez trocável, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ;

mt = máxima saturação por  $\text{Al}^{3+}$  tolerada pela cultura, em %; para a teca, sugere-se  $mt = 10\%$ ;

t = CTC efetiva, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ;

X = valor relacionado à exigência da cultura em Ca e Mg, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ; sugere-se 2,5 para teça; e

$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  = teores de Ca e de Mg trocáveis, em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

Neste método, objetiva-se: corrigir a acidez do solo – considerando a tolerância da cultura à acidez trocável ( $m_t$ ) e a capacidade tampão do solo (Y); e elevar a disponibilidade de Ca e de Mg de modo a satisfazer as exigências da cultura nesses nutrientes (X).

O outro método, o da saturação por bases, está baseado na relação significativa existente entre a saturação por bases e o pH (Raij et al., 1983). A elevação, mediante a calagem, da saturação por bases atual do solo ( $V_a$ ) a um valor esperado ou desejado ( $V_e$ ), eleva o pH até valor adequado para a cultura. Assim, a NC é obtida por:

$$NC = (Ve - Va) T / 100$$

em que

$Ve$  = Saturação por bases esperada, em %; para a teca, sugere-se

$Ve = 65\%$ ;

$Va$  = Saturação por bases atual do solo =  $100SB/T$ , em %; e

$T$  = CTC, a pH 7 em  $\text{cmolc/dm}^3$ .

Os valores de NC obtidos pelos dois métodos podem diferir. Logo, visando auxiliar o usuário na escolha do método mais adequado à situação local, para cada método, o NUTRITECA fornece estimativa do pH a ser obtido após a calagem.

A estimativa do incremento do pH causado pela NC é feita em função da acidez potencial (H + Al) do solo, conforme a equação desenvolvida por Mello (2000):

$$\Delta\text{pH} = -0,0235 + 1,4944 / (H + Al), R^2 = 0,814$$

em que

$\Delta\text{pH}$  = incremento estimado no pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ), em unidade de pH por t/ha de calcário (PRNT 100%), e (H + Al) é expresso em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

O NUTRITECA prediz o pH a ser atingido (pH final), somando o  $\Delta\text{pH}$  ao pH do solo antes da calagem (pH inicial), portanto:  $\text{pH}_{\text{final}} = \Delta\text{pH} + \text{pH}_{\text{inicial}}$ . Para a teca, propõe-se que pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 6,0, seja adequado.

#### **2.4.2. Subsistema solo**

No NUTRITECA, o cálculo da quantidade de nutriente suprida pelo solo é função de seu teor no solo, da taxa de recuperação do nutriente pelo extrator utilizado e do volume de solo explorado pelas raízes.

Para a teca, a maior concentração de raízes ocorre na camada de 0-40 cm (Matricardi, 1989). Desta forma, no Sistema é recomendável que o usuário forneça os resultados da análise de solo referentes a duas camadas: 0-20 e 20-40 cm, profundidades que, contudo, podem ser definidas pelo usuário. O Sistema assume que as raízes possam explorar todo o volume de solo da área, abrangido pelas profundidades consideradas.

Quanto à taxa de recuperação pelo extrator (TRext, Quadro 1), o NUTRITECA utiliza um valor de 0,500 para Fe e Mn, em razão da carência de estudos nos quais essas taxas fossem determinadas, como também adotado em sistemas de recomendação de adubação para outras culturas, desenvolvidos no Departamento de Solos da UFV (Mello, 2000; Freire 2001; Prezotti, 2001; Oliveira, 2002; Rosa, 2002; Santos, 2002). Para Ca e Mg, os valores de 0,766 e 0,799, respectivamente, têm sido os adotados nos sistemas referidos, e são os utilizados no Sistema. Para K, esses trabalhos utilizam uma TRext (Mehlich-1 ou Resina) constante e igual a 0,768; no NUTRITECA, entretanto, a TRext para K varia conforme o extrator e com o P-rem, segundo equações desenvolvidas por Possamai (2003), com base em dados obtidos por Moraes (1999) para solos de Minas Gerais. As TRext de S e Zn variam com o P-rem (Mello, 2000), e, para P, variam com o extrator utilizado (Mehlich-1 ou Resina) e com a capacidade tampão, expressa pelo P-rem (Mello, 2000; Santos, 2002). Cabe ressaltar que quando não se dispõe do valor de P-rem (mg/L), este é estimado a partir do teor de argila (Arg, em %) pela equação:  $P\text{-rem} = 52,1 - 1,0447 \text{ Arg} + 0,0055 \text{ Arg}^2$  ( $R^2 = 0,700$ ), ou ainda, se Arg não é conhecido, com base na classe de textura: argilosa, média ou arenosa, para as quais os valores de P-rem são considerados iguais a 15, 30 ou 45 mg/L, respectivamente.

A quantidade do nutriente que o solo pode suprir é obtida da seguinte maneira: primeiramente faz-se o quociente do teor do nutriente pelo respectivo valor de taxa de recuperação e, a seguir, o teor assim obtido é convertido em quantidade, levando em conta o volume de solo explorado pelas raízes. Portanto, as quantidades de nutrientes supridas pelo solo devem ser entendidas em termos de dose-equivalente.

Quadro 1 – Valores de taxa de recuperação de nutrientes (TR<sub>ext</sub>), ou equações que a estimam, pelos extratores utilizados na análise de solo

Nutriente	Extrator	TR <sub>ext</sub> ou Equação respectiva	R <sup>2</sup>
P	Mehlich-1 <sup>1/</sup>	$TR_{ext} = 0,07 + 0,0122 P_{rem}^{4/}$	0,681
P	Resina <sup>2/</sup>	$TR_{ext} = 0,419 P_{rem}^{0,1281 4/}$	0,694
K	Mehlich-1 <sup>3/</sup>	$TR_{ext} = 0,65 + 0,0063 P_{rem}^{4/}$	0,735
K	Resina <sup>3/</sup>	$TR_{ext} = 0,66 + 0,0144 P_{rem}^{4/} - 0,000293 P_{rem}^{2/}$	0,734
Ca	KCl 1 mol L <sup>-1</sup> <sup>1/</sup>	$TR_{ext} = 0,766$	
Mg	KCl 1 mol L <sup>-1</sup> <sup>1/</sup>	$TR_{ext} = 0,799$	
S	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · HOAc <sup>1/</sup>	$TR_{ext} = 0,04 + 0,0057 P_{rem}^{4/}$	0,955
Zn	Mehlich-1 <sup>1/</sup>	$TR_{ext} = 0,36 - 0,0023 P_{rem}^{4/} + 0,00012 P_{rem}^{2/}$	0,932
Fe	Mehlich-1 <sup>1/</sup>	$TR_{ext} = 0,500$	
Mn	Mehlich-1 <sup>1/</sup>	$TR_{ext} = 0,500$	
Cu	DTPA <sup>1/</sup>	$TR_{ext} = 0,775$	
B	Água quente <sup>1/</sup>	$TR_{ext} = 0,452$	

<sup>1/</sup> Mello (2000); <sup>2/</sup> Santos (2002); <sup>3/</sup> Possamai (2003); <sup>4/</sup> P rem, em mg/L.

Para Zn, Fe, Mn e Cu, considerar as mesmas equações para análise feitas por Mehlich-1 ou por DTPA

### 2.4.3. Subsistema planta

No NUTRITECA, o sistema planta foi desenvolvido tendo como base a produtividade de tronco ou de lenho desejada por ocasião do 1º desbaste. Com essa produtividade e a idade em que se pretende realizar esse desbaste, tem-se a estimativa do volume de tronco ou de lenho que multiplicada pela respectiva densidade (estimadas pelo Sistema em função da idade, mediante equações) resulta na biomassa de tronco ou de lenho. A biomassa assim estimada é dividida pelo respectivo valor de CUB de cada nutriente, obtendo-se estimativas das quantidades de nutrientes contidos no tronco ou no lenho. Para obter os valores de biomassa dos demais componentes das árvores e da serapilheira, bem como seus conteúdos de nutrientes, o NUTRITECA utiliza valores de relações entre esses componentes e o tronco ou o lenho, a saber: casca/tronco, copa + raiz/tronco (ou lenho), copa + raiz + serapilheira/tronco (ou lenho). Essas relações foram obtidas nas árvores abatidas neste trabalho, e variam com a idade dos plantios.

Para cada nutriente, uma vez obtido seu conteúdo na árvore, este é dividido pela taxa de recuperação pela planta (TRpl) do nutriente aplicado ao solo como fertilizante, obtendo-se o requerimento do nutriente pela planta. A TRpl é a relação entre a quantidade de nutriente absorvida e a aplicada, e reflete a eficiência de absorção pela planta do nutriente fornecido pelo fertilizante. A TRpl varia com planta, nutriente, fonte fertilizante, dose aplicada, manejo da fertilização, dentre outros fatores.

No NUTRITECA, os valores de TRpl utilizados (Quadro 2) são constantes para N, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu e B, e variáveis para P e S - em função da capacidade tampão do solo, expressa pelo P-rem (Santos, 2002; Rosa, 2002) – e para K, em função da dose aplicada (Santos, 2002). A TRpl de P, estimada pela respectiva equação do Quadro 2, é válida para P fornecido mediante fontes solúveis, e considerando aplicação a lanço com incorporação. Posteriormente, depois de calculado o balanço entre o requerimento de P pela teca e seu suprimento pelo solo, a dose de P porventura necessária a ser adicionada via fertilização, caso esta seja aplicada de modo localizado, será dividida por um fator de conversão (Fc), sendo  $Fc = 4,2 - 0,04 \text{ P-rem}$  (Santos, 2002). A equação utilizada para estimar a TRpl de S foi obtida considerando a equação conjunta derivada das equações propostas e utilizadas por Rosa (2002), para plantas jovens e adultas de coqueiro. Para K, adotou-se uma modificação na equação proposta por Santos (2002) para soja,  $TRpl = (87,5 e - 0,0042 \text{ dose K})/100$ , de modo a atenuar o decréscimo na recuperação com o aumento da dose aplicada, em razão do ciclo mais longo da teca. A utilização de TRpl faz com que o requerimento de nutrientes pela planta seja melhor entendido como sendo em termos de dose-equivalente.

Quadro 2 – Valores de taxa de recuperação de nutrientes pela planta (TRpl), ou equações que a estimam, utilizados no NUTRITECA

Nutriente	TRpl ou Equação respectiva	R <sup>2</sup>
N <sup>1/</sup>	0,65	
P <sup>2,4/</sup>	$TR_{pl} = (4,51 e^{0,0347P_{rem}}) / 100$	0,837
K <sup>3/</sup>	$TR_{pl} = (87,5 e^{-0,0014 \text{ Dose } K}) / 100$	0,735
Ca <sup>1/</sup>	0,48	
Mg <sup>1/</sup>	0,57	
S <sup>1,4/</sup>	$TR_{pl} = (9,8 + 0,44 P_{rem}) / 100$	
Zn	0,10	
Fe	0,10	
Mn	0,10	
Cu	0,10	
B	0,10	

<sup>1/</sup> média de plantas jovens e adultas de coqueiro, com base em Rosa (2002); <sup>2/</sup> Santos (2002); <sup>3/</sup> Santos (2002) modificado, dose K em kg/ha; 4/ P rem, em mg/L.

#### 2.4.3.1. Crescimento, produção de biomassa e requerimento de nutrientes pós-desbaste

Num povoamento florestal, o desbaste é a retirada parcial de determinado número de árvores, visando aumentar o espaçamento para o crescimento das demais, de modo a se ter incremento na produção de madeira para determinada finalidade.

Num desbaste, dois aspectos são importantes: a idade do primeiro e dos demais desbastes; e a intensidade de desbaste, que depende do objetivo da utilização da madeira, do mercado e do custo de execução.

Para a definição da época em que o desbaste deve ser feito, em plantios de eucalipto e de teca tem-se empregado o Método dos Ingressos Percentuais (MIP), idealizado por Garcia (1999), que estabelece a época mais adequada para realizar o primeiro desbaste, bem como os demais. O método considera a dinâmica do povoamento, baseando-se no ingresso sucessivo de árvores em novas classes diamétricas, cuja quantificação é feita por meio do

ajuste de um modelo de distribuição diamétrica; na idade em que o ingresso percentual não for significativo, tem-se o momento de se realizar o desbaste.

A intensidade de desbaste normalmente é definida com base no número de árvores, na área basal (B), ou no volume. Neste trabalho, adotou-se o critério de fazer o controle ou simulação do desbaste em função da área basal, ou seja, de remover uma porcentagem de B (por exemplo, 20% ou 40%) existente no povoamento, resultando em diferentes valores de AB remanescente.

Após determinado o momento ótimo para se fazer o primeiro desbaste, o NUTRITECA pode simular diferentes intensidades de desbaste em função da AB a ser removida. Para isso, o sistema trabalha com três opções: a) com base na distribuição diamétrica oriunda de parcelas permanentes de inventário, fornecida pelo usuário; b) mediante o fornecimento de valores dos parâmetros  $\beta$  (de escala) e  $\gamma$  (de forma) da distribuição de probabilidade Weibull, expressa pela equação  $F(x) = 1 - e^{-(DAP/\hat{\alpha})^\gamma}$ , em que  $F(x)$  é a proporção de indivíduos por hectare em cada classe de diâmetro, e DAP é o valor do diâmetro à altura do peito do centro de classe; c) pelo uso de valores de  $\beta$  e  $\gamma$  *default* do Sistema.

No NUTRITECA, ao se entrar com a intensidade de remoção de B obtém-se a B desbastada e a B remanescente, bem como as classes de diâmetro a serem desbastadas para se atingir a B desbastada desejada, além do número de árvores desbastadas e remanescentes e do volume desbastado e remanescente, tanto por classe de diâmetro como o volume total. Para tanto, o Sistema faz uso de equação ajustada com base na altura total (Ht) e DAP de árvores submetidas à cubagem rigorosa. O modelo hipsométrico utilizado foi  $\text{LnHt} = \beta_0 + \beta_1/\text{DAP} + \beta_2 \text{LnHd}$ , em que Ht é expresso em m, DAP é expresso em cm e Hd é a altura dominante (m). O modelo volumétrico foi o de Schumacher e Hall,  $\text{LnVt} = \beta_0 + \beta_1 \text{LnDAP} + \beta_2 \text{LnHt}$ , em que Vt é o volume do tronco ou do lenho (m). Para gerar as equações, foram utilizados dados de 30 árvores, em Tangará da Serra, submetidas à cubagem rigorosa, com DAP variando de 4,0 a 16,0 cm.

O NUTRITECA quantifica a biomassa de tronco ou de lenho exportada, bem como a remanescente, a partir dos respectivos volumes e da densidade do tronco ou do lenho, na idade de realização do desbaste. As biomassas dos demais componentes das árvores (copa, raiz) e da serapilheira são obtidas a partir dos valores de biomassa de tronco ou de lenho e de relações entre estes componentes e os demais; relações essas que podem ser fornecidas pelo usuário ou utilizados os valores *default* do Sistema.

Com base nos valores de biomassa exportada, de tronco ou de lenho, conforme o manejo adotado na colheita, e nos respectivos valores de CUB para os nutrientes, o Sistema calcula as quantidades de nutrientes exportadas. Mediante o uso de relações entre os conteúdos de nutrientes no tronco (ou no lenho) e nos demais componentes das árvores e serapilheira, o NUTRITECA calcula as quantidades de nutrientes que podem retornar ao solo mediante a decomposição dos resíduos (casca, copa, raiz e serapilheira).

Como esse retorno de nutrientes é gradual, fato que minimiza eventuais perdas por lixiviação e por fixação de P em solos tropicais (Novais et al., 1998), o NUTRITECA considera que todo o conteúdo presente nesses resíduos será recuperado pelas árvores remanescentes na área, o que corresponde a uma TRpl igual a 1 (100%).

Para realizar o balanço nutricional do primeiro até o segundo desbaste, e assim avaliar a necessidade de se adicionar nutrientes via fertilizantes, é necessário saber o quanto o povoamento irá crescer neste período, bem como a idade em que será realizado o segundo desbaste. Conforme também adotado para o eucalipto (Silva, 1999), assume-se que o primeiro desbaste foi efetuado quando a capacidade do sítio, expressa pela B, foi atingida, e que o crescimento entre este e o segundo desbaste deva ser de modo a que a capacidade do sítio seja novamente atingida só que por um menor número de árvores, as remanescentes do primeiro desbaste.

Em plantios de eucalipto, Silva (1999) utilizou o modelo de Clutter (Clutter, 1963), para estimar a idade do segundo desbaste. O modelo é:

$$\ln B_2 = \ln B_1 (I_1/I_2) + \alpha_0 [1 - (I_1/I_2)] + \alpha_1 [1 - (I_1/I_2)] S$$

em que

$B_1, B_2$  = área basal ( $m^2/ha$ ) inicial (em  $I_1$ ) e futura (em  $I_2$ );

$I_1, I_2$  = idade (anos) inicial e futura;

$S$  = índice de sítio (m); e

$\alpha_0, \alpha_1$  = coeficientes empíricos, calibrados para o sítio florestal.

Estando disponíveis os valores de  $\alpha_0$  e  $\alpha_1$ , e de  $S$ , a incógnita seria apenas  $I_2$ , já que  $B_1$  é o valor remanescente,  $B_2$  é a capacidade de sítio e  $I_1$  é a idade de realização do primeiro desbaste. Para a teca, no Estado do Mato Grosso, desenvolve-se trabalho no Departamento de Engenharia Florestal da UFV objetivando definir os valores de  $\alpha_0$  e  $\alpha_1$ . Embora esses valores ainda não estejam disponíveis, informações fornecidas<sup>1</sup> permitem que se estime em 101 meses a idade do segundo desbaste, para um primeiro desbaste aos 64 meses.

O incremento no conteúdo de nutrientes entre o primeiro e o segundo desbaste é calculado em relação ao incremento estimado na biomassa, de modo semelhante ao efetuado para o período entre o plantio e o primeiro desbaste. São assim utilizados os mesmos valores de CUB e as mesmas relações entre biomassa de tronco ou de lenho (e respectivos conteúdos de nutrientes) e os demais componentes das árvores e serapilheira. Para cada nutriente, os conteúdos são divididos pelos valores de TRpl, obtendo-se seu requerimento.

Raciocínio semelhante ao acima desenvolvido pode ser aplicado a partir do segundo e demais desbastes.

#### **2.4.4. Balanço nutricional**

O balanço de nutrientes até o primeiro desbaste é calculado pela comparação das quantidades de nutrientes requeridas pela plantas

---

<sup>1</sup> Prof. Hélio Garcia Leite, Departamento de Engenharia Florestal, UFV, comunicação pessoal.

(subsistema planta) com aquelas que o solo pode suprir (subsistema solo). Para cada nutriente, caso o requerimento seja maior do que esse suprimento há necessidade de sua adição por meio de fertilização.

O NUTRITECA recomenda que parte da fertilização seja aplicada no plantio, como adubação de "arranque", e parte ao longo do crescimento da cultura, como adubação de manutenção. O Sistema sempre recomenda a adição de P, via fonte solúvel, localizada, na dose de 20-30 g/planta  $P_2O_5$ , no plantio, independentemente do balanço nutricional. Resultados verificados em outras culturas perenes, especialmente o eucalipto, mostram, geralmente, que a adição de pequena dose de N e de K, juntamente ao P solúvel, por ocasião do plantio, proporciona um crescimento inicial ("arranque") mais rápido. Por isso, o Sistema sugere a utilização de formulado NPK do tipo 6-30-6, no plantio. Caso o balanço nutricional mostre maior necessidade de P, o complemento da dose pode ser fornecido mediante fosfatos reativos, aplicados na linha de plantio. Como, na maioria das situações, as quantidades de Ca e de Mg fornecidas na calagem devem satisfazer o balanço nutricional, provavelmente haverá necessidade de se proceder ao fornecimento de mais N e K, descontando as respectivas doses já fornecidas na adubação de "arranque". Para tanto, o Sistema prevê o fornecimento desses em até três aplicações, realizadas ao longo dos três primeiros anos de crescimento da cultura. A escolha da fonte de N, pode levar em conta, dentre outros aspectos, a necessidade de adição de S, caso este ainda não tenha sido fornecido como acompanhante nos fertilizantes ou corretivos utilizados. Quanto ao K, o Sistema limita a dose recomendada em cada parcelamento a 5% da CTC a pH 7. Se houver necessidade de adição de Zn e B, o NUTRITECA sugere que eles sejam aplicados ou juntamente ao NPK de plantio ou fornecidos na primeira fertilização de manutenção com N e K

Realizado o primeiro desbaste, o Sistema calcula um novo balanço nutricional considerando o incremento na biomassa e de seus conteúdos de nutrientes até o segundo desbaste, bem como o retorno de nutrientes liberados pela decomposição dos resíduos, conforme já explicado no item 2.4.3. Caso as quantidades de nutrientes originalmente existentes no solo, ou as quantidades aplicadas, sejam maiores do que o requerimento pela planta

para o período entre o plantio e o primeiro desbaste, haverá um saldo de balanço. Este saldo será utilizado nos cálculos do novo balanço, ou seja, entre o primeiro e o segundo desbaste, como sendo parte do suprimento via solo.

De todo modo, é recomendável que logo antes do desbaste seja feita nova análise de solo, para melhor desempenho do sistema. Os resultados assim obtidos devem refletir aspectos não considerados explicitamente no Sistema, em especial o aporte de nutrientes via atmosfera (chuva e deposição sólida) e os nutrientes liberados mediante queda e decomposição do "litter". Também, essa análise poderia atenuar alguma incerteza existente na taxa de recuperação de nutrientes pela planta.

Para o cálculo do balanço nutricional a partir do segundo desbaste, os mesmos passos descritos logo acima podem ser seguidos.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Características dendrométricas e produção volumétrica**

Neste trabalho, mediante a utilização do software SIFCUB 2000, foram processados os dados de diâmetro e altura de todas as árvores de teca das parcelas amostradas nas três localidades. Foram assim obtidos, para cada parcela, a altura dominante, a altura média, o DAP médio, a média de DAP, a área basal, a porcentagem de árvores dominantes e de árvores normais, bem como o volume com casca e sem casca, além da distribuição diamétrica (Quadros 3 e 4).

As avaliações de diâmetro à altura do peito (DAP) e de altura total (HT) realizadas, permitiram calcular as variabilidades dos respectivos crescimentos, nas três parcelas experimentais de cada uma das localidades estudadas: Tangará da Serra (T), São José do Rio Claro (SJ) e Juruena (J). As variabilidades, para DAP e HT, respectivamente, foram menores em T (10,8 e 10,9; 11,3 e 11,0; 11,2 e 10,9, média de 11,1 e de 10,9%) do que em SJ (17,5 e 18,3; 18,5 e 19,4; 17,9 e 18,6, média de 18,0 e de 18,8%) e J (16,1 e 15,9; 17,1 e 16,7; 17,6 e 17,4%, média de 16,9 e de 16,6%). Como as mudas utilizadas nos plantios foram oriundas de uma mesma procedência, bem como a população e o arranjo espacial dos plantios foram algo semelhantes, pode-se pensar que as variabilidades no crescimento em diâmetro e em altura, distintas

Quadro 3 – Altura, diâmetro a 1,3 m de altura (dap), área basal e volume de tronco e de lenho de árvores de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Local	Parcela	Altura Dominante	Média Altura	Dap Médio	Média Dap	Área Basal	Volume	
							Tronco	Lenho
		----- m -----	----- cm -----	----- m <sup>2</sup> /ha -----	----- m <sup>3</sup> /ha -----			
Tangará da Serra <sup>1/</sup>	1	13,60	11,37	11,31	11,25	14,41	77,29	68,23
Tangará da Serra	2	12,45	10,72	10,73	10,66	12,85	67,53	59,57
Tangará da Serra	3	12,20	9,98	9,97	9,91	11,55	59,52	52,45
Média		12,75	10,69	10,67	10,61	12,94	68,12	60,08
São José do Rio Claro <sup>2/</sup>	1	12,35	9,32	9,54	9,40	12,40	62,61	55,14
São José do Rio Claro	2	11,65	8,81	9,05	8,89	10,07	50,01	44,01
São José do Rio Claro	3	12,10	9,74	9,90	9,74	10,86	55,78	49,16
Média		12,03	9,29	9,50	9,35	11,11	56,13	49,43
Juruena <sup>3/</sup>	1	14,60	11,41	11,53	11,39	17,64	94,69	83,62
Juruena	2	16,50	12,48	12,66	12,48	22,09	121,56	107,51
Juruena	3	15,70	11,83	12,02	11,84	20,30	110,06	97,26
Média		15,60	11,91	12,07	11,90	20,01	108,77	96,13

<sup>1/</sup> 29 meses, <sup>2/</sup> 41 meses, <sup>3/</sup> 53 meses.

Quadro 4 – Distribuição diamétrica por parcela em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Local	Parcela	Classe de Dap (cm)							
		00 - 04	04 - 06	06 - 08	08 - 10	10 - 12	12 - 14	14 -16	16 - 18
		----- número de árvores/ha -----							
Tangará da Serra <sup>1/</sup>	1	-	-	11	200	844	367	11	-
Tangará da Serra	2	-	-	67	311	922	122	-	-
Tangará da Serra	3	-	-	33	778	600	67	-	-
São José do Rio Claro <sup>2/</sup>	1	-	33	322	733	556	89	-	-
São José do Rio Claro	2	22	44	356	767	356	22	-	-
São José do Rio Claro	3	-	44	144	500	678	44	-	-
Juruena <sup>3/</sup>	1	-	-	111	244	633	567	133	-
Juruena	2	-	-	33	178	511	556	400	78
Juruena	3	-	-	78	311	533	600	244	22

<sup>1/</sup> 29 meses, <sup>2/</sup> 41 meses, <sup>3/</sup> 53 meses.

entre locais, reflitam diferenças nas condições edafoclimáticas. Geralmente, em florestas plantadas, há maior variabilidade do crescimento das árvores sob condições estressantes de meio, notadamente quanto à água e nutrientes. Em relação ao clima, as três áreas estudadas possuem altitudes entre 300 e 400 m, o que permite esperar um mesmo nível de evapotranspiração, mas quanto à precipitação pluviométrica, tem-se que a região de T é menos chuvosa, seguida por SJ, e por J, onde também há melhor distribuição de chuvas. Quanto à influência de condições edáficas, foram observados relacionamentos significativos da variabilidade em diâmetro com características químicas do solo, principalmente das camadas de 0-20 e de 20-40 cm, destacando-se: pH ( $r = -0,65$ ,  $p < 0,05$  e  $r = -0,90$ ,  $p < 0,01$ ), K ( $r = -0,95$  e  $-0,88$ ,  $p < 0,01$ ), Ca ( $r = -0,97$  e  $r = -0,98$ ,  $p < 0,01$ ), Mg ( $r = -0,94$  e  $-0,95$ ,  $p < 0,01$ ) e teor de argila ( $r = -0,85$  e  $-0,84$ ). Com o teor de matéria orgânica (MO), a correlação só foi significativa na camada de 0-20 cm ( $r = -0,62$ ,  $p < 0,05$ ). Todos esses relacionamentos foram também verificados para com a variabilidade do crescimento em altura, sendo que os valores de  $r$  foram ligeiramente menores do que os acima referidos.

Os sinais negativos dos valores de  $r$  indicam associação inversa entre as referidas variáveis e a variabilidade do crescimento, que é a tendência esperada. Esses relacionamentos não devem ser entendidos, contudo, como relações de causa e efeito, mas sinalizam aspectos a serem melhor estudados em futuros trabalhos.

Os valores de dap e de altura (Quadro 3), quando comparados os diferentes locais, refletem o efeito conjunto das condições edafoclimáticas do sítio e da idade dos plantios. Percebe-se que a altura, o DAP, AB e os volumes do tronco e do lenho são maiores em T do que em SJ, apesar da menor idade dos plantios em T, refletindo sua maior capacidade produtiva. Isso fica melhor evidenciado pelos valores estimados de incremento médio anual ( $m^3/ha/ano$ ) em volume de tronco (IMATR) e de lenho (IMALH), que foram: T (28,2 e 24,9), SJ (16,4 e 14,5) e J (24,6 e 21,8). A obtenção da área basal é particularmente importante, pois o NUTRITECA simula os desbastes em função da área basal a ser removida, expressa em termos de porcentagem da área basal total, e por consequência fornece a área basal remanescente.

O volume de casca, expresso em percentagem do volume do tronco, foi pouco variável entre os locais (T:11,8; SJ:11,9 e J:11,6%), situando-se na média de 11,8%.

A distribuição das árvores por classe de DAP é importante para se ter idéia da estrutura do povoamento, sendo extremamente útil para plantios em que se pretende manejar mediante desbastes. Como a finalidade principal da exploração de plantios de teca é fornecer madeira para serraria, a distribuição diamétrica das árvores é informação fundamental, possibilitando um adequado manejo por desbastes.

Nas parcelas experimentais, para cada local estudado, essa distribuição é mostrada nas Figuras 1, 2 e 3, para T, SJ e J, respectivamente.

A função Weibull tem sido utilizada para descrever, de forma contínua, a distribuição diamétrica de árvores. O modelo de distribuição assim obtido é ferramenta valiosa para subsidiar os desbastes, permitindo obter informações sobre a quantidade de indivíduos e o volume, por classe de diâmetro, a ser removido pelo desbaste, bem como o volume remanescente, além do volume total. Neste trabalho, realizou-se o ajustamento dessa função aos dados de DAP, para cada uma das parcelas experimentais, bem como para as parcelas consideradas em conjunto dentro de cada local.

O Quadro 4 mostra a distribuição diamétrica, com as freqüências expressas em número de árvores por hectare. Neste, é possível verificar que as árvores de menor dap ocorrem em SJ, enquanto que em J tem-se as de maior DAP. Cabe lembrar que os plantios em J possuem 53 meses, sendo os de maior idade dentre os estudados. Contudo, em T, mesmo aos 29 meses, já se tem expressivo número de árvores na classe de dap entre 12 e 14 cm, evidenciando a alta capacidade produtiva desse sítio florestal.

Quando as avaliações dendrométricas e a produção volumétrica são analisadas com base nos valores obtidos para a árvore média (Quadro 5), assumida neste trabalho como sendo aquela com DAP em torno da média das árvores mensuradas em cada parcela, verificam-se pequenos desvios em relação aos valores obtidos pela consideração de todas as árvores da parcela. Assim, o desvio médio verificado quando é comparado com a média do DAP das árvores médias (Quadro 5) com a média de DAP do Quadro 3, é de:

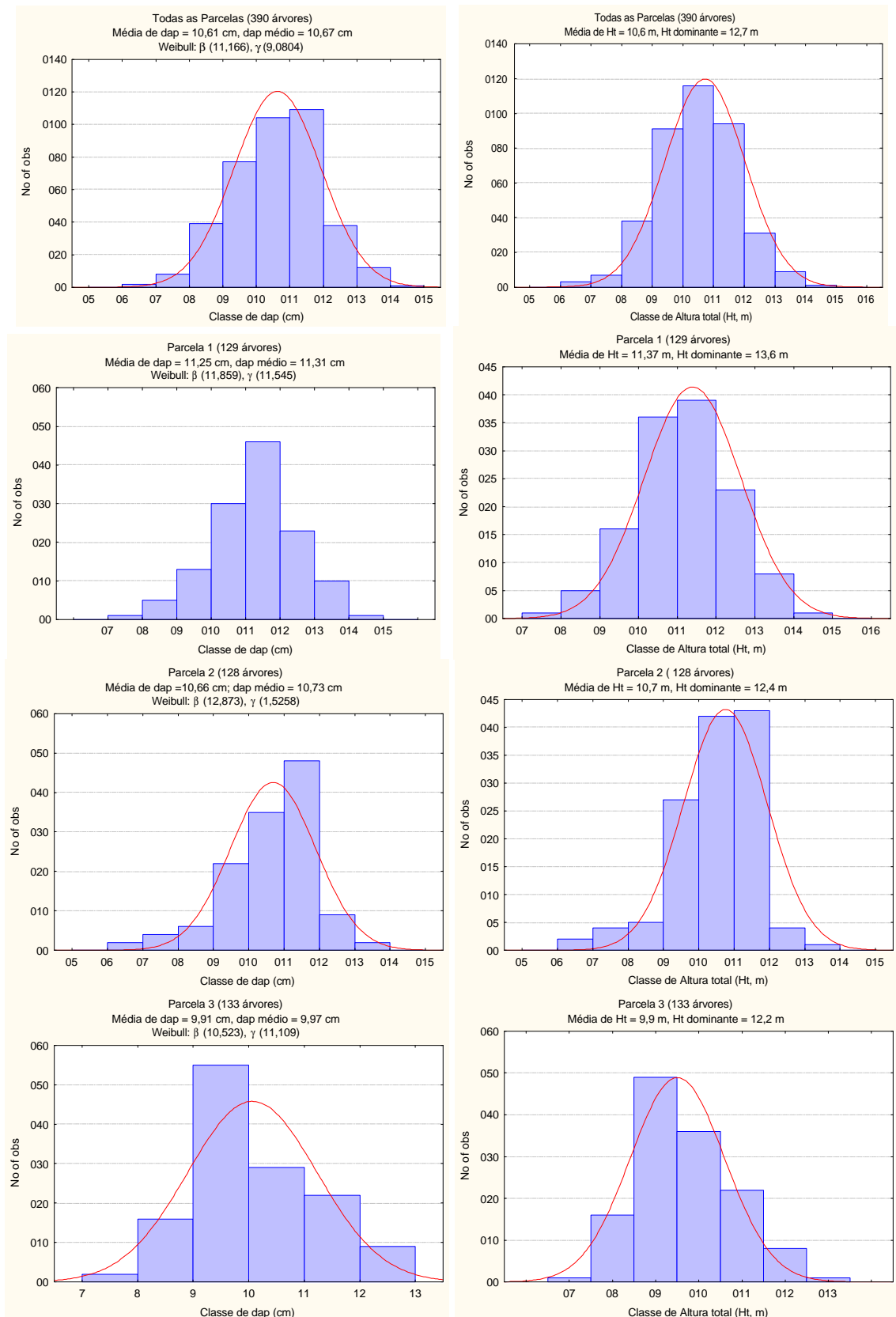


Figura 1 – Distribuição diamétrica e hipsométrica de árvores de teça e respectivos valores dos parâmetros  $\beta$  e  $\gamma$  da função de Weibull, em plantios da região de Tangará da Serra-MT, aos 29 meses, para cada uma e para o conjunto das parcelas experimentais.

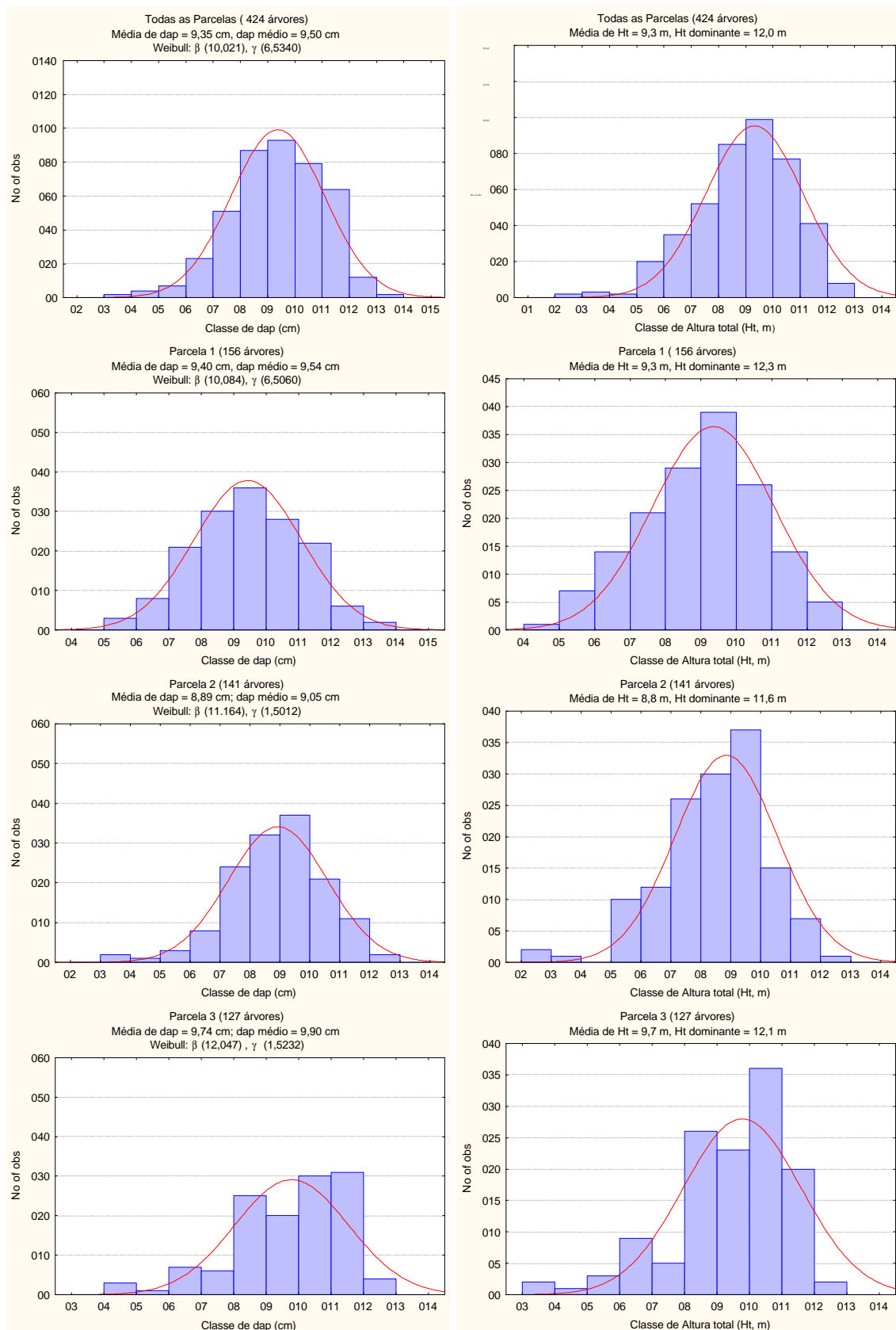


Figura 2 – Distribuição diamétrica e hipsométrica de árvores de teça, e respectivos valores dos parâmetros  $\beta$  e  $\gamma$  da função de Weibull, em plantios da região de São José do Rio Claro-MT, aos 41 meses, para cada uma e para o conjunto das parcelas experimentais.

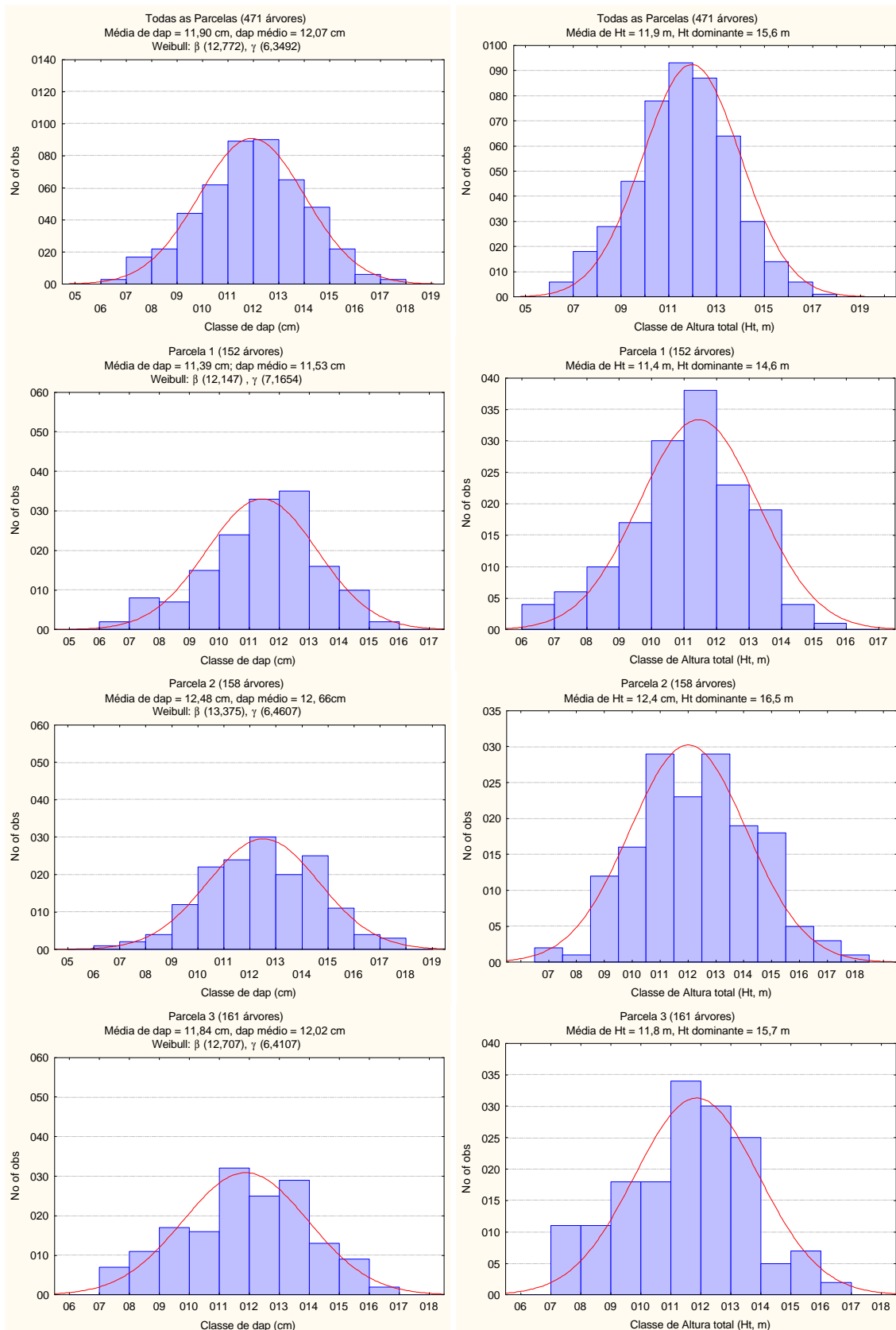


Figura 3 – Distribuição diamétrica e hipsométrica de árvores de teça, e respectivos valores dos parâmetros  $\beta$  e  $\gamma$  da função de Weibull, em plantios da região de Jurena-MT, aos 53 meses, para cada uma e para o conjunto das parcelas experimentais.

Quadro 5 – Avaliações dendrométricas em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Característica	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média Geral	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
dap (cm)	11,14	10,51	9,87	10,51	9,55	8,91	9,87	9,44	11,46	12,42	11,78	11,88	10,61	0,76
Altura Total (m)	11,40	10,70	10,00	11,03	9,40	8,80	9,50	9,23	11,40	12,50	11,90	11,93	10,62	0,83
Volume de lenho (m <sup>3</sup> /ha)	64,38	56,01	48,24	56,21	52,06	44,54	54,89	50,50	80,05	97,48	86,64	88,05	64,92	12,22
Volume do tronco (m <sup>3</sup> /ha)	72,94	63,52	54,76	63,74	59,15	50,66	62,35	57,39	90,69	110,30	98,10	99,70	73,61	13,78
Volume de casca (m <sup>3</sup> /ha)	8,57	7,51	6,52	7,53	7,09	6,12	7,46	6,89	10,65	12,82	11,47	11,64	8,69	1,56
IMA – tronco (m <sup>3</sup> /ha/ano)	30,18	26,29	22,66	26,38	17,31	14,83	18,25	16,80	20,53	24,97	22,21	22,57	21,92	3,14
Densidade do lenho (kg/m <sup>3</sup> )	464,18	395,97	304,37	388,17	527,97	357,28	529,07	471,44	492,16	459,92	527,98	493,35	450,99	53,28

<sup>1/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

T (-0,94%), SJ (0,96%), J (-0,17%), valores extremamente pequenos, e que na média dos três locais é igual a 0,05%. Esse mesmo tipo de comparação aplicada à altura total, resulta em T (3,20%), SJ (-0,65) e J(0,17%), numa média de 0,91%, indicando, mais uma vez, a acurácia que se consegue com base na árvore média. Para os volumes do tronco e do lenho, esse tipo de comparação, resulta nos seguintes desvios: T (-6,4 e -6,9%), SJ (2,2 e 2,2%) e J (-8,2 e -8,4%), médias de -4,1 e de -4,4%, respectivamente, valores aceitáveis.

A densidade do lenho aumentou com a idade dos plantios (Quadro 5), o que pode ser explicado pela formação do cerne a partir do alborno, processo que ocorre de forma gradual ao longo do crescimento de árvores.

### **3.2. Produção e partição de biomassa**

A produção de biomassa total (parte aérea + serapilheira) foi a mesma para os plantios de T (39,53 t/ha) e os de SJ (39,53 t/ha), sendo a maior produção de biomassa observada em J (63,49 t/ha), Quadro 6. Em termos do incremento médio anual de biomassa total, ou seja, de produtividade, em t/ha/ano, tem-se: T (16,35), SJ (11,57), J (14,38), o que se alinha à maior capacidade produtiva do primeiro local, como observado no campo.

A produtividade assim obtida reflete a produtividade primária líquida média dos plantios estudados, sendo boa indicativa do carbono (C) fixado. Mas, do ponto de vista de produção de teca para obtenção de madeira, interessa saber a partição dessa produção para o tronco ou o lenho. Observa-se, no Quadro 6, que com a idade do povoamento a partição para copa vai diminuindo, aumentando no tronco, comportamento típico em plantios florestais.

Em trabalho com teca, no Panamá, Kraenzel et al. (2003) determinaram os teores de C na biomassa de componentes das árvores, encontrando para o tronco valores de 49,6, 50,2 e 50,4 dag/kg para amostras coletadas no terço superior, médio e inferior, respectivamente. Considerando todos os componentes em que C foi determinado, os autores chegaram ao valor de 49,5 dag/kg como sendo o teor médio de C em teca, a partir dos teores ponderados pelas biomassas de cada componente da árvore. Os teores de C

Quadro 6 – Biomassa, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
Matéria seca (t/ha)														
Folhas	7,22	8,96	6,54	7,57	7,69	4,80	6,45	6,31	5,62	4,96	5,29	5,29	6,39	0,91
Galhos	3,32	2,42	2,24	2,66	2,54	1,23	2,28	2,01	2,61	7,27	3,45	4,45	3,04	1,12
Copa	10,54	11,37	8,78	10,23	10,23	6,03	8,73	8,33	8,22	12,23	8,74	9,73	9,43	1,22
Lenho	29,88	22,18	14,68	22,25	27,49	15,91	29,04	24,15	39,40	44,83	45,74	43,32	29,91	7,51
Casca	4,11	3,14	2,46	3,24	3,92	3,12	4,16	3,73	6,26	6,97	7,97	7,07	4,68	1,25
Tronco	33,99	25,32	17,14	25,48	31,41	19,04	33,20	27,88	45,66	51,80	53,71	50,39	34,58	8,73
Árvore total	44,53	36,69	25,92	35,71	41,64	25,06	41,93	36,21	53,88	64,03	62,45	60,12	44,01	9,21
Serapilheira	3,92	3,53	4,01	3,82	2,95	3,82	3,19	3,32	3,30	3,40	3,39	3,36	3,50	0,23
Árvore + serapilheira	48,45	40,22	29,93	39,53	44,59	28,88	45,11	39,53	57,18	67,44	65,85	63,49	47,52	9,10
Partição (%)														
Folhas	14,89	22,27	21,86	19,15	17,24	16,62	14,30	15,97	9,82	7,35	8,03	8,33	14,71	3,59
Galhos	6,85	6,01	7,48	6,72	5,70	4,24	5,04	5,10	4,56	10,79	5,25	7,00	6,21	1,31
Copa	21,75	28,28	29,33	25,87	22,94	20,86	19,35	21,07	14,38	18,14	13,27	15,33	20,92	3,59
Lenho	61,67	55,14	49,05	56,27	61,65	55,09	64,37	61,09	68,90	66,48	69,47	68,24	61,31	4,55
Casca	8,48	7,80	8,22	8,19	8,79	10,81	9,22	9,45	10,96	10,33	12,10	11,13	9,63	0,96
Tronco	70,15	62,95	57,27	64,46	70,44	65,90	73,59	70,54	79,85	76,81	81,57	79,37	70,95	5,22
Árvore total	91,90	91,22	86,60	90,33	93,38	86,76	92,94	91,60	94,23	94,95	94,85	94,70	91,87	2,09
Serapilheira	8,10	8,78	13,40	9,67	6,62	13,24	7,06	8,40	5,77	5,05	5,15	5,30	8,13	2,09
Árvore + serapilheira	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

no "litter" foram menores, média de 43 dag/kg. Aplicando esses teores de C aos valores de biomassa seca das árvores e serapilheira deste trabalho, obtém-se as seguintes taxas médias de C fixado, em t/ha/ano, para cada localidade: T (8,76), SJ (6,15), e J (7,91). Do ponto de vista de seqüestro de C, é interessante que se compute o C acumulado no tronco, cujo teor médio de C, no tronco, como verificado por Kraenzel et al (2003), é de 50,07 dag/kg. As taxas médias desse acúmulo, em t/ha/ano, nos plantios estudados neste trabalho, são iguais a: T (5,28), SJ (4,09) e J (5,71).

### **3.3. Teores, conteúdos e partição de nutrientes**

Os teores de nutrientes nos componentes das árvores e na serapilheira são mostrados no Quadro 7.

Entre os macronutrientes, Ca e Mg encontram-se em elevados teores na casca, que superam até mesmo os teores na folha. O Mg ocorre em altos teores também nos galhos. Já o K ocorre em teor alto na casca, sendo maior do que na folha nos plantios de Tangará da Serra. Com relação aos demais macronutrientes, a folha é o componente com os maiores teores. Com relação aos micronutrientes, as folhas e a casca apresentam os maiores teores de B, que são maiores nos plantios de Tangará da Serra.

Os maiores teores de ferro são encontrados na casca e folhas, em Tangará Serra e Juruena os teores na casca são maiores do que nas folhas e em São José do Rio Claro ocorre o inverso. Os altos teores de Fe e de Mn encontrados na serapilheira se devem a contaminação por solo, uma vez que são muitas vezes maiores do que em qualquer outro componente das árvores. Com essa ressalva, na serapilheira a expectativa é de se ter elevados teores de nutrientes pouco móveis na planta, até mesmo maiores do que os das folhas, em razão de os mesmos não sofrerem ciclagem bioquímica expressiva, o que valeria para Ca, S e micronutrientes. De fato, para Ca e S, os teores na serapilheira situam-se na mesma ordem de grandeza daqueles existentes nas folhas.

O lenho é o componente com menores teores nutrientes, fato que tem implicações na exportação de nutrientes por ocasião da colheita. Apesar disso,

Quadro 7 – Teores de nutrientes em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso (macronutrientes, em dag/kg; micronutrientes, em mg/kg)

Nutriente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)			
	Árvore				Árvore				Árvore			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
Folhas												
N	2,190	1,990	2,100	2,090	2,360	2,420	2,130	2,300	1,460	2,010	1,970	1,810
P	0,194	0,250	0,190	0,212	0,183	0,163	0,156	0,167	0,112	0,145	0,142	0,133
K	1,050	1,260	1,560	1,290	0,990	0,870	0,780	0,880	1,200	1,500	1,290	1,330
Ca	2,410	1,898	2,150	2,153	1,233	0,985	1,394	1,204	0,922	1,587	1,177	1,229
Mg	0,262	0,229	0,109	0,200	0,278	0,217	0,256	0,250	0,079	0,131	0,294	0,168
S	0,079	0,093	0,072	0,081	0,068	0,068	0,064	0,067	0,071	0,102	0,074	0,082
Zn	26,4	43,6	29,0	33,0	31,5	18,7	18,1	22,8	28,9	24,2	23,0	25,4
Fe	289,8	235,3	444,5	323,2	157,0	184,0	255,6	198,9	109,4	150,1	93,1	117,5
Mn	40,1	42,8	147,7	76,8	69,6	106,0	66,0	80,5	83,0	56,6	28,5	56,0
Cu	10,9	18,8	13,6	14,4	12,3	6,6	5,8	8,2	10,1	10,1	12,7	10,9
B	46,7	52,1	69,1	56,0	32,4	47,3	28,5	36,0	28,1	17,0	25,3	23,5
Galhos												
N	0,590	0,350	0,500	0,480	0,290	0,470	0,330	0,360	0,220	0,330	0,350	0,300
P	0,169	0,128	0,122	0,139	0,042	0,062	0,045	0,050	0,033	0,045	0,034	0,037
K	1,230	0,900	1,410	1,180	0,570	0,795	0,780	0,715	0,465	1,185	1,095	0,915
Ca	1,533	0,887	1,310	1,243	0,799	0,932	1,304	1,012	0,865	0,982	0,981	0,943
Mg	0,282	0,183	0,166	0,210	0,304	0,276	0,283	0,288	0,106	0,087	0,155	0,116
S	0,075	0,031	0,043	0,050	0,040	0,050	0,033	0,041	0,027	0,032	0,029	0,029
Zn	27,7	14,5	19,8	20,7	21,0	23,5	17,3	20,6	16,0	17,3	16,4	16,6
Fe	123,9	96,0	124,7	114,9	50,6	78,6	50,6	59,9	23,5	34,4	19,5	25,8
Mn	21,3	13,2	37,9	24,1	24,6	89,3	26,9	46,9	56,0	23,5	18,4	32,6
Cu	13,1	8,6	9,4	10,4	9,2	7,1	6,7	7,7	4,7	6,1	4,6	5,1
B	27,3	11,3	25,3	21,3	16,6	28,5	17,6	20,9	13,8	15,6	19,1	16,2

Continua..

Quadro 7, Cont.

Nutriente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)			
	Árvore				Árvore				Árvore			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
Casca												
N	0,700	0,680	0,610	0,660	0,470	0,380	0,400	0,420	0,450	0,540	0,420	0,470
P	0,178	0,145	0,139	0,154	0,057	0,052	0,065	0,058	0,052	0,058	0,044	0,052
K	1,530	1,890	1,590	1,670	0,600	0,810	0,660	0,690	0,990	1,470	1,260	1,240
Ca	2,491	2,352	1,868	2,237	1,509	1,242	1,452	1,401	1,408	2,165	1,566	1,713
Mg	0,302	0,295	0,246	0,281	0,413	0,291	0,389	0,364	0,172	0,152	0,251	0,192
S	0,035	0,032	0,040	0,036	0,036	0,029	0,030	0,032	0,029	0,029	0,029	0,029
Zn	30,4	29,8	27,8	29,3	49,3	27,7	21,7	32,9	20,7	21,7	18,4	20,3
Fe	676,4	930,6	1848,0	1151,7	559,4	297,8	285,0	380,7	121,7	65,2	93,1	93,3
Mn	39,1	129,9	50,1	73,0	56,1	53,2	40,9	50,1	57,6	40,7	19,6	39,3
Cu	5,6	7,0	4,9	5,8	3,8	2,0	2,6	2,8	2,4	4,7	3,0	3,4
B	36,9	44,8	43,7	41,8	43,7	55,7	36,3	45,2	31,7	34,2	36,1	34,0
Lenho												
N	0,130	0,130	0,150	0,140	0,120	0,080	0,100	0,100	0,120	0,120	0,130	0,120
P	0,050	0,044	0,070	0,055	0,047	0,026	0,021	0,031	0,027	0,014	0,015	0,019
K	0,420	0,495	0,475	0,463	0,290	0,305	0,330	0,308	0,300	0,340	0,350	0,330
Ca	0,080	0,102	0,131	0,104	0,064	0,089	0,054	0,069	0,074	0,080	0,074	0,076
Mg	0,073	0,096	0,079	0,083	0,107	0,092	0,097	0,099	0,079	0,076	0,073	0,076
S	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
Zn	4,9	5,2	4,9	5,0	5,5	6,9	7,6	6,7	4,9	4,2	4,1	4,4
Fe	38,9	47,6	20,4	35,6	25,2	50,1	30,5	35,3	44,2	6,8	5,5	18,8
Mn	0,3	9,9	0,5	3,6	0,1	4,5	0,7	1,8	2,3	0,0	0,0	0,8
Cu	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	0,0	0,4	1,2	1,6	0,6	1,1
B	1,6	2,3	1,4	1,8	1,9	1,9	0,9	1,6	2,7	0,7	0,7	1,4

Continua...

Quadro 7, Cont.

Nutriente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)			
	Árvore				Árvore				Árvore			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média
	Serapilheira											
N	0,770	1,110	0,730	0,870	0,770	0,610	0,730	0,700	0,730	0,770	0,930	0,810
P	0,125	0,117	0,079	0,107	0,060	0,052	0,050	0,054	0,073	0,067	0,072	0,070
K	0,345	0,225	0,390	0,320	0,165	0,180	0,195	0,180	0,270	0,210	0,300	0,260
Ca	1,436	1,435	1,422	1,431	1,432	1,448	1,266	1,382	1,477	1,529	1,521	1,509
Mg	0,208	0,166	0,174	0,183	0,281	0,278	0,253	0,271	0,194	0,159	0,179	0,177
S	0,075	0,091	0,059	0,075	0,077	0,055	0,063	0,065	0,055	0,049	0,053	0,052
Zn	28,3	35,4	39,3	34,3	23,2	20,2	16,3	19,9	31,6	24,0	27,0	27,5
Fe	23786,3	18047,5	9015,0	16949,6	7243,0	5884,0	6639,0	6588,7	342,0	561,7	356,5	420,1
Mn	440,2	298,3	1395,5	711,3	106,5	75,8	73,6	85,3	98,1	95,4	117,0	103,5
Cu	11,6	13,5	16,4	13,8	9,3	8,4	6,9	8,2	13,6	11,8	12,6	12,7
B	17,0	20,4	29,1	22,7	20,7	22,3	18,3	20,4	19,1	16,6	17,0	17,6

como a maior parte da biomassa da teca se encontra no lenho, fato crescente com a idade, a exportação de nutrientes no lenho será, geralmente, expressiva.

Os conteúdos de nutrientes, bem como as respectivas partições nos componentes das árvores e na serapilheira, são apresentados nos Quadros 8 a 18.

O N nas três localidades está em maior proporção na copa das árvores, que contém, em termos de média geral, 62,32% de todo o conteúdo de N dos plantios (árvore mais serapilheira), ficando apenas 25,54% no tronco e 12,4% na serapilheira.

As partições de nutrientes para a casca evidenciam a importância de se procurar manter a casca no campo, quando da colheita. Isso já é feito, em escala comercial, por empresas do setor de produção de eucalipto.

Os pequenos conteúdos de K na serapilheira são consequência de uma elevada taxa de liberação deste nutriente.

O que se pode observar, para todos os nutrientes estudados neste trabalho, é que a partição para a copa diminui, e a de tronco aumenta, com a idade do povoamento (Quadros 8 a 18).

### **3.4. Eficiência de utilização de nutrientes (CUB)**

A eficiência de utilização de nutrientes é importante para alimentar os sistemas que estimam a demanda pela planta para obtenção de uma definida produtividade esperada, como o NUTRITECA. Tal eficiência pode ser expressa pelo coeficiente de utilização biológica (CUB), que consiste no quociente da biomassa produzida pelo seu conteúdo do nutriente, sendo, portanto, essencialmente, o inverso do teor do nutriente. Como na colheita, geralmente é o tronco ou o lenho que saem da área, é fundamental que se utilize valores confiáveis de CUB, para evitar sub ou superestimação dos nutrientes contidos no produto colhido.

Quadro 8 – Conteúdos de nitrogênio, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
N (kg/ha)														
Folhas	158,05	178,25	137,37	157,89	181,38	116,17	137,42	144,99	81,98	99,69	104,15	95,27	132,72	22,96
Galhos	19,58	8,46	11,19	13,08	7,37	5,76	7,51	6,88	5,73	24,01	12,09	13,94	11,30	4,20
Copa	177,63	186,71	148,56	170,97	188,75	121,93	144,93	151,87	87,71	123,70	116,24	109,21	144,02	22,89
Lenho	38,85	28,83	22,02	29,90	32,98	12,73	29,04	24,92	47,28	53,80	59,47	53,52	36,11	9,93
Casca	28,78	21,34	15,01	21,71	18,43	11,86	16,64	15,64	28,19	33,48	28,78	30,15	22,50	4,92
Tronco	67,63	50,17	37,03	51,61	51,41	24,59	45,68	40,56	75,47	87,28	88,25	83,67	58,61	14,57
Árvore total	245,26	236,88	185,59	222,58	240,16	146,52	190,61	192,43	163,18	210,98	204,49	192,88	202,63	22,65
Serapilheira	30,22	39,18	29,27	32,89	22,71	23,33	23,26	23,10	24,07	26,22	31,54	27,28	27,76	3,54
Árvore + serapilheira	275,48	276,06	214,86	255,47	262,87	169,85	213,87	215,53	187,25	237,20	236,03	220,15	230,39	24,55
Partição (%)														
Folhas	57,37	64,57	63,93	61,80	69,00	68,40	64,25	67,27	43,78	42,03	44,13	43,28	57,50	7,28
Galhos	7,11	3,06	5,21	5,12	2,80	3,39	3,51	3,19	3,06	10,12	5,12	6,33	4,82	1,59
Copa	64,48	67,63	69,14	66,92	71,80	71,79	67,77	70,46	46,84	52,15	49,25	49,61	62,32	6,54
Lenho	14,10	10,44	10,25	11,70	12,55	7,49	13,58	11,56	25,25	22,68	25,20	24,31	15,73	4,45
Casca	10,45	7,73	6,99	8,50	7,01	6,98	7,78	7,26	15,05	14,11	12,19	13,70	9,81	2,12
Tronco	24,55	18,17	17,23	20,20	19,56	14,48	21,36	18,82	40,30	36,80	37,39	38,01	25,54	6,47
Árvore total	89,03	85,81	86,38	87,13	91,36	86,26	89,12	89,28	87,15	88,95	86,64	87,61	87,86	1,21
Serapilheira	10,97	14,19	13,62	12,87	8,64	13,74	10,88	10,72	12,85	11,05	13,36	12,39	12,14	1,21
Árvore + serapilheira	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

Quadro 9 – Conteúdos de fósforo, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
P (kg/ha)														
Folhas	14,03	22,41	12,44	16,29	14,05	7,81	10,04	10,63	6,31	7,22	7,52	7,02	11,31	3,34
Galhos	5,61	3,10	2,73	3,81	1,07	0,76	1,02	0,95	0,85	3,27	1,16	1,76	2,17	1,07
Copa	19,64	25,51	15,17	20,11	15,12	8,57	11,06	11,58	7,16	10,49	8,68	8,78	13,49	3,93
Lenho	15,06	9,87	10,32	11,75	12,81	4,12	6,04	7,66	10,72	6,41	6,91	8,01	9,14	2,31
Casca	7,31	4,57	3,43	5,10	2,25	1,63	2,70	2,19	3,27	4,07	3,52	3,62	3,64	1,07
Tronco	22,37	14,44	13,75	16,85	15,06	5,75	8,74	9,85	13,99	10,48	10,43	11,63	12,78	3,09
Árvore total	42,01	39,95	28,92	36,96	30,18	14,32	19,80	21,43	21,15	20,97	19,11	20,41	26,27	6,31
Serapilheira	4,91	4,14	3,20	4,08	1,77	2,00	1,60	1,79	2,40	2,27	2,43	2,37	2,75	0,73
Árvore + serapilheira	46,92	44,09	32,12	41,04	31,95	16,32	21,40	23,22	23,55	23,24	21,54	22,78	29,01	6,95
Partição (%)														
Folhas	29,90	50,83	38,73	39,69	43,97	47,86	46,92	45,78	26,79	31,07	34,91	30,82	39,00	5,74
Galhos	11,96	7,03	8,50	9,28	3,35	4,66	4,77	4,09	3,61	14,07	5,39	7,73	7,04	2,47
Copa	41,86	57,86	47,23	49,00	47,32	52,51	51,68	49,87	30,40	45,14	40,30	38,54	46,03	5,23
Lenho	32,10	22,39	32,13	28,63	40,09	25,25	28,22	32,99	45,52	27,58	32,08	35,16	31,71	4,73
Casca	15,58	10,37	10,68	12,43	7,04	9,99	12,62	9,43	13,89	17,51	16,34	15,89	12,67	2,25
Tronco	47,68	32,75	42,81	41,06	47,14	35,23	40,84	42,42	59,41	45,09	48,42	51,05	44,37	5,14
Árvore total	89,54	90,61	90,04	90,06	94,46	87,75	92,52	92,29	89,81	90,23	88,72	89,60	90,41	1,31
Serapilheira	10,46	9,39	9,96	9,94	5,54	12,25	7,48	7,71	10,19	9,77	11,28	10,40	9,59	1,31
Árvore + serapilheira	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

<sup>1/</sup> intervalo de confiança a 5%.

Quadro 10 – Conteúdos de potássio, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
K (kg/ha)														
Folhas	75,78	112,86	102,05	96,90	76,09	41,76	50,32	56,06	67,38	74,40	68,20	69,99	74,32	14,57
Galhos	40,83	21,74	31,55	31,37	14,49	9,74	17,75	13,99	12,12	86,20	37,82	45,38	30,25	15,544
Copa	116,61	134,60	133,60	128,27	90,58	51,50	68,07	70,05	79,50	160,60	106,02	115,37	104,56	23,10
Lenho	125,50	109,78	69,74	101,67	79,71	48,54	95,83	74,69	118,19	152,43	160,10	143,57	106,65	24,26
Casca	62,90	59,31	39,12	53,78	23,53	25,29	27,46	25,43	62,02	102,39	100,43	88,28	55,83	19,76
Tronco	188,40	169,09	108,86	155,45	103,24	73,83	123,29	100,12	180,21	254,82	260,53	231,85	162,47	43,18
Árvore total	305,01	303,69	242,46	283,72	193,82	125,33	191,36	170,17	259,71	415,42	366,55	347,23	267,04	59,58
Serapilheira	13,54	7,94	15,64	12,37	4,87	6,88	6,21	5,99	8,90	7,15	10,17	8,74	9,03	2,31
Árvore + serapilheira	318,55	311,63	258,10	296,09	198,69	132,21	197,57	176,16	268,61	422,57	376,72	355,97	276,07	60,18
Partição (%)														
Folhas	23,79	36,22	39,54	32,73	38,30	31,59	25,47	31,82	25,08	17,61	18,10	19,66	28,41	5,45
Galhos	12,82	6,98	12,22	10,59	7,29	7,37	8,98	7,94	4,51	20,40	10,04	12,75	10,07	3,06
Copa	36,61	43,19	51,76	43,32	45,59	38,95	34,45	39,76	29,60	38,01	28,14	32,41	38,48	4,93
Lenho	39,40	35,23	27,02	34,34	40,12	36,71	48,50	42,40	44,00	36,07	42,50	40,33	38,84	4,00
Casca	19,75	19,03	15,16	18,16	11,84	19,13	13,90	14,44	23,09	24,23	26,66	24,80	19,20	3,23
Tronco	59,14	54,26	42,18	52,50	51,96	55,84	62,40	56,83	67,09	60,30	69,16	65,13	58,04	5,36
Árvore total	95,75	97,45	93,94	95,82	97,55	94,80	96,86	96,60	96,69	98,31	97,30	97,54	96,52	0,93
Serapilheira	4,25	2,55	6,06	4,18	2,45	5,20	3,14	3,40	3,31	1,69	2,70	2,46	3,48	0,93
Árvore + serapilheira	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

Quadro 11 – Conteúdos de cálcio, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
Ca (kg/ha)														
Folhas	173,93	170,01	140,64	161,53	94,76	47,28	89,94	77,33	51,77	78,71	62,23	64,24	101,03	31,94
Galhos	50,88	21,43	29,31	33,87	20,31	38,78	29,68	29,59	22,51	71,44	33,88	42,61	35,36	10,86
Copa	224,81	191,44	169,95	195,40	115,07	86,06	119,62	106,92	74,28	150,15	96,11	106,85	136,39	33,40
Lenho	23,91	22,62	19,23	21,92	17,59	14,16	15,68	15,81	29,15	35,86	33,85	32,95	23,56	5,16
Casca	102,41	73,81	45,93	74,05	59,17	38,78	60,41	52,79	88,20	50,80	124,82	87,94	71,59	18,64
Tronco	126,32	96,43	65,16	95,97	76,76	52,94	76,09	68,60	117,35	86,66	158,67	120,89	95,15	21,86
Árvore total	351,13	287,87	235,11	291,37	191,83	139,00	195,71	175,51	191,63	236,81	254,78	227,74	231,54	40,72
Serapilheira	56,36	50,65	57,02	54,68	42,24	55,37	40,33	45,98	48,71	52,06	51,58	50,78	50,48	3,86
Árvore + serapilheira	407,49	338,52	292,13	346,05	234,07	194,37	236,04	221,49	240,34	288,87	306,36	278,52	282,02	42,28
Partição (%)														
Folhas	42,68	50,22	48,14	46,68	40,48	24,32	38,10	34,91	21,54	27,25	20,31	23,06	34,78	7,57
Galhos	12,49	6,33	10,03	9,79	8,68	19,95	12,57	13,36	9,37	24,73	11,06	15,30	12,80	3,83
Copa	55,17	56,55	58,18	56,47	49,16	44,28	50,68	48,27	30,91	51,98	31,37	38,36	47,59	6,67
Lenho	5,87	6,68	6,58	6,33	7,51	7,29	6,64	7,14	12,13	12,41	11,05	11,83	8,46	1,71
Casca	25,13	21,80	15,72	21,40	25,28	19,95	25,59	23,83	36,70	17,59	40,74	31,57	25,39	5,47
Tronco	31,00	28,49	22,31	27,73	32,79	27,24	32,24	30,97	48,83	30,00	51,79	43,40	33,85	6,44
Árvore total	86,17	85,04	80,48	84,20	81,95	71,51	82,91	79,24	79,73	81,98	83,16	81,77	81,44	2,77
Serapilheira	13,83	14,96	19,52	15,80	18,05	28,49	17,09	20,76	20,27	18,02	16,84	18,23	18,56	2,77
Árvore + serapilheira	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

<sup>1/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

Quadro 12 – Conteúdos de magnésio, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
	Mg (kg/ha)													
Folhas	18,91	20,51	7,13	15,52	21,37	10,42	16,52	16,10	4,44	6,50	15,54	8,83	13,48	4,23
Galhos	8,16	4,42	3,71	5,43	7,73	3,38	6,44	5,85	2,76	6,33	5,35	4,81	5,36	1,26
Copa	27,07	24,93	10,84	20,95	29,10	13,80	22,96	21,95	7,20	12,83	20,89	13,64	18,85	5,12
Lenho	28,69	17,52	13,21	19,81	29,41	14,64	28,17	24,07	31,12	34,07	33,39	32,86	25,58	5,33
Casca	12,42	9,26	6,05	9,24	16,19	9,09	16,18	13,82	10,77	10,59	20,01	13,79	12,28	2,86
Tronco	41,11	26,78	19,26	29,05	45,60	23,73	44,35	37,89	41,89	44,66	53,40	46,65	37,86	7,61
Árvore total	68,18	51,71	30,10	50,00	74,70	37,53	67,31	59,85	49,09	57,49	74,29	60,29	56,71	10,42
Serapilheira	8,16	5,86	6,98	7,00	8,29	10,63	8,06	8,99	6,40	5,41	6,07	5,96	7,32	1,07
Árvore + serapilheira	76,34	57,57	37,08	57,00	82,99	48,16	75,37	68,84	55,49	62,90	80,36	66,25	64,03	10,33
	Partição (%)													
Folhas	24,77	35,63	19,23	27,23	25,75	21,64	21,92	23,39	8,00	10,33	19,34	13,33	20,73	5,37
Galhos	10,69	7,68	10,01	9,53	9,31	7,02	8,54	8,50	4,97	10,06	6,66	7,26	8,33	1,24
Copa	35,46	43,30	29,23	36,75	35,06	28,65	30,46	31,89	12,98	20,40	26,00	20,59	29,06	5,77
Lenho	37,58	30,43	35,63	34,75	35,44	30,40	37,38	34,97	56,08	54,17	41,55	49,60	39,85	6,10
Casca	16,27	16,08	16,32	16,21	19,51	18,87	21,47	20,08	19,41	16,84	24,90	20,82	18,85	1,92
Tronco	53,85	46,52	51,94	50,96	54,95	49,27	58,84	55,04	75,49	71,00	66,45	70,42	58,70	6,59
Árvore total	89,31	89,82	81,18	87,72	90,01	77,93	89,31	86,94	88,47	91,40	92,45	91,00	87,76	3,18
Serapilheira	10,69	10,18	18,82	12,28	9,99	22,07	10,69	13,06	11,53	8,60	7,55	9,00	12,24	3,18
Árvore + serapilheira	100,0	100,0	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	100,00	
	0	0	0		0	0	0					0		

<sup>1/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

Quadro 13 – Conteúdos de enxofre, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
S (kg/ha)														
Folhas	5,70	8,33	4,71	6,25	5,23	3,26	4,13	4,21	3,99	5,06	3,91	4,32	4,92	0,97
Galhos	2,49	0,75	0,96	1,40	1,02	0,61	0,75	0,79	0,70	2,33	1,00	1,34	1,18	0,47
Copa	8,19	9,08	5,67	7,65	6,25	3,87	4,88	5,00	4,69	7,39	4,91	5,66	6,10	1,15
Lenho	6,87	5,10	3,38	5,12	6,32	3,82	6,68	5,61	9,06	10,31	10,52	9,96	6,90	1,71
Casca	1,44	1,00	0,98	1,14	1,41	0,91	1,25	1,19	1,82	2,02	2,31	2,05	1,46	0,32
Tronco	8,31	6,10	4,36	6,26	7,73	4,73	7,93	6,80	10,88	12,33	12,83	12,01	8,36	2,08
Árvore total	16,50	15,18	10,03	13,90	13,98	8,60	12,81	11,80	15,57	19,72	17,74	17,68	14,46	2,32
Serapilheira	2,94	3,21	2,37	2,84	2,27	2,10	2,01	2,13	1,81	1,67	1,80	1,76	2,24	0,34
Árvore + serapilheira	19,44	18,39	12,40	16,74	16,25	10,70	14,82	13,92	17,38	21,39	19,54	19,44	16,70	2,30
Partição (%)														
Folhas	29,32	45,30	37,98	37,34	32,18	30,47	27,87	30,24	22,96	23,66	20,01	22,22	29,97	5,15
Galhos	12,81	4,08	7,74	8,36	6,28	5,70	5,06	5,68	4,03	10,89	5,12	6,89	6,86	2,02
Copa	42,13	49,37	45,73	45,70	38,46	36,17	32,93	35,92	26,99	34,55	25,13	29,12	36,83	5,28
Lenho	35,34	27,73	27,26	30,59	38,89	35,70	45,07	40,30	52,13	48,20	53,84	51,23	40,46	6,47
Casca	7,41	5,44	7,90	6,81	8,68	8,50	8,43	8,55	10,47	9,44	11,82	10,55	8,68	1,19
Tronco	42,75	33,17	35,16	37,40	47,57	44,21	53,51	48,85	62,60	57,64	65,66	61,78	49,14	7,54
Árvore total	84,88	82,54	80,89	83,03	86,03	80,37	86,44	84,77	89,59	92,19	90,79	90,95	85,97	2,78
Serapilheira	15,12	17,46	19,11	16,97	13,97	19,63	13,56	15,30	10,41	7,81	9,21	9,05	14,03	2,78
Árvore + serapilheira	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

<sup>1/</sup> intervalo de confiança a 5%.

Quadro 14 – Conteúdos de zinco, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Jurueña (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
	Zn (g/ha)													
Folhas	190,53	390,54	189,70	256,92	242,09	89,76	116,10	149,32	162,23	120,03	121,60	134,62	180,29	60,20
Galhos	91,94	35,03	44,30	57,09	53,39	28,79	39,37	40,52	417,06	125,85	56,65	199,85	99,15	80,47
Copa	282,47	425,57	234,00	314,01	295,48	118,55	155,47	189,83	579,29	245,88	178,25	334,47	279,44	94,17
Lenho	146,42	115,33	71,94	111,23	151,18	109,80	220,69	160,56	193,04	188,29	187,55	189,63	153,80	31,44
Casca	124,98	93,52	68,40	95,63	193,30	86,49	90,28	123,36	129,68	151,15	146,65	142,49	120,49	25,87
Tronco	271,40	208,85	140,34	206,86	344,48	196,29	310,97	283,91	322,72	339,44	334,20	332,12	274,30	48,87
Árvore total	553,87	634,42	374,34	520,88	639,96	314,84	466,44	473,75	902,01	585,32	512,45	666,59	553,74	111,93
Serapilheira	111,07	124,95	157,59	131,20	65,49	77,24	51,93	64,89	104,20	81,71	91,57	92,49	96,19	21,14
Árvore + serapilheira	664,94	759,37	531,93	652,08	705,45	392,08	518,37	538,63	1006,20	667,03	604,02	759,09	649,93	113,71
	Partição (%)													
Folhas	28,65	51,43	35,66	39,40	34,32	22,89	22,40	27,72	16,12	17,99	20,13	17,73	27,73	7,33
Galhos	13,83	4,61	8,33	8,76	7,57	7,34	7,59	7,52	41,45	18,87	9,38	26,33	13,22	7,45
Copa	42,48	56,04	43,99	48,16	41,89	30,24	29,99	35,24	57,57	36,86	29,51	44,06	40,95	6,92
Lenho	22,02	15,19	13,52	17,06	21,43	28,00	42,57	29,81	19,19	28,23	31,05	24,98	24,58	5,87
Casca	18,80	12,32	12,86	14,67	27,40	22,06	17,42	22,90	12,89	22,66	24,28	18,77	18,97	3,60
Tronco	40,82	27,50	26,38	31,72	48,83	50,06	59,99	52,71	32,07	50,89	55,33	43,75	43,54	8,08
Árvore total	83,30	83,55	70,37	79,88	90,72	80,30	89,98	87,95	89,65	87,75	84,84	87,81	84,50	4,17
Serapilheira	16,70	16,45	29,63	20,12	9,28	19,70	10,02	12,05	10,36	12,25	15,16	12,18	15,51	4,17
Árvore + serapilheira	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

Quadro 15 – Conteúdos de ferro, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>	
	Árvore				Árvore				Árvore						
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média			
	Fe (g/ha)														
Folhas	2.091,49	2.107,68	2.907,68	2.368,95	1.206,61	883,25	1.649,04	1.246,30	614,30	744,47	492,21	617,00	1410,75	541,14	
Galhos	411,25	231,94	279,03	307,41	128,65	28,79	39,37	65,60	612,55	250,24	67,35	310,05	227,69	125,57	
Copa	2.502,74	2.339,62	3.186,71	2.676,36	1.335,26	912,04	1.688,41	1.311,90	1.226,87	994,71	559,56	927,05	1638,44	566,06	
Lenho	1.162,39	1.055,70	299,51	839,20	692,68	797,26	885,67	791,87	1.741,31	304,85	251,59	765,92	799,00	318,23	
Casca	2.780,71	2.920,35	4.546,84	3.415,97	2.193,32	929,80	1.185,73	1.436,28	762,39	454,14	548,36	588,30	1813,52	909,51	
Tronco	3.943,10	3.976,05	4.846,35	4.255,17	2.886,00	1.727,06	2.071,40	2.228,15	2.503,70	758,99	799,95	1.354,21	2612,51	938,38	
Árvore total	6.445,84	6.315,67	8.033,06	6.931,52	4.221,26	2.639,10	3.759,81	3.540,06	3.730,57	1.753,70	1.359,51	2.281,26	4250,95	1480,69	
Serapilheira	93.356,47	63.699,61	36.148,71	64.401,60	21.365,69	22.449,16	21.150,97	21.655,27	1.127,78	1.912,38	1.209,05	1.416,40	29157,76	20455,34	
Árvore + serapilheira	99.802,31	70.015,28	44.181,77	71.333,12	25.586,95	25.088,26	24.910,78	25.195,33	4.858,35	3.666,08	2.568,56	3.697,66	33408,70	21566,62	
	Partição (%)														
Folhas	2,10	3,01	6,58	3,32	4,72	3,52	6,62	4,95	12,64	20,31	19,16	16,69	8,74	4,54	
Galhos	0,41	0,33	0,63	0,43	0,50	0,11	0,16	0,26	12,61	6,83	2,62	8,39	2,69	2,81	
Copa	2,51	3,34	7,21	3,75	5,22	3,64	6,78	5,21	25,25	27,13	21,78	25,07	11,43	6,65	
Lenho	1,16	1,51	0,68	1,18	2,71	3,18	3,56	3,14	35,84	8,32	9,79	20,71	7,42	7,26	
Casca	2,79	4,17	10,29	4,79	8,57	3,71	4,76	5,70	15,69	12,39	21,35	15,91	9,30	4,12	
Tronco	3,95	5,68	10,97	5,97	11,28	6,88	8,32	8,84	51,53	20,70	31,14	36,62	16,72	10,20	
Árvore total	6,46	9,02	18,18	9,72	16,50	10,52	15,09	14,05	76,79	47,84	52,93	61,69	28,15	16,20	
Serapilheira	93,54	90,98	81,82	90,28	83,50	89,48	84,91	85,95	23,21	52,16	47,07	38,31	71,85	16,20	
Árvore + serapilheira	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

<sup>1/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

Quadro 16 – Conteúdos de manganês, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
	Mn (g/ha)													
Folhas	289,40	383,38	966,17	546,32	534,91	508,83	425,81	489,85	466,07	280,73	150,68	299,16	445,11	150,80
Galhos	70,70	31,89	84,81	62,47	62,54	109,40	61,22	77,72	1459,70	170,95	63,55	564,73	234,97	301,16
Copa	360,10	415,27	1050,98	608,78	597,45	618,23	487,03	567,57	1925,77	451,68	214,23	863,89	680,08	340,96
Lenho	8,96	219,57	7,34	78,62	2,75	71,61	20,33	31,56	90,61	0,00	0,00	30,20	46,80	47,56
Casca	160,74	407,64	123,27	230,55	219,96	166,10	170,16	185,41	360,84	283,49	160,74	268,36	228,10	65,44
Tronco	169,70	627,21	130,61	309,17	222,71	237,71	190,49	216,97	451,45	283,49	160,74	298,56	274,90	106,23
Árvore total	529,80	1042,48	1181,59	917,96	820,16	855,94	677,52	784,54	2377,22	735,17	374,97	1162,45	954,98	383,20
Serapilheira	1727,70	1052,87	5595,73	2792,10	314,16	289,84	234,48	279,49	323,49	324,80	396,80	348,36	1139,99	1138,98
Árvore + serapilheira	2257,50	2095,35	6777,32	3710,06	1134,32	1145,78	912,00	1064,03	2700,71	1059,97	771,77	1510,82	2094,97	1230,15
	Partição (%)													
Folhas	12,82	18,30	14,26	14,73	47,16	44,41	46,69	46,04	17,26	26,48	19,52	19,80	27,43	9,48
Galhos	3,13	1,52	1,25	1,68	5,51	9,55	6,71	7,30	54,05	16,13	8,23	37,38	11,79	10,78
Copa	15,95	19,82	15,51	16,41	52,67	53,96	53,40	53,34	71,31	42,61	27,76	57,18	39,22	13,17
Lenho	0,40	10,48	0,11	2,12	0,24	6,25	2,23	2,97	3,36	0,00	0,00	2,00	2,56	2,38
Casca	7,12	19,45	1,82	6,21	19,39	14,50	18,66	17,43	13,36	26,75	20,83	17,76	15,76	4,94
Tronco	7,52	29,93	1,93	8,33	19,63	20,75	20,89	20,39	16,72	26,75	20,83	19,76	18,33	5,72
Árvore total	23,47	49,75	17,43	24,74	72,30	74,70	74,29	73,73	88,02	69,36	48,59	76,94	57,55	15,96
Serapilheira	76,53	50,25	82,57	75,26	27,70	25,30	25,71	26,27	11,98	30,64	51,41	23,06	42,45	15,96
Árvore + serapilheira	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

Quadro 17 – Conteúdos de cobre, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
	Cu (g/ha)													
Folhas	78,670	168,400	88,960	112,010	94,530	31,680	37,420	54,540	56,710	50,090	67,140	57,980	74,84	26,96
Galhos	43,480	20,780	21,030	28,430	23,390	8,700	15,250	15,780	122,510	44,370	15,890	60,920	35,04	22,86
Copa	122,150	189,180	109,990	140,440	117,920	40,380	52,670	70,320	179,220	94,460	83,030	118,900	109,89	32,97
Lenho	32,870	22,180	14,680	23,240	27,490	4,770	0,000	10,750	47,280	71,730	27,450	48,820	27,61	14,32
Casca	23,020	21,970	12,060	19,020	14,900	6,240	10,820	10,650	15,030	32,740	23,910	23,890	17,85	5,35
Tronco	55,890	44,150	26,740	42,260	42,390	11,010	10,820	21,410	62,310	104,470	51,360	72,710	45,46	18,85
Árvore total	178,040	233,330	136,730	182,700	160,310	51,390	63,490	91,730	241,530	198,930	134,390	191,620	155,35	43,81
Serapilheira	45,530	47,650	65,760	52,980	27,430	32,120	21,980	27,180	44,850	40,170	42,730	42,580	40,91	8,39
Árvore + serapilheira	223,570	280,980	202,490	235,680	187,740	83,510	85,470	118,910	286,380	239,100	177,120	234,200	196,26	48,09
	Partição (%)													
Folhas	35,19	59,93	43,93	47,53	50,35	37,94	43,78	45,87	19,80	20,95	37,91	24,76	38,86	8,41
Galhos	19,45	7,40	10,39	12,06	12,46	10,42	17,84	13,27	42,78	18,56	8,97	26,01	16,47	7,06
Copa	54,64	67,33	54,32	59,59	62,81	48,35	61,62	59,14	62,58	39,51	46,88	50,77	55,34	5,95
Lenho	14,70	7,89	7,25	9,86	14,64	5,71	0,00	9,04	16,51	30,00	15,50	20,85	12,47	5,62
Casca	10,30	7,82	5,96	8,07	7,94	7,47	12,66	8,96	5,25	13,69	13,50	10,20	9,40	2,12
Tronco	25,00	15,71	13,21	17,93	22,58	13,18	12,66	18,01	21,76	43,69	29,00	31,05	21,87	6,58
Árvore total	79,64	83,04	67,52	77,52	85,39	61,54	74,28	77,14	84,34	83,20	75,88	81,82	77,20	5,38
Serapilheira	20,36	16,96	32,48	22,48	14,61	38,46	25,72	22,86	15,66	16,80	24,12	18,18	22,80	5,38
Árvore + serapilheira	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

<sup>1/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

Quadro 18 – Conteúdos de boro, e respectiva partição, em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>1/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
B (g/ha)														
Folhas	337,030	466,680	452,020	418,580	249,000	227,050	183,870	219,970	157,790	84,320	133,760	125,290	254,61	89,31
Galhos	90,620	27,300	56,610	58,180	42,200	34,910	40,060	39,060	359,710	113,480	65,970	179,720	92,32	68,01
Copa	427,650	493,980	508,630	476,750	291,200	261,960	223,930	259,030	517,500	197,800	199,730	305,010	346,93	90,27
Lenho	47,810	51,010	20,550	39,790	52,220	30,240	26,130	36,200	106,370	31,380	32,020	56,590	44,19	16,95
Casca	151,700	140,590	107,520	133,270	218,390	113,340	192,630	174,790	198,580	238,220	287,730	241,510	183,19	39,29
Tronco	199,510	191,600	128,070	173,060	270,610	143,580	218,760	210,980	304,950	269,600	319,750	298,100	227,38	44,56
Árvore total	627,160	685,580	636,700	649,810	561,810	405,540	442,690	470,010	822,450	467,400	519,480	603,110	574,31	86,75
Serapilheira	66,720	72,000	116,790	85,170	61,060	85,270	58,300	68,210	83,430	65,030	56,300	68,250	73,88	12,46
Árvore + serapilheira	693,880	757,580	753,490	734,980	622,870	490,810	500,990	538,220	905,880	532,430	575,780	671,360	648,19	91,60
Partição (%)														
Folhas	48,57	61,60	59,99	56,95	39,98	46,26	36,70	40,87	17,42	15,84	23,23	18,66	38,84	11,20
Galhos	13,06	3,60	7,51	7,92	6,78	7,11	8,00	7,26	39,71	21,31	11,46	26,77	13,17	7,31
Copa	61,63	65,20	67,50	64,87	46,75	53,37	44,70	48,13	57,13	37,15	34,69	45,43	52,01	7,79
Lenho	6,89	6,73	2,73	5,41	8,38	6,16	5,22	6,73	11,74	5,89	5,56	8,43	6,59	1,61
Casca	21,86	18,56	14,27	18,13	35,06	23,09	38,45	32,48	21,92	44,74	49,97	35,97	29,77	8,23
Tronco	28,75	25,29	17,00	23,55	43,45	29,25	43,67	39,20	33,66	50,64	55,53	44,40	36,36	8,29
Árvore total	90,38	90,50	84,50	88,41	90,20	82,63	88,36	87,33	90,79	87,79	90,22	89,83	88,37	1,92
Serapilheira	9,62	9,50	15,50	11,59	9,80	17,37	11,64	12,67	9,21	12,21	9,78	10,17	11,63	1,93
Árvore + serapilheira	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1/ intervalo de confiança a 5%.

No lenho, os valores médios de CUB (Quadro 19) evidenciam que dentre os macronutrientes o S, é o mais eficientemente utilizado pela teca, vindo a seguir P, Ca, Mg, N e K; entre os micronutrientes destaca-se o CUB de Zn e o de B.

Os valores de CUB para a produção de tronco são mostrados no quadro 20. Novamente, os valores médios de CUB obtidos apontam que os nutrientes mais eficientemente utilizados, pela ordem, são: S, P, Mg, N, Ca e K; entre os micronutrientes, destacam-se Zn e B.

Os menores valores de CUB encontrados para tronco em relação ao lenho refletem os maiores teores de nutrientes na casca, com destaque para o Ca.

### **3.5. Balanço de nutrientes nos plantios**

Os resultados de análises de solo sob os plantios de teca, nas três localidades estudadas, são apresentados nos Quadros 21 a 23.

Os resultados dessas análises referentes a P, K, Ca e Mg, para as camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, foram divididos pelas respectivas taxas de recuperação pelos extratores químicos utilizados (TRext, Quadro 1), resultando em estimativas das quantidades capazes de serem supridas pelo solo. De posse destas e dos conteúdos de P, K, Ca e Mg em componentes das árvores e na serapilheira, foram elaborados os respectivos balanços nutricionais (Quadro 24).

Em Tangará da Serra, as quantidades de nutrientes presentes no solo, são muito superiores às quantidades de nutrientes contidas na planta. Nesta localidade, os elevados percentuais de nutrientes no solo em relação ao total (solo+planta+serapilheira) do sistema, quais sejam: P 70%, K 76%, Ca 96% e Mg 95%, indicam boa reserva do solo e, portanto, a não necessidade de adição desses nutrientes mediante adubação para o crescimento atual e nos próximos ciclos de teca.

Quadro 19 – Coeficiente de utilização biológico (CUB) de nutrientes para produção de lenho<sup>1/</sup> em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Nutriente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Jurueña (53 meses)				Média	IC5% <sup>2/</sup>	
	Árvore				Árvore				Árvore						
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média			
	CUB (kg/kg)														
N	769	769	666	735	833	1250	999	1027	833	833	769	811	858	112	
P	1984	2247	1422	1884	2145	3862	4807	3605	3675	6993	6619	5762	3750	1332	
K	238	202	210	216	344	327	303	325	333	294	285	304	282	34	
Ca	1249	980	763	997	1562	1123	1851	1512	1351	1250	1351	1317	1276	206	
Mg	1041	1265	1111	1139	934	1086	1030	1017	1265	1315	1369	1317	1158	98	
S	4349	4348	4343	4347	4349	4165	4347	4287	4348	4348	4348	4348	4327	39	
	CUB (kg/g)														
Zn	204	192	204	200	181	144	131	152	204	238	243	228	193	24	
Fe	25	21	49	31	39	19	32	30	22	147	181	117	59	39	
Mn	3335	101	2000	1812	9995	222	1428	3881	434			434	2502	2592	
Cu	909	999	1000	969	999	3336		2168	833	624	1666	1041	1296	607	
B	625	434	714	591	526	526	1111	721	370	1428	1428	1075	796	272	

<sup>1/</sup> Matéria seca de lenho/conteúdo no lenho. <sup>2/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

Quadro 20 – Coeficiente de utilização biológico (CUB) de nutrientes para produção de tronco<sup>1/</sup> em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Nutriente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruena (53 meses)				Média	IC5% <sup>2/</sup>
	Árvore				Árvore				Árvore					
	1	2	3	Média	1	2	3	Média	1	2	3	Média		
	CUB (kg/kg)													
N	502	504	462	490	610	774	726	703	605	593	608	602	598	66
P	1519	1753	1246	1506	2085	3310	3798	3064	3263	4942	5149	4452	3007	948
K	180	149	157	162	304	257	269	277	253	203	206	220	220	34
Ca	269	262	263	264	409	359	436	401	389	597	338	441	369	70
Mg	826	945	890	887	688	802	748	746	1090	1159	1005	1085	906	103
S	4090	4150	3931	4057	4063	4024	4186	4091	4196	4200	4186	4194	4114	61
	CUB (kg/g)													
Zn	125	121	122	122	91	96	106	98	141	152	160	151	124	15
Fe	8,6	6,4	3,5	6,2	10,8	11,0	16,0	12,6	18,2	68,2	67,1	51,2	23,3	16,7
Mn	200	40	131	123	141	80	174	131	101	182	334	206	153	55
Cu	608	573	641	607	740	1728	3068	1846	732	495	1045	758	1070	547
B	170	132	133	145	116	132	151	133	149	192	167	169	149	15

<sup>1/</sup> Matéria seca de tronco/conteúdo no tronco. <sup>2/</sup> Intervalo de confiança a 5%.

Em São José do Rio Claro, as quantidades de nutrientes presentes no solo em relação ao total do sistema são as seguintes: P 66%, K 25%, Ca 67% e Mg 67%. As quantidades de nutrientes P, Ca e Mg, são suficientes para garantir o crescimento do povoamento. Entretanto, o K é elemento limitante, uma vez que 75% do mesmo está na planta, sendo necessário que se faça sua adição por meio de adubação.

Em Juruena, 21% do P, 27% do K, 77% do Ca e 68% do Mg se encontram no solo. Desta maneira, as quantidades de Ca e Mg no solo são suficientes para manter o crescimento da teca. Porém, P e K são aqueles limitantes ao crescimento, havendo necessidade de adição de ambos ao solo para manter o crescimento do povoamento.

### **3.6. Informações utilizadas para a parametrização do NUTRITECA**

Com os dados obtidos nas árvores abatidas, abrangendo as idades de 29 a 53 meses, e com base em dados de literatura que mostram que a densidade do lenho (DLH) de teca é de  $650 \text{ kg/m}^3$  e a de tronco (DTR) é de  $674 \text{ kg/m}^3$  aos 300 meses, foram ajustadas as equações:  $\text{DLH (kg/m}^3) = 69,241 + 103,01 \text{ Ln (ID)}$ ,  $R^2 = 0,960$ ;  $\text{DTr (kg/m}^3) = 48,263 + 111,02 \text{ Ln (Id)}$ ,  $R^2 = 0,961$ , em que ID é a idade em meses. Essas equações permitem estimar a biomassa de lenho e de tronco a partir dos respectivos volumes sólidos.

Para estimar os valores de conteúdos de nutrientes no lenho e no tronco, a partir dos valores das respectivas biomassas, optou-se por usar os valores médios de CUB, para a produção de lenho ou de tronco, das nove árvores abatidas (Quadros 19 e 20), não obstante ser esperado aumento do CUB com a idade do povoamento, em razão da ciclagem bioquímica de nutrientes (Neves, 2000), e decréscimo com o aumento da disponibilidade do nutriente no solo (Barros et al., 1986). O refinamento dos valores de CUB a serem utilizados em versões futuras do NUTRITECA poderia contemplar sua avaliação ao longo de uma seqüência de idades, para plantios implantados num mesmo sítio. Sugere-se também que nestes sejam avaliadas árvores de diferentes classes diamétricas.

Quadro 21 – Resultados de análises químicas e físicas do solo sob plantios de teca, aos 29 meses, em Tangará da Serra-MT

AM	Prof.	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	AG	AF	Silte	Argila
	-- cm --	H <sub>2</sub> O	--- mg/dm <sup>3</sup> --	----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					----- % -----	dag/kg	mg/L	----- mg/dm <sup>3</sup> -----			----- % -----								
1	00 - 20	6,24	11,2	152,0	6,22	1,56	0,00	4,03	8,18	8,18	12,21	66,7	0,0	2,83	19,1	13,4	56,3	65,2	1,4	24	9	20	47
	20 - 40	6,55	3,9	96,0	5,13	1,40	0,00	2,36	6,78	6,78	9,14	74,2	0,0	0,62	6,8	9,2	44,8	37,2	1,7	20	7	16	57
	40 - 60	6,57	3,1	120,0	3,98	1,40	0,00	1,67	5,68	5,68	7,35	77,3	0,0	0,74	2,5	7,6	65,1	31,9	1,6	18	6	15	61
2	00 - 20	6,25	2,2	144,0	7,61	1,27	0,00	3,89	9,26	9,26	13,15	70,4	0,0	2,96	13,4	9,3	28,7	90,1	0,2	4	10	23	63
	20 - 40	6,58	0,6	88,0	5,22	1,19	0,00	2,08	6,64	6,64	8,72	76,1	0,0	2,34	3,9	5,2	31,4	66,3	0,5	3	7	19	71
	40 - 60	6,73	0,4	88,0	3,46	1,15	0,00	1,39	4,84	4,84	6,23	77,7	0,0	1,11	3,3	4,3	38,4	38,1	0,4	3	6	13	78
3	00 - 20	6,46	1,7	212,0	6,66	1,06	0,00	4,03	8,23	8,23	12,26	67,1	0,0	1,36	12,2	12,1	8,3	98,5	7,0	25	26	18	31
	20 - 40	6,57	1,7	192,0	5,23	0,88	0,00	2,92	6,59	6,59	9,51	69,3	0,0	1,11	9,0	10,2	13,2	99,1	8,9	24	26	15	35
	40 - 60	6,76	3,4	188,0	5,31	0,84	0,00	2,50	6,63	6,63	9,13	72,6	0,0	0,49	5,1	6,5	19,4	97,9	7,5	24	25	15	36
Média	00 - 20	6,32	5,02	169,3	6,83	1,30	0,00	3,98	8,56	8,56	12,54	68,1	0,00	2,38	14,90	11,60	31,10	84,6	2,8	18	15	20	47
	20 - 40	6,57	2,04	125,3	5,19	1,15	0,00	2,45	6,67	6,67	9,12	73,2	0,00	1,36	6,57	8,21	29,80	67,5	3,7	16	13	17	54
	40 - 60	6,69	2,26	132,0	4,25	1,13	0,00	1,85	5,72	5,72	7,57	75,9	0,00	0,78	3,63	6,11	40,97	55,9	3,2	15	12	15	58

Métodos: P, K, Zn, Fe, Mn e Cu: Mehlich-1; Ca, Mg e Al: KCl 1mol/L; H+Al: acetato de cálcio 0,5 mol/L pH 7,0; MO: Walkley e Black; P-rem: Alvarez V et al. (1993); AG, AF, Silte, Argila: EMBRAPA (1997).

Quadro 22 – Resultados de análises químicas e físicas do solo sob plantios de teca, aos 41 meses, em São José Rio Claro-MT

AM	Prof.	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	AG	AF	Silte	Argila
	- cm -	H <sub>2</sub> O	-- mg/dm <sup>3</sup> --				----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					----- % -----	dag/kg	mg/L		mg/dm <sup>3</sup>				----- % -----			
1	00 - 20	5,56	9,05	14,0	0,719	0,285	0,11	3,06	1,04	1,15	4,10	25,44	9,53	1,11	33,2	0,90	111,2	8,9	0,00	48	32	3	7
	20 - 40	5,11	0,25	4,0	0,142	0,126	0,32	3,2	0,28	0,60	3,48	7,99	53,51	1,73	25,6	0,63	114,1	2,7	0,00	43	33	3	21
	40 - 60	4,84	0,25	7,0	0,094	0,078	0,32	2,78	0,19	0,51	2,97	6,46	62,5	0,49	30,9	0,90	83,8	2,2	0,00	45	30	2	23
2	00 - 20	5,30	2,78	12,0	0,491	0,212	0,11	3,33	0,73	0,84	4,06	18,04	13,05	1,73	26,7	1,35	116,4	9,5	0,00	46	31	3	20
	20 - 40	4,83	0,09	4,0	0,111	0,037	0,42	3,33	0,16	0,58	3,49	4,53	72,66	1,11	28,9	1,11	95,6	2,7	0,00	38	38	2	22
	40 - 60	4,77	0,00	4,0	0,101	0,043	0,42	2,78	0,15	0,57	2,93	5,25	73,17	1,11	23,9	3,25	55,3	2,4	0,00	43	42	0	15
3	00 - 20	5,52	17,2	21,0	0,806	0,356	0,11	3,33	1,21	1,32	4,54	26,68	8,32	1,73	28,4	3,73	108,1	9,9	0,00	46	35	1	18
	20 - 40	5,19	0,09	7,0	0,188	0,133	0,21	2,78	0,34	0,55	3,12	10,93	38,11	1,11	25,1	2,55	109,3	2,4	0,00	38	39	3	20
	40 - 60	4,88	0,00	5,0	0,061	0,057	0,42	2,78	0,13	0,55	2,91	4,4	76,64	0,49	27,0	3,98	85,9	2,0	0,00	38	36	4	22
Média	00 - 20	5,46	9,7	15,7	0,67	0,28	0,11	3,24	0,99	1,10	4,23	23,4	10,3	1,52	29,43	2,0	111,9	9,4	0,0	47	33	2	15
	20 - 40	5,04	0,1	5,0	0,15	0,10	0,32	3,10	0,26	0,58	3,36	7,8	54,8	1,32	26,53	1,4	106,3	2,6	0,0	40	37	3	21
	40 - 60	4,83	0,1	5,3	0,09	0,06	0,39	2,78	0,16	0,54	2,94	5,4	70,8	0,70	27,27	2,7	75,0	2,2	0,0	42	36	2	20

Métodos: P, K, Zn, Fe, Mn e Cu: Mehlich-1; Ca, Mg e Al: KCl 1mol/L; H+Al: acetato de cálcio 0,5 mol/L pH 7,0; MO: Walkley e Black; P-rem: Alvarez V et al. (1993); AG, AF, Silte, Argila: EMBRAPA (1997).

Quadro 23 – Resultados de análises químicas e físicas de plantios de teca, aos 53 meses, em Juruena - MT

AM	Prof.	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	AG	AF	Silte	Argila
	- cm -	H <sub>2</sub> O	- mg/dm <sup>3</sup> -	----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					----- % -----	dag/kg	mg/L	----- mg/dm <sup>3</sup> -----				----- % -----							
1	00 - 20	4,84	0,8	17,0	0,835	0,137	0,21	3,06	1,01	1,22	4,07	24,85	17,18	0,62	34,4	2,16	63,6	24,0	0,00	37	30	8	25
	20 - 40	4,64	0,1	20,0	0,152	0,052	0,53	2,50	0,25	0,78	2,75	9,22	67,60	1,60	19,8	1,42	27,4	9,10	0,00	28	28	8	36
	40 - 60	4,71	0,0	21,0	0,063	0,030	0,42	2,78	0,14	0,56	2,92	4,89	74,60	1,11	16,6	1,27	11,8	5,20	0,00	20	25	8	47
2	00 - 20	5,70	1,2	17,0	1,947	0,328	0,00	1,81	2,32	2,32	4,13	56,12	0,00	1,36	38,9	2,46	18,6	49,8	0,00	30	43	9	18
	20 - 40	5,27	0,3	21,0	0,448	0,203	0,11	1,95	0,70	0,81	2,65	26,44	13,57	0,25	26,9	2,4	20,9	14,3	0,19	22	38	9	31
	40 - 60	5,20	0,0	32,0	0,288	0,155	0,11	1,95	0,52	0,63	2,47	21,15	17,38	1,36	14,7	1,54	14,6	7,10	0,11	17	36	9	40
3	00 - 20	6,27	3,0	14,0	1,491	0,240	0,00	1,39	1,77	1,77	3,16	56,03	0,00	1,11	43,4	5,73	33,2	87,3	0,00	42	43	5	10
	20 - 40	5,61	0,3	12,0	0,457	0,174	0,11	2,08	0,66	0,77	2,74	24,12	14,27	0,86	34,3	9,15	59,8	45,0	0,00	35	44	5	16
	40 - 60	5,09	0,0	26,0	0,213	0,175	0,32	2,64	0,46	0,78	3,10	14,78	41,13	0,74	18,7	10,3	29,2	8,90	0,00	21	32	5	42
Média	00 - 20	5,60	1,7	16,0	1,42	0,24	0,07	2,09	1,70	1,77	3,79	45,7	5,7	1,03	38,90	3,5	38,5	53,7	0,0	36	39	7	18
	20 - 40	5,17	0,2	17,7	0,35	0,14	0,25	2,18	0,54	0,79	2,71	19,9	31,8	0,90	27,00	4,3	36,0	22,8	0,1	28	37	7	28
	40 - 60	5,00	0,0	26,3	0,19	0,12	0,28	2,46	0,37	0,66	2,83	13,6	44,4	1,07	16,67	4,4	18,5	7,1	0,0	19	31	7	43

Métodos: P, K, Zn, Fe, Mn e Cu: Mehlich-1; Ca, Mg e Al: KCl 1mol/L; H+Al: acetato de cálcio 0,5 mol/L pH 7,0; MO: Walkley e Black; P-rem: Alvarez V. et al. (1993); AG, AF, silte, argila. Fonte: EMBRAPA (1997).

Quadro 24 – Balanço de P, K, Ca e Mg em plantios de teca, em localidades do Estado do Mato Grosso

Componente	Tangará da Serra (29 meses)				São José do Rio Claro (41 meses)				Juruela (53 meses)			
	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
<b>Árvore</b>	(kg/ha)											
Copa	20,1	128	195	21	11,6	70	107	22	8,8	115	107	14
Lenho	11,8	102	22	20	7,7	75	16	24	8,0	144	33	33
Casca	5,1	54	74	9	2,2	25	53	14	3,6	88	88	14
Tronco	16,9	155	96	29	9,9	100	69	38	11,6	232	121	47
Parte Aérea	37,0	284	291	50	21,4	170	176	60	20,4	347	228	60
Raiz	7,4	43	29	5	4,3	26	18	6	4,1	52	23	6
Árvore total	44,3	326	321	55	25,7	196	193	66	24,5	399	251	66
<b>Serapilheira</b>	4,1	12	55	7	1,8	6	46	9	2,4	9	51	6
<b>Árvore + serapilheira</b>	48,4	339	375	62	27,5	202	239	75	26,9	408	301	72
<b>Solo</b>												
0-20 cm	36,6	457	3566	394	52,1	42	373	93	5,9	36	744	71
20-40 cm	27,2	360	2712	352	0,7	14	83	37	1,1	44	184	43
40-60 cm	41,2	391	2219	344	0,4	13	35	18	0,0	70	98	36
(0-60) cm	105,0	1209	8497	1090	53,1	68	490	149	7,1	149	1026	151

Para obter estimativas da biomassa e dos conteúdos de nutrientes nas raízes, baseou-se nos valores de partição verificados por Neves (2000) em plantios de eucalipto. Desta forma, nas árvores de teca estudadas, a biomassa de raízes foi considerada como sendo igual a 20% da biomassa da parte aérea, e os conteúdos de nutrientes nas raízes, em relação aos da parte aérea, foram considerados como sendo: N, P, S (20%), K (15%), Ca, Mg e micronutrientes (10%)

Obtidas essas estimativas para as árvores de teca estudadas, foram calculadas as relações da biomassa e dos conteúdos de nutrientes entre copa+raiz/tronco e copa+raiz+serapilheira/tronco. De modo semelhante, foram também calculadas as referidas relações envolvendo o lenho.

As equações ajustadas para as relações da biomassa e dos conteúdos de macronutrientes entre componentes das árvores (Quadros 27 e 28), especificamente casca+raiz+serapilheira/tronco ou lenho e casca+raiz/tronco ou lenho, refletem o aumento da partição de carbono e desses nutrientes minerais para o tronco ou lenho com a idade dos plantios. A grande variabilidade existente dentro de uma mesma localidade, para essas relações envolvendo os micronutrientes estudados, não permitiu o ajustamento de equações significativas aos dados, o que não significa que as relações sejam, de fato, constantes com a idade. Contudo, no NUTRITECA assumiu-se tal constância.

As equações dos Quadros 27 e 28 permitem que com base nos conteúdos de nutrientes no tronco ou no lenho sejam estimados os conteúdos nos componentes das árvores que permanecem na área após a colheita.

### **3.6.1. Exemplo do sistema**

De modo a exemplificar o uso do NUTRITECA, considerou-se o valor médio de IMA obtido na região de Juruena, bem como os respectivos resultados médios das análises de solo das camadas de 0-20 e 20-40 cm. Considerou-se ainda a idade de 53 meses e o espaçamento de plantio de 3 x 2 m. O valor de CUB de nutrientes utilizado foi a média dos valores das 9 árvores abatidas no conjunto das três localidades estudadas. De modo a

Quadro 27 – Equações<sup>1/</sup> para as relações (Y) casca/tronco, copa + raiz + serapilheira/tronco e copa + raiz/tronco, em função da idade (X) de plantios de teca, aplicáveis a biomassa (BS) e conteúdos de nutrientes

Variável	Copa/Tronco	Copa+Raiz+Serapilheira/Tronco	Copa+Raiz/Tronco
BS	y = 0,136	y = 1,6912e <sup>-0,0228x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,759	y = 1,2741e <sup>-0,0204x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,781
N	y = 0,394	y = 16,72e <sup>-0,0360x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,586	y = 15,206e <sup>-0,0372x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,584
P	y = 0,288	y = 3,1053e <sup>-0,0150x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,300	y = 2,8409e <sup>-0,0163x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,310
K	y = 0,330	y = 2,2103e <sup>-0,0200x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,516	y = 2,0877e <sup>-0,0204x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,429
Ca	y = 0,745	y = 7,2743e <sup>-0,0286x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,524	y = 8,3169e <sup>-0,0404x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,812
Mg	y = 0,326	y = 3,0944e <sup>-0,0316x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,749	y = 2,9039e <sup>-0,0381x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,680
S	y = 0,178	y = 6,1799e <sup>-0,0361x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,873	y = 4,4076e <sup>-0,0335x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,855
Zn	y = 0,442	y = 1,706	y = 1,293
Fe	y = 0,649	y = 1,157	y = 0,856
Mn	y = 0,846	y = 4,409	y = 3,261
Cu	y = 0,478	y = 4,757	y = 3,436
B	y = 0,805	y = 2,393	y = 2,016

<sup>1/</sup> Exceto para P, todas as equações são significativas a 5% de probabilidade.

Quadro 28 – Equações<sup>1/</sup> para as relações (Y) copa/lenho, copa + raiz + serapilheira/lenho e copa + raiz/lenho em função da idade (X) de plantios de teca, aplicáveis a biomassa (BS) e conteúdos de nutrientes

Variável	Casca/lenho	Copa+Raiz+Serapilheira/Lenho	Copa+Raiz/Lenho
BS	y = 0,158	y = 1,9172e <sup>-0,0223x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,723	y = 1,4442e <sup>-0,0199x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,754
N	y = 0,659	y = 32,473e <sup>-0,0399x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,586	y = 29,534e <sup>-0,0411x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,587
P	y = 0,417	y = 4,1233e <sup>-0,0136x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,192	y = 3,7723e <sup>-0,0149x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,212
K	y = 0,503	y = 3,2109e <sup>-0,0172x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,405	y = 2,9504e <sup>-0,0166x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,385
Ca	y = 3,113	y = 41,961e <sup>-0,0348x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,860	y = 38,342e <sup>-0,0390x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,874
Mg	y = 0,491	y = 5,1345e <sup>-0,0302x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,642	y = 4,0356e <sup>-0,0301x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,607
S	y = 0,218	y = 7,8007e <sup>-0,0370x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,867	y = 5,5636e <sup>-0,0343x</sup> , R <sup>2</sup> = 0,853
Zn	y = 0,816	y = 3,128	y = 2,365
Fe	y = 3,346	y = 4,961	y = 3,634
Mn	y = 18,750	y = 100,586	y = 73,689
Cu	y = 0,751	y = 8,112	y = 5,761
B	y = 4,990	y = 12,963	y = 10,816

<sup>1/</sup> Exceto para P, todas as equações são significativas a 5% de probabilidade.

facilitar o acompanhamento dos cálculos e estimativas feitas, esses são apresentados, passo a passo:

### 3.6.1.1. Subsistema solo

O suprimento estimado de nutrientes do solo (0-20 e 20-40) foi obtido em função dos resultados constantes do Quadro 29 e das respectivas taxas de recuperação pelo extrator (TRext, Quadro 1).

Quadro 29 – Resultados de análises de solo sob plantios de teca, em Juruena-MT

Característica	0-20 cm	20-40 cm	Método
pH H <sub>2</sub> O	5,60	5,17	-
P (mg/dm <sup>3</sup> )	1,70	0,20	Mehlich-1
K (mg/dm <sup>3</sup> )	16,0	17,7	Mehlich-1
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	1,42	0,35	KCl 1 mol /L
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	0,24	0,14	KCl 1 mol /L
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	0,07	0,25	KCl 1 mol /L
H+Al (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup> )	2,09	2,18	Acetato de Ca 0,5 mol/L, pH 7,0
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	0,00	0,10	Mehlich-1
Fe (mg/dm <sup>3</sup> )	38,50	36,0	Mehlich-1
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	3,50	4,30	Mehlich-1
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	53,70	22,8	Mehlich-1
Prem-60 (mg/L)	38,90	27,00	-
M.O (dag/kg)	1,03	0,90	Walkley-Black

Os valores de TRext estimados e as quantidades supridas pelo solo constam do Quadro 30.

### - Calagem

Pelos dados de análise de solo, a Necessidade de Calagem (NC) pelo método do Al<sup>3+</sup> e Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> é de 0,84 t/ha, e pelo método da Saturação por bases (para Ve = 65%) de 0,76 t/ha. Os valores de pH H<sub>2</sub>O estimados após a

Quadro 30 – Valores de taxa de recuperação de nutrientes pelo extrator, e respectivo suprimento por camadas de solo, em Juruena-MT

Nutriente	0 - 20 cm		20 - 40 cm		0 - 40 cm
	TRext	Suprimento	TRext	Suprimento	Suprimento
Fósforo	0,54	6,3	0,40	1,0	7,3
Potássio	0,90	36,0	0,82	43,0	78,9
Cálcio	0,77	741,0	0,77	183,0	924,2
Magnésio	0,80	73,0	0,80	43,0	115,6
Zinco	0,45	15.534,0	0,38	22.368,0	37902,6
Ferro	0,50	154.000,0	0,50	144.000,0	298000,0
Manganês	0,50	214.800,0	0,50	91.200,0	306000,0
Cobre	0,78	0,0	0,78	258,0	258,0

\* Suprimento: macronutrientes (kg/ha), micronutrientes (g/ha).

calagem são iguais a 6,18 e 6,13, respectivamente. Adotando-se o método da saturação por bases, e considerando aplicação em área total, incorporação na camada de 0-20 cm e corretivo com PRNT = 90% constituído por 38% CaO e 12% MgO, as quantidades de Ca e de Mg adicionadas seriam iguais a 230,2 e 40,7 kg/ha, respectivamente.

### 3.6.1.2. Subsistema planta

#### 3.6.1.2.1. Cálculos do volume e estimativas de densidade do tronco e de biomassa de componentes das árvores

##### - Volume do tronco (VTR)

Foi obtido através da equação  $VTR = IMATR * (ID/12)$ , em que VTR é expresso em  $m^3/ha$ , IMATR é o incremento médio anual do tronco ( $m^3/ha/ano$ ) desejado até a idade do primeiro desbaste, e ID é a idade do primeiro desbaste (em meses). Considerando  $IMATR = 22,57 m^3/ha/ano$  e  $ID = 53$  meses, obtém-se VTR igual a  $99,7 m^3/ha$ .

#### **- Densidade do tronco (DTR)**

Foi obtida mediante a equação  $DTR = 48,26 + 111,02 \ln (ID)$ , em que DTR é expressa em  $\text{kg/m}^3$ . Para a idade de 53 meses, DTR seria de  $489 \text{ kg/m}^3$ .

#### **- Biomassa do tronco (BTR)**

A biomassa do tronco foi obtida pela equação  $BTR = VTR * DTR$ , em que BTR é expressa em t/ha. Para 53 meses, sendo  $VTR=99,7 \text{ m}^3/\text{ha}$  e  $DTR = 489 \text{ kg/m}^3$ , o valor de BTR calculado é de  $48,8 \text{ t/ha}$ .

#### **- Volume do lenho (VLH)**

O volume do lenho foi calculado através da equação  $VLH = IMATR * (1 - (\text{casca/tronco})) * ID/12$ , em que: VLH é expresso em  $\text{m}^3/\text{ha}$ , e casca/tronco = 0,136, conforme verificado nas árvores abatidas. Aos 53 meses, para  $IMATR = 22,57 \text{ m}^3/\text{ha/ano}$ , VLH seria de  $86,1 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

#### **- Densidade do lenho (DLH)**

A DLH ( $\text{kg/m}^3$ ) foi obtida pela equação:  $DLH = 69,241 + 103,01 \ln (ID)$ . Para a idade 53 meses, o valor calculado é de  $478 \text{ kg/m}^3$ .

#### **- Biomassa do lenho (BLH)**

A BLH (t/ha) foi calculada por:  $BLH = VLH * DLH$ . Aos 53 meses, o valor estimado para BLH é de  $41,2 \text{ t/ha}$ .

#### **- Biomassa de copa+raiz (BCR)**

O valor de BCR (t/ha) foi obtido de:  $BCR = BTR * ((\text{copa} + \text{raiz})/\text{tronco})$ . Aos 53 meses, o valor estimado para copa + raiz/tronco (y), 0,432, foi obtido

da equação:  $y = 1,2741e^{-0,0204 ID}$ . Desta forma, nessa idade, BCR é estimada em 21,1 t/ha.

#### **- Biomassa de copa+raiz+serapilheira (BCRS)**

A BCRS (t/ha) foi obtida da expressão:  $BCRS = BTR * (\text{copa} + \text{raiz} + \text{serapilheira})/\text{tronco}$ . Para a idade de 53 meses, copa + raiz + serapilheira/tronco é estimada em 0,505, tendo sido obtida da equação:  $y = 1,6912e^{-0,0228 ID}$ . Logo, o valor estimado de BCRS é de 24,7 t/ha.

#### **- Volume de casca (VCA)**

O VCA foi obtido por:  $VCA = VTR - VLH$ . Assim, no exemplo, o valor obtido foi de 13,6 m<sup>3</sup>/ha.

#### **- Biomassa de casca (BCA)**

A BCA foi obtida por:  $BCA = BTR - BLH$ . No exemplo,  $BCA = 7,56$  t/ha.

#### **- Biomassa de Serapilheira (BSER)**

A BSER foi obtida por:  $BSER = BCRS - BCR$ . No exemplo,  $BSER = 3,6$  t/ha.

### **3.6.1.2.2. Estimativas de conteúdo de nutrientes nos componentes das árvores e na serapilheira**

#### **- No tronco**

O quociente da BTR (48,8 t/ha) pelo valor de CUB de cada nutriente para produção de tronco forneceu os conteúdos de nutrientes no tronco. Assim, foram obtidos os seguintes valores, expressos em kg/ha

(macronutrientes) e em g/ha (micronutrientes): N = 81,4; P = 16,2; K = 221,4; Ca = 132,0; Mg = 53,8; S = 11,8; Zn = 392,3; Fe = 2.088,4; Mn = 316,7; Cu = 45,5; B = 325,8.

#### **- Na casca**

Com base nesses conteúdos e na relação casca/tronco, foram estimados os conteúdos na casca, expressos em kg/ha (macronutrientes) e em g/ha (micronutrientes): N = 32,1; P = 4,7; K = 73,0; Ca = 98,3; Mg = 17,5; S = 2,1; Zn = 173,2; Fe = 1.354,6; Mn = 267,8; Cu = 21,8; B = 262,3.

#### **- No lenho**

Os conteúdos de nutrientes no lenho foram obtidos pela subtração dos respectivos valores no tronco e na casca, e expressos em kg/ha (macronutrientes) e em g/ha (micronutrientes), são: N = 49,4; P = 11,5; K = 148,4; Ca = 33,7; Mg = 36,3; S = 9,7; Zn = 219,1; Fe = 733,9; Mn = 48,9; Cu = 23,8; B = 63,5.

#### **- Na casca + raiz + serapilheira**

Para cada nutriente, seu conteúdo na copa + raiz + serapilheira foi obtido com base no conteúdo no tronco e na respectiva relação copa + raiz + serapilheira. Aos 53 meses, pelas equações do Quadro 27, os valores estimados dessas relações são: N (2,48), P (1,40), K (0,77), Ca (1,60), Mg (0,58), S (0,91), Zn (1,71), Fe (1,16), Mn (4,41), Cu (4,76) e B (2,39). Desse modo, os conteúdos de nutrientes na copa + raiz + serapilheira, expressos em kg/ha para macronutrientes e em g/ha para micronutrientes, são: N = 202,0; P = 22,7; K = 169,6; Ca = 210,8; Mg = 31,2; S = 10,8; Zn = 669,3; Fe = 2.417,3; Mn = 1.396,3; Cu = 216,6; B = 779,8.

### **- Na copa + raiz**

Quanto aos conteúdos de nutrientes na copa + raiz, seus valores foram estimados a partir dos valores no tronco e das relações copa + raiz/tronco. Estas, aos 53 meses, foram estimadas pelas equações do Quadro 27, resultando em: N (2,12), P (1,20), K (0,71), Ca (0,98), Mg (0,39), S (0,75), Zn (1,29), Fe (0,86), Mn (3,26), Cu (3,44) e B (2,02). Assim, os conteúdos estimados de nutrientes na copa + raiz, nas mesmas unidades utilizadas para tronco, foram: N = 172,4; P = 19,4, K = 156,8; Ca = 129,0; Mg = 20,7; S = 8,80; Zn = 507,2; Fe = 1.788,0; Mn = 1.032,8; Cu = 156,5; e B = 656,7.

### **- Na serapilheira**

A diferença entre os conteúdos estimados nos dois parágrafos precedentes fornece os conteúdos existentes na serapilheira. Nas mesmas unidades que vem sendo utilizadas, tem-se: N = 29,6; P = 3,3; K = 12,8; Ca = 181,9; Mg = 10,4; S = 2,0; Zn = 162,1; Fe = 629,3; Mn = 363,5; Cu = 60,1; B = 123,1.

### **- Na Árvore**

O somatório dos conteúdos de nutrientes estimados para os componentes das árvores, resulta nos conteúdos nas árvores. Estes, expressos em kg/ha (macronutrientes) e em g/ha (micronutrientes) são: N = 253,8; P = 35,6; K = 378,2; Ca = 260,9; Mg = 74,5; S = 20,7; Zn = 899,6; Fe = 3.876,5; Mn = 1.349,5; Cu = 202,0; B = 982,50 g/ha.

### **- Nos plantios**

Os conteúdos nos plantios (árvore + serapilheira), nessas mesmas unidades, são: N = 283,4; P = 38,9; K = 390,9 kg/ha; Ca = 342,8; Mg = 85,0; S = 2,7; Zn = 1.061,7; Fe = 4.505,7; Mn = 1.713,0; Cu = 262,2 e B = 1.105,60.

### 3.6.1.2.3. Estimativa do requerimento de nutrientes

O requerimento de nutrientes foi estimado com base nos conteúdos de nutrientes nos plantios (árvore + serapilheira) e em suas taxas de recuperação (Trpl, Quadro 2). Portanto, o requerimento é em termos de dose-equivalente. Desta forma, para o exemplo, os valores estimados de TRpl e o requerimento constam do Quadro 31.

Quadro 31 – Taxa de recuperação de nutrientes (TRpl) pelas árvores de teca, em Juruena-MT, e respectivas quantidades requeridas

Nutriente	TRpl	Requerimento
N	0,65	436,0 kg/ha
P	0,26	152,3 kg/ha
K	0,75	521,0 kg/ha
Ca	0,48	714,2 kg/ha
Mg	0,57	149,1 kg/ha
S	0,24	93,2 kg/ha
Zn	0,10	10.616,7 g/ha
Fe	0,10	45.057,1 g/ha
Mn	0,10	17.129,9 g/ha
Cu	0,10	2.621,5 g/ha
B	0,10	11.055,8 g/ha

### 3.6.1.3. Balanço nutricional e recomendação de adubação

O balanço nutricional é dado pela comparação das quantidades de nutrientes supridas pelo solo (0-40 cm, Quadro 30) com aquelas requeridas pelas árvores (Quadro 31). Para Ca e Mg, como se parte da premissa que a cultura da teca apresenta sensibilidade a acidez do solo, as quantidades desses dois nutrientes veiculadas pela calagem, são também consideradas no suprimento. Igualmente, como a fertilização com P no plantio é sempre

recomendada, independentemente de seu balanço nutricional, e se considera que essa fertilização de arranque é mais efetiva quando pequenas doses de N e de K são também adicionadas nessa fertilização, mediante, por exemplo, o uso do formulado NPK 6-30-6, as quantidades de P, de N e de K assim adicionadas são computadas como suprimento.

Considerando apenas P, K, Ca, Mg e Zn essas informações constam do Quadro 32.

Quadro 32 – Balanço de P, K, Ca, Mg e Zn por plantios de teca, em Juruena - MT, aos 53 meses

Nutriente	Requerimento (kg/ha)	Suprimento (kg/ha)			Ad. Manutenção (kg/ha)
		Solo	Calagem	NPK 6-30-6	
P	152,3	7,3	-	18,2	126,9
K	521,0	78,9	-	27,7	414,4
Ca	714,2	924,2	230,2	-	-
Mg	149,1	115,6	40,7	-	-
Zn	10,6	37,9	-	-	-

#### 3.6.1.4. Avaliação do NUTRITECA

A avaliação do Sistema NUTRITECA foi feita pela comparação de suas estimativas com os valores verificados (em termos da média das três árvores avaliadas) nos plantios implantados nas três localidades estudadas. A produtividade desejada foi aquela efetivamente verificada em cada localidade. As comparações foram feitas para algumas variáveis de crescimento e produção de biomassa, bem como para os conteúdos de macro e micronutrientes no tronco e no lenho.

Em cada localidade, o desvio percentual entre o valor estimado pelo Sistema para cada variável e o observado é mostrado na Figura 4.

Para as variáveis de crescimento e produção de biomassa, os desvios são pequenos, com exceção do volume de casca (VCA) que foi superestimado

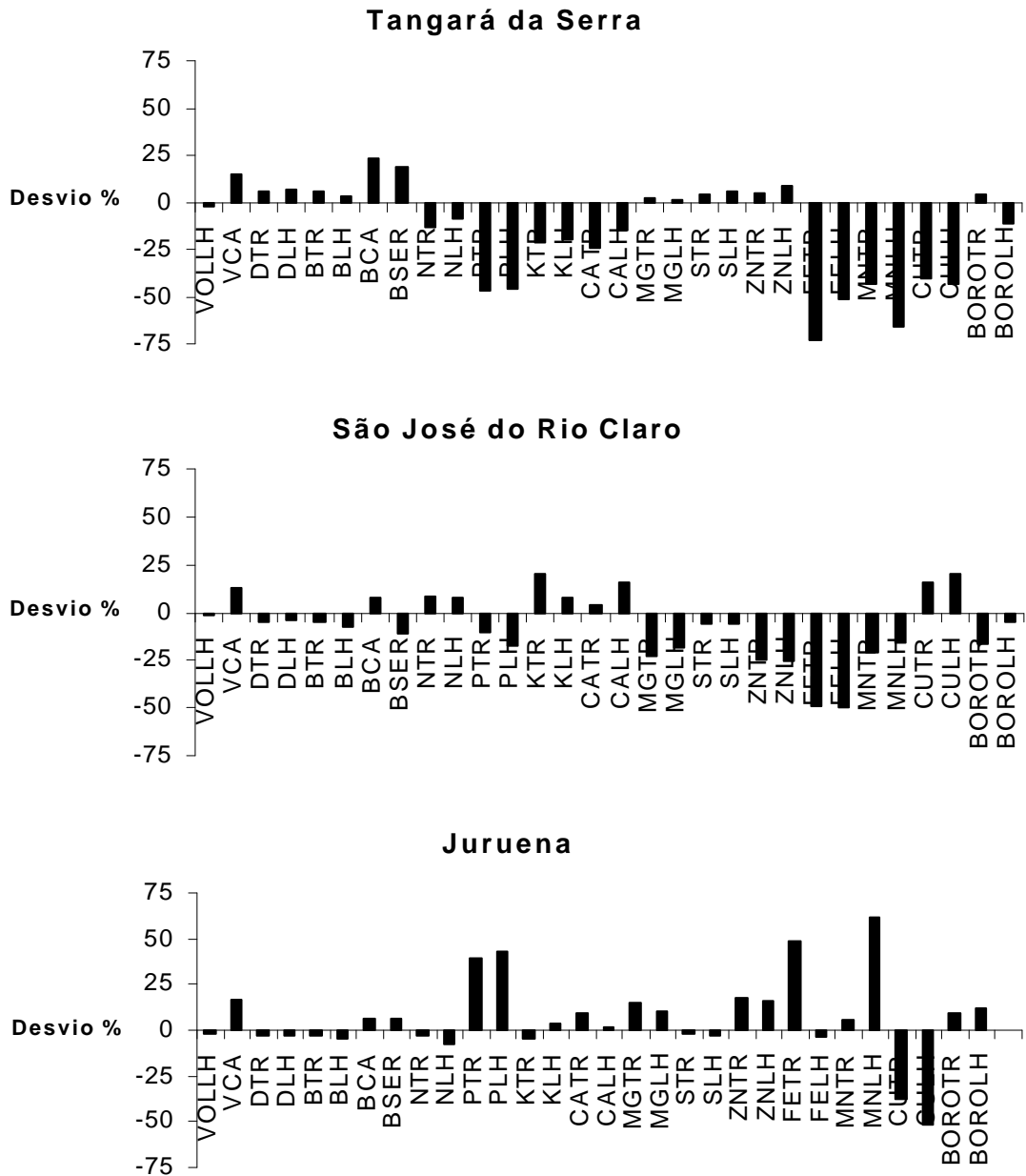


Figura 4 – Desvio percentual entre os valores estimados pelo NUTRITECA e observados em plantios de teca, em três localidades do Estado do Mato Grosso, para algumas variáveis de crescimento e produção de biomassa, bem como para os conteúdos de macro e de micronutrientes no tronco e no lenho.

em 13,2, 15,0 e 16,9%, para Tangará da Serra (TS), São José do Rio Claro (SJ) e Juruena (J), respectivamente. O Sistema subestimou, ainda que em magnitude pequena, o volume do lenho (VLH, -2,0% em média das três localidades), as densidades do lenho e do tronco em SJ e J (em média: DLH, -3,6%; DTR, -4,2%), e, conseqüentemente, as biomassas desses dois componentes (BLH, -4,9% e BTR, -6,1%, em termos da média de SJ e J). Entretanto, DLH e DTR foram superestimadas em T (+7,2 e +5,6%, respectivamente). A biomassa de casca (BCA) foi superestimada em todos os três locais, superestimação que, contudo, decresceu com o aumento da idade dos plantios (+23,2% em T, +8,0% em SJ e +7,0% em J). A biomassa de serapilheira (BSER) estimada pelo Sistema foi maior do que a observada em T (+18,3%) e J (+7,0%), e menor em SJ (-10,8%). Os desvios, para mais ou para menos, verificados sinalizam a importância de se proceder a trabalhos visando a melhoria das funções utilizadas pelo Sistema para estimar as variáveis de crescimento e produção de biomassa.

Para os conteúdos de nutrientes, percebe-se, pela figura 4, que os maiores desvios ocorrem, na maioria das vezes, para os micronutrientes catiônicos, especialmente Fe, Mn e Cu. Para Zn e B, os desvios são bem menores. Em relação aos macronutrientes, chama a atenção o comportamento do Sistema quanto a P em T (subestimação em torno de 46%, considerando a média do lenho e tronco) e em J (superestimação de 41%, para a média de lenho e tronco). Para os demais nutrientes, os conteúdos estimados pelo Sistema, no tronco ou no lenho, desviaram dos observados em magnitude inferior a 20%. Esses resultados, que podem ser considerados satisfatórios, tendo em vista principalmente os macronutrientes, com a exceção já referida do P, indicam, contudo, que o aperfeiçoamento do Sistema é necessário, o que deverá ocorrer em futuros trabalhos.

#### **3.6.1.5. Análise de sensibilidade**

A avaliação do efeito das variáveis nos resultados proporcionados pelo NUTRITECA pode ser feita mediante análises de sensibilidade. Neste trabalho, a título de exemplo, análises de sensibilidade foram feitas para P e K,

em função da variação das seguintes variáveis: produtividade esperada de tronco (IMATR) e teores de P, K e P-rem do solo. As análises foram feitas para a idade de 50 meses, considerando que os teores de cada um desses nutrientes e valores de P-rem fossem os mesmos para as camadas de 0-20 e de 20-40. Os seguintes valores de IMA foram considerados: 10, 20, 30, 40 e 50  $\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ . Os teores de P variaram como segue: 1,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0  $\text{mg}/\text{dm}^3$  (extrator Mehlich-1). Os de K, por esse mesmo extrator, foram iguais a: 20, 30, 40, 50 e 60  $\text{mg}/\text{dm}^3$ . Os valores de P-rem foram: 2,5; 10, 20, 30 e 45  $\text{mg}/\text{L}$ .

Os resultados obtidos, tanto para P como para K, constam das Figuras 5 e 6, respectivamente, sendo expressos em termos das quantidades recomendadas pelo NUTRITECA necessárias ao atendimento do balanço nutricional. Valores negativos, nas figuras, correspondem a situações em que o suprimento do nutriente pelo solo é maior do que seu requerimento pelos plantios, indicando, do ponto de vista prático, a não necessidade de adubação. Optou-se por apresentar os valores negativos, devido a que os mesmos constituiriam um saldo de balanço que é computado pelo Sistema, quando do novo balanço realizado, para estimar a necessidade de adubação pós-desbaste.

Observa-se na Figura 5 que as quantidades de P recomendadas aumentam com a elevação da produtividade e com o decréscimo do teor desse elemento no solo. No entanto, esses relacionamentos são fortemente influenciados pela capacidade-tampão do solo, expressa pelo P-rem. Com o aumento deste, ocorrem menores inclinações das curvas que relacionam as quantidades de P recomendadas em função do teor de P no solo. Assim, por exemplo, para o maior P-rem (45  $\text{mg}/\text{L}$ ), que corresponde a uma menor capacidade-tampão, haveria a necessidade de adubar com P mesmo para a menor produtividade e nos maiores teores de P no solo. Tal comportamento é altamente contrastante com aquele previsto para o menor P-rem; nesta condição apenas para a maior produtividade esperada é que o Sistema recomenda P, mesmo estando este em maiores teores no solo. Cabe observar, também, que para condições de menores teores de P, situação freqüente em solos onde se cultiva teca, o Sistema recomenda mais P para menores P-rem, o que é compatível com a maior fixação de P desses solos. Esses

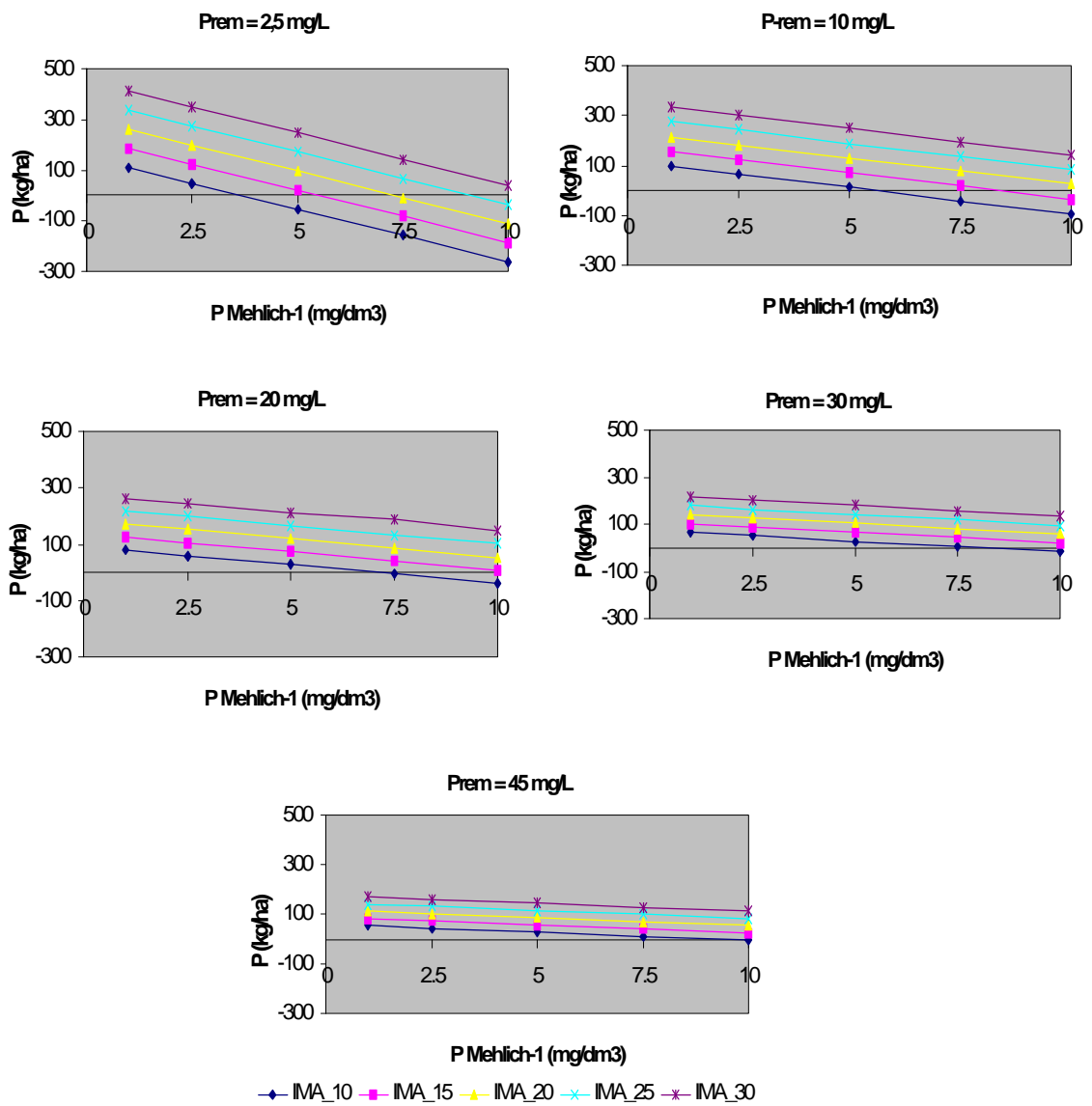


Figura 5 – Quantidades de P recomendadas pelo NUTRITECA de modo a atender ao balanço de P em função de seu teor no solo (0-40 cm), para diferentes produtividades de tronco (IMA, m<sup>3</sup>/ha/ano), aos 50 meses.

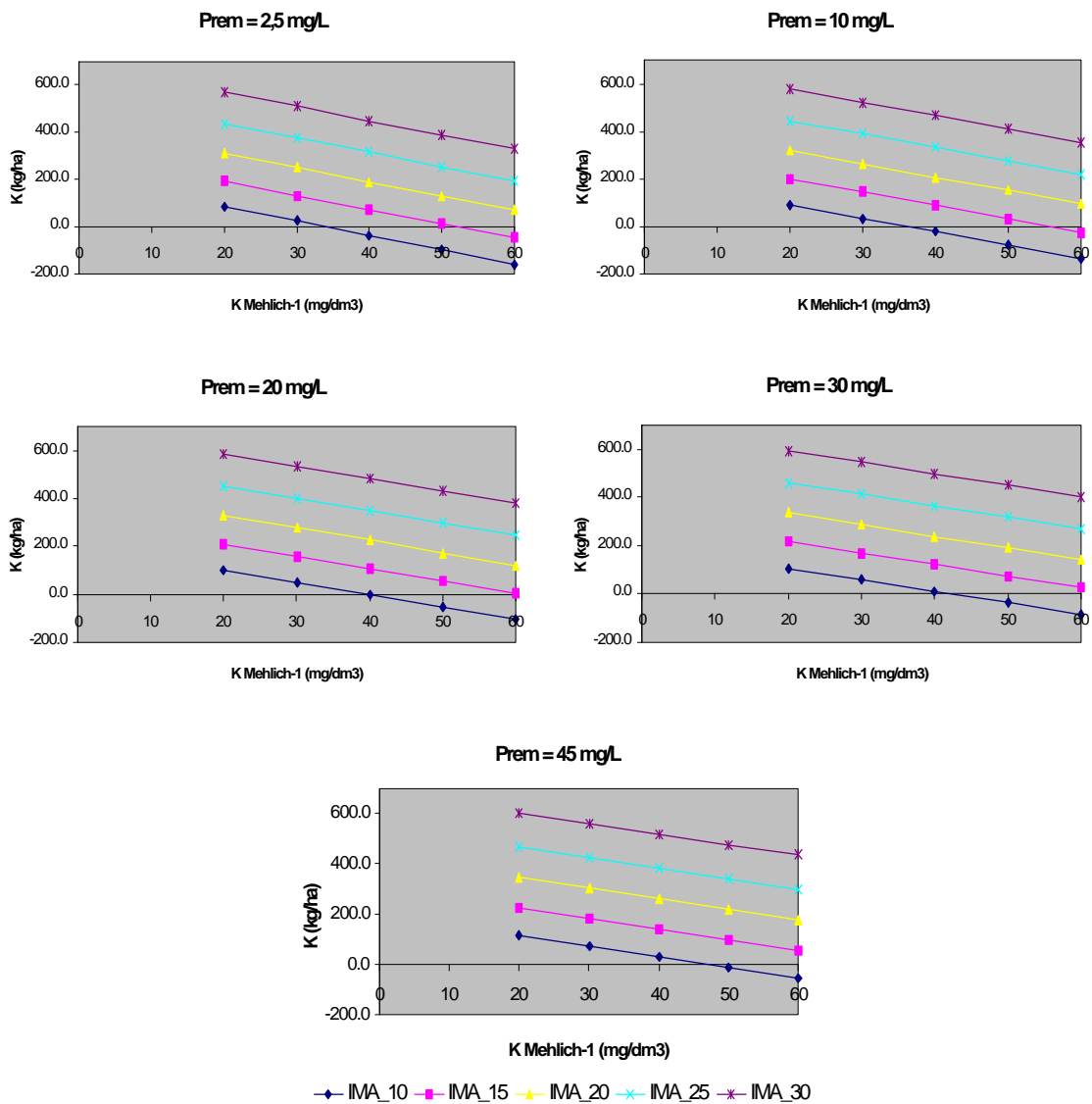


Figura 6 – Quantidades de K recomendadas pelo NUTRITECA de modo a atender ao balanço de K em função de seu teor no solo (0-40 cm), para diferentes produtividades de tronco (IMA, m<sup>3</sup>/ha/ano), aos 50 meses.

comportamentos previstos pelo Sistema são, na realidade, explicáveis com base nas funções por ele utilizadas para estimar as taxas de recuperação de P pelo extrator químico e pela planta.

Para K, as curvas da Figura 6 mostram também que o NUTRITECA recomenda maiores quantidades para maiores produtividades e menores teores deste nutriente no solo. E, comparativamente ao P, é menor o efeito do P-rem nas inclinações das curvas que relacionam as quantidades recomendadas com a variação do teor de K no solo. Como visto no item 2.4.2 (Quadro 1), a taxa de recuperação de K pelo extrator Mehlich-1 (TRext) varia inversamente ao P-rem. Logo, para um mesmo teor de K no solo, seu suprimento será maior para menor P-rem. Como exemplo, num solo com  $30 \text{ mg/dm}^3$  de K pelo extrator Mehlich-1 e P-rem igual a  $2,5 \text{ mg/L}$  na camada de 0-20 e de 20-40cm, a TRext de K é igual a 0,67 e o suprimento de K é estimado em  $180 \text{ kg/ha}$ . Para esse mesmo teor de K, nas mesmas camadas referidas, um solo com P-rem de  $45 \text{ mg/L}$  teria TRext de K igual a 0,93 e, portanto,  $128 \text{ kg/ha}$  seria a quantidade por ele suprida. Considerando uma mesma produtividade esperada ( $20 \text{ m}^3/\text{ha/ano}$ ), aos 50 meses, o requerimento de K seria de  $431 \text{ kg/ha}$ , desde que o mesmo esquema de parcelamento de K fosse utilizado em ambos os solos. Assim, seriam recomendadas as quantidades de  $251 \text{ kg/ha}$  para o solo com  $P_{\text{rem}} = 2,5 \text{ mg/L}$  e de  $302,5$  para o de  $P_{\text{rem}} = 45 \text{ mg/L}$ , evidenciando o efeito do P-rem.

Cabe destacar que a possibilidade que se torna viável com o uso do NUTRITECA de se ter recomendações para diferentes cenários envolvendo dentre outros aspectos a produtividade esperada, os teores de nutrientes no solo, e a utilização de diferentes extratores.

## 4. CONCLUSÕES

A taxa de crescimento volumétrico e de produção de biomassa de plantios jovens de teca foi influenciada pelas condições do sítio florestal e idade das árvores.

A densidade da madeira em plantios jovens de teca, crescente com a idade, foi de aproximadamente 500 kg/m<sup>3</sup> aos 53 meses.

A partição de carbono e de nutrientes minerais para a copa decresce com a idade das árvores, aumentando no tronco. Equações que modelam esse relacionamento foram desenvolvidas.

Foram determinados valores de eficiência de utilização (CUB) de nutrientes para a produção de lenho e de tronco, úteis para a estimativa de demanda nutricional com vistas a obter definida produtividade esperada.

Foram obtidos valores dos parâmetros da função de Weibull, úteis para subsidiar o desbaste de árvores de teca nas condições dos sítios estudados, no Estado do Mato Grosso.

Foi desenvolvida uma primeira versão do NUTRITECA, com vistas ao cálculo do balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação para a cultura da teca. O Sistema mostrou-se satisfatório quanto as estimativas de produção volumétrica e de biomassa, bem como para os conteúdos de nutrientes no lenho ou no tronco, exceto para P, Fe, Mn e Cu.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez V., V.H., Dias, L.E., Oliveira, J.A. **Determinação de fósforo remanescente**. Viçosa, MG, UFV, 1993. 10p.
- Barros, N.F., Novais, R.F., Carmo, D.N. & Neves, J.C.L. Classificação nutricional de sítios florestais. **Revista Árvore**, n.10, p.112-120, 1986.
- Barros, N.F., Novais, R.F., Teixeira, J.L., Fernandes Filho, E.I. NUTRICALC 2.0 - Sistema para calculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. **Bosque**, n.16, p.129-131, 1995.
- Barros, N.F., Neves, J.C.L., Novais, R.F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: Gonçalves, J.L.M. e Benedetti, W. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba. IPEF, p.269-286, 2000.
- Cardoso, N.S. **Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de teca (*Tectona grandis* L.f) – Verbenaceae**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). ESALQ. Piracicaba, SP, 1991. 117p.
- Clutter, J.R. Compatible growth and yield models for loblolly pine. **Forest Science**, v.9, p.354-371, 1963.
- CTFT. Teak. **Bois et Forêts des Tropics**, n.224, p.39-47, 1990.
- Dupuy, B. Notes de voyage en Chine tropicale lors d'un seminaire regional sur le teck. **Bois et Forêts des Tropics**, n.226, p-69-75, 1990.
- Dupuy, B. & Verhaegen, D. Le teck de plantation *Tectona grandis* en Cted'Ivoire. **Bois et Forêts des Tropics**, n.235, p.9-24, 1993.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos – EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

- FAO. Práticas de plantación de arboles en la sabana africana. **Cuadernos de Fomento Florestal**, n.19. Roma, 1975. 203p.
- Freire, F.J. **Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: UFV, 2001. 87p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- Garcia, S.L.R. Uso do ingresso percentual para determinação da idade técnica de desbaste em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG. (no prelo).
- Kaosa-Ard, A. **Teak, *Tectona grandis* Linn. f.** Virginia: Forestry Institute, Arlington, Nursery Tech Winrock International, USA, 1986. p.106-118.
- Kraenzel, M., Castillo, A., Moore, T., Potvin, C. Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantations, Panama. **Forest Ecology and Management**, n.173, p.213-225, 2003.
- Lamprecht, H. **Silvicultura nos Trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eachborn. República Federal da Alemanha. 1990. 343p.
- Leite, H.G., Campos, J.C.C, Alves, J.A. **SIFCUB2000: Sistema de Inventário Florestal e Cubagem**. Sociedade de Investigações Florestais. Departamento de Engenharia Florestal - UFV, Viçosa, Minas Gerais. 2000, (Software).
- Mascarenhas, A.F., Muralidharan, E.M. Clonal forestry with tropical hardwoods. In: **Clonal forestry II, conservation and application**. Germany: Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1993. p.169-187.
- Matricardi, W.A.T. **Efeitos dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da teca (*Tectona grandis* L.F.) cultivada na grande Cáceres – Mato Grosso**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2989. 130p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, 1989.
- Mello, M.S. **Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de calagem e fertilizantes para a cultura de tomate**. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2000, 107p.
- Monteuuis, O., Vallauri, D., Poupard, C., Hazard, L., Yusof, Y., Wahap, L.A., Garcia, C. & Chauviere, M. Propagation clonale de tecks matures par bouturage horticole. **Bois et Forêts des Tropics**, n.243, p.25-39, 1995.

- Morais, E.R.C. **Formas de potássio em solos do Estado de Minas Gerais e sua disponibilidade para plantas de milho.** Viçosa: UFV, 1999. 85p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- Neves, J.C.L. **Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo.** Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000. 191p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000.
- Novais, R.F., Smith, T.J., Barros, N.F. A natureza não tem palito de fósforo! Queima rápida ou mineralização lenta (nem sempre tão lenta) de resíduos florestais? **Boletim Informativo SBCS**, n.23, p.22-29, 1998.
- Possamai, J. M. **Sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do algodoeiro.** Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2003, 80p.
- Prezotti, L.C. **Sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do café arábica.** Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2001, 93p.
- Raij, B. van; Camargo, A.P. de; Cantarella, H. & Silva, N.M. da. Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem. **Bragantia**, 42:149-156. 1983.
- Rosa, G.N.G.P. **Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do coqueiro.** Tese (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2002, 76p.
- Santos, F.C. **Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja.** Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2002, 64p.
- Silva, L.F.C. **Necessidade de adubação pós-desbaste, baseada no balanço nutricional de povoamentos de eucalipto.** Tese (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 1999, 62 p.
- White, K.J. Teak: **Some aspects of research and development.** FAO Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA), 1991. 53 p. (Publication 1991/17)