



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS  
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM PRODUÇÃO VEGETAL – UESC**

**JOELSON VIRGINIO ORRICO DA SILVA**

**PRODUÇÃO E PARTIÇÃO DE BIOMASSA E NUTRIENTES E  
PARAMETRIZAÇÃO DE UM SISTEMA PARA RECOMENDAÇÃO DE N, P E K  
PARA CACAUEIROS**

**ILHÉUS, BAHIA  
2009**

**Joelson Virginio Orrico da Silva**

**PRODUÇÃO E PARTIÇÃO DE BIOMASSA E NUTRIENTES E  
PARAMETRIZAÇÃO DE UM SISTEMA PARA RECOMENDAÇÃO DE N, P E K  
PARA CACAUEIROS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Santa Cruz para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal.

Área de concentração: Solos e nutrição de plantas em ambiente tropical úmido

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Agna Almeida Menezes

**ILHÉUS, BAHIA  
2009**

S586

Silva, Joelson Virginio Orrico da.

Produção e partição de biomassa e nutrientes e parametrização de um sistema para recomendação de N, P e K para cacauzeiros / Joelson Virginio Orrico da Silva – Ilhéus, BA: UESC, 2009.

85f. : il.

Orientadora: Agna Almeida Menezes.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós - graduação em Produção Vegetal.

Inclui bibliografia.

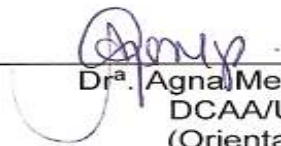
1. Solos – Fertilidade. 2. Adubos e fertilizantes – Aplicação – Software. 3. Cacauzeiro – Balanço nutricional. 4. Cacauzeiro - Biomassa. I. Título.

CDD 633.7489

JOELSON VIRGINIO ORRICO DA SILVA

PRODUÇÃO E PARTIÇÃO DE BIOMASSA E NUTRIENTES E PARAMETRIZAÇÃO  
DE UM SISTEMA PARA RECOMENDAÇÃO DE N, P e K PARA CACAUEIROS

Ilhéus, 12/06/2009.



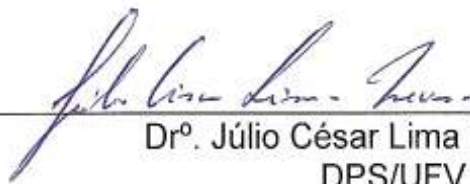
---

Dr<sup>a</sup>. Agnal Menezes – DS  
DCAA/UESC  
(Orientadora)



---

Dr. George Andrade Sodré - DS  
DCAA/UESC/CEPLAC



---

Dr<sup>o</sup>. Júlio César Lima Neves - DS  
DPS/UFV



---

Dr. Raul René M. Valle  
DCB/UESC/CEPLAC

## DEDICATÓRIA

*À minha família, especialmente ao meus pais, Joca e Maria José, minhas irmãs e sobrinhas, pelo amor, carinho, apoio e serenidade que foram fundamentais para concretizar este trabalho, proporcionando a segurança necessária para conseguir chegar a este propósito, dedico.*

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, por ter me concedido mais uma oportunidade em poder realizar este trabalho.

A Ivana Leite Borges, pelo amor, cumplicidade, companherismo, paciência e atenção dados neste momento e em outros vividos por nós.

Aos orientadores e amigos, Agna Almeida Menezes e Raúl René Valle pela compreensão e confiança na minha capacidade de desenvolver este trabalho, assim como pela disponibilidade e incentivo que antecederam o meu ingresso neste novo mundo acadêmico.

Aos Professores Ana Maria Moreau, George Sodré, José Marques Pereira, Júlio César Lima Neves, Maurício Moreau, José Olimpio e Paulo Marrocos pela colaboração e contribuições concedidas.

Aos meus amigos Almir, Anderson, Crisinha, Eline, Fábio, Josie, Lívia, Maurício, Pablíane, Tarcísio, Vinícius pelo apoio em algum momento desta etapa de minha vida.

A Asha Ram, Miguel Ruiz e Rafael Chepote, pesquisadores do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), pelos conselhos, estímulo, convívio e companheirismo.

Aos amigos que me ajudaram nos trabalhos de campo, Barbosa, Pastor, Vivia Ganem, Eric, Ana Paula e Suzan pela presença, disposição, responsabilidade e alegria.

Ao Laboratório de Fisiologia Vegetal do CEPEC nas pessoas de Ariston, Carlos (Gordo), Marcia, Maurino, Nilson, Otaviano, Rufino, Vilma e Waldemar.

Aos colegas de pós-graduação Alyne, Carol, Diego, Fernanda, Isamire, Junea, Lucio, Maiana, Olivia, Tacila, e Sinira pela amizade e bons momentos que compartilhamos.

A Capes pela Bolsa, pela oportunidade e apoio financeiro concedido para a realização do curso. À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) pela oportunidade de desenvolver este trabalho e pelo crescimento profissional que me propiciou.

A todos que fazem parte da comunidade acadêmica e aos que aqui querem chegar e estar, **AGRADEÇO.**

## RESUMO

### PRODUÇÃO E PARTIÇÃO DE BIOMASSA E NUTRIENTES E PARAMETRIZAÇÃO DE UM SISTEMA PARA RECOMENDAÇÃO DE N, P E K PARA CACAUEIROS

O objetivo deste trabalho foi parametrizar o Sistema FERTICALC<sup>®</sup> para servir como ferramenta para a recomendação de fertilização com N, P e K na cultura do cacaueteiro. O FERTICALC<sup>®</sup> é um *software* aplicável a diversos tipos de culturas agrícolas, considera as particularidades de cada uma em termos de seus componentes estruturais no cálculo da demanda nutricional ajustado a uma meta de produtividade. O Sistema está fundamentado nos princípios básicos do método do balanço nutricional, que estima as doses de nutrientes a serem aplicadas via fertilizantes, as quais resultam da diferença entre as quantidades requeridas pelas plantas e o que pode ser fornecido naturalmente pelo solo. Nessa proposta encaixa-se o Sistema de Cálculos e de Recomendação de Fertilizantes e Corretivos, FERTICALC<sup>®</sup>. Na planta, o Sistema estima a demanda de nutrientes da cultura tendo como base a produtividade almejada. Desta produtividade realiza-se a estimativa do volume da sua biomassa e por meio dela a biomassa dos demais componentes. Assim, determinam-se as quantidades de nutrientes contidos na produção e nos demais componentes, encontrando a demanda de nutrientes para a cultura. No solo, FERTICALC<sup>®</sup> estima a capacidade de suprimento potencial de nutrientes através da análise de solo como índices de suficiência (IS). Deste modo, a diferença entre a demanda de nutrientes pela planta e a capacidade de suprimento pelo solo é o balanço nutricional, de modo que as doses recomendadas variem continuamente com a produtividade almejada, com os teores e com a capacidade tampão dos nutrientes no solo. A quantificação da produção de biomassa seca total nas partes da planta de cacaueteiro foi usado para calcular a partição de seus componentes distribuídos em 77% para a parte aérea e 23% no sistema radicular. A biomassa seca nas sementes foi de 1500 kg ha<sup>-1</sup>. Essa quantificação também permitiu determinar a partição de fotoassimilados no fruto que foi de 55% para casca e 45% para a semente. O nutriente de maior demanda para o cultivo do cacaueteiro foi o nitrogênio. As simulações realizadas mostraram que o Sistema FERTICALC<sup>®</sup> recomenda maiores dose de N das atualmente indicadas para o cacaueteiro. Por outro lado, é desejável a incorporação de procedimentos para avaliar a viabilidade econômica das doses, assim como, calibrar melhor as taxas de recuperação de N, P e K do solo pela planta.

Palavras-chave: Balanço Nutricional, Modelagem, FERTICALC<sup>®</sup>, Cacaueiros

## **ABSTRACT**

### **PRODUCTION AND PARTITION OF BIOMASS AND NUTRIENTS AND PARAMETERIZATION OF A SYSTEM FOR RECOMMENDATION OF N, P AND K FOR COCOA**

The objective of this work was to set the parameters of the FERTICALC<sup>®</sup> System to serve as a recommendation tool for N, P and K fertilization in cacao cultivation. FERTICALC<sup>®</sup> is a software applicable to different types of agricultural crops, considers its particularities in terms of structural components for the calculation of the nutritional demands adjusted to a target productivity. The System is based on the basic principles of the nutritional balance method that estimate the levels of nutrients to be applied via fertilizer, which results from the differences between the quantities required by plants and those that can be provided naturally by the soil. This proposal fits the System of Calculation and Recommendation of Correctives and Fertilizers FERTICALC<sup>®</sup>. In the plant, the system estimates the nutrient demands for the culture based on the desired productivity. From this productivity an estimate of the biomass volume is made and from it the biomass of the other components. From these, the determination of the amount of nutrients in the yield is made and in the other components, finding the nutrient demands for the crop. In the soil, FERTICALC<sup>®</sup> estimates the potential capacity of nutrients supply through the soil analysis as sufficiency indices (SI). Thus, the difference between the demand of nutrients by the plant and the soil supply capacity is the nutritional balance; therefore, the recommended doses vary continuously with the desired productivity, the nutrient content and the nutrients buffer capacity of the soil. The quantification of total biomass production of cocoa plant parts was used to calculate the partition of its components distributed in 77% for shoots and 23% for root. Dry biomass in seeds was 1500 kg ha<sup>-1</sup>. This quantification also enabled the determination of photoassimilate partitioning in pods, which was 55% for shells and 45% for seeds. The nutrient of greatest demand for cocoa cultivation was nitrogen. The simulations carried out showed that the FERTICAL<sup>®</sup> system recommends higher N doses than the currently indicated for cacao. On the other hand, it is desirable the incorporation of procedures to evaluate the economic viability of doses, as well as, better calibrate the rates of recovery of soil N, P and K by plants.

Keywords: Nutrition Balance, Modeling, FERTICALC<sup>®</sup>, *Theobroma cacao*



## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	6
2.1. A produtividade e nutrição do cacauzeiros .....	6
2.2. A necessidade da fertilização em cacauzeiros .....	8
2.3. A demanda e suprimento de fertilizantes em cacauzeiros.....	13
2.4. Um novo enfoque para as recomendações de adubação.....	16
<b>3. MATERIAIS E MÉTODO</b> .....	19
3.1. Caracterização da área de estudo da biomassa.....	19
3.1.1. Localização.....	19
3.1.2. Clima.....	19
3.1.3. Solo e Relevo.....	19
3.2. Parametrização do Sistema FERTICALC® .....	20
3.2.1. Definição da produtividade potencial .....	21
3.2.2. Determinação do índice de colheita.....	21
3.2.2.1. Descrição do abate das plantas .....	21
3.2.3. Preparo e análise do material vegetal.....	24
3.2.3.1. Quantificação da biomassa seca.....	24
3.2.3.2. Partição da biomassa das plantas.....	25
3.2.3.3. Determinação do teor de nutriente nos componentes da planta.....	25
3.2.4. Taxa de recuperação pela planta planta.....	26
3.2.5. Descrição do Sistema de cálculo do FERTICALC® .....	27
3.2.5.1. Definição de componentes para o cálculo da demanda de nutrientes.....	27
3.2.5.2. Planilha para orientação de prospecção das informações para o cálculo da demanda nutricional .....	27
3.2.5.3. Estimativa da matéria seca dos componentes pela produtividade almejada.....	28
3.2.5.4. Cálculo da demanda de nutrientes .....	29
3.2.5.5. Cálculo da quantidade de nutrientes requerida no solo.....	30

3.2.5.6. Cálculo do suprimento de nutrientes .....	31
3.2.5.6.1. Suprimento de N pelo solo .....	31
3.2.5.6.2. Suprimento de P e K pelo solo .....	34
3.2.5.7. Quantidades de doses a aplicar de N, P e K .....	37
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
4.1. Caracterização da biomassa seca e partição nos frutos de cacauzeiros .	39
4.2. Teores de N, P e K nos componentes do fruto de cacauzeiros .....	42
4.3. Caracterização da biomassa seca e partição das plantas de cacauzeiros	44
4.4 Teores de N, P e K nos componenetes das plantas de cacauzeiros .....	47
4.5. Parametrização do Sistema FERTICALC® para Cacaueiro .....	50
4.5.1. Dados da cultura .....	51
4.5.2. Parâmetros para demanda da cultura .....	53
4.5.3. Parâmetros para suprimentos .....	57
4.6. Exemplo do cálculo do Sistema FERTICALC® para Cacaueiro .....	61
4.6.1. Cálculo da demanda de nutrientes .....	63
4.6.2. Cálculo da quantidade de nutrientes requerida no solo .....	64
4.6.3. Suprimento de N pelo solo .....	64
4.6.4. Suprimento de P e K .....	66
4.6.5. Quantidades a aplicar de N, P e K .....	68
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>74</b>
<b>6. REFERÊNCIAS CONSULTADAS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>85</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.), pertencente à família Malvaceae, é uma espécie nativa da floresta tropical úmida americana, sendo o seu centro de origem, provavelmente, as nascentes dos rios Amazonas e Orinoco (CHEESMAN, 1944). Da região de origem o cacauzeiro se expandiu por grande parte do continente americano, sendo que atualmente as principais regiões produtoras de sementes de cacau concentram-se na África, Ásia e América (DIAS, 2001).

Oficialmente o cultivo do cacauzeiro no Brasil começou em 1679, através da Carta Régia que autorizava os colonizadores a plantá-lo em suas terras. Em 1746, o cacauzeiro foi introduzido na Bahia, com sementes provenientes do Pará, pelo francês Luiz Frederico Warneaux e plantadas por Antonio Dias Ribeiro na Fazenda Cubículo, à margem direita do Rio Pardo, na época pertencente à Capitania de São Jorge dos Ilhéus, atualmente município de Canavieiras, como planta ornamental (GRAMACHO, 1992; BASTOS, 1987).

No entanto, o cacauzeiro adaptou-se perfeitamente ao clima e solos do Sul da Bahia, apresentando boas características conservacionistas, pois confere proteção contra a erosão, já que o cultivo é feito, geralmente, sob o sombreamento formado por árvores nativas ou implantadas no sistema cabruca, proporcionando, assim, a conservação de parte da Mata Atlântica (LOBÃO et al., 2007).

Em decorrência da enfermidade vassoura-de-bruxa, cujo agente causal *Moniliophthora* (anteriormente, *Crinipellis*) *perniciosa* (AIME e PHILLIPS-MORA, 2005) que surgiu no município de Uruçuca em 1989 (PEREIRA et al., 1996), disseminando-se por toda a Região Sul da Bahia, o Brasil permaneceu, entre 1990 a 2003, na sétima posição entre os países produtores de cacau. Atualmente o país ocupa a sexta posição com uma produção na safra 2007/2008 de 171.000

toneladas, menor que as de Costa do Marfim, Gana, Indonésia, Nigéria e Camarões que apresentaram produções de 1.365.000, 759.000, 480.000, 200.000 e 183.000 t respectivamente, totalizando 3.158.000 t (ICCO, 2008). Para a safra 2008/2009 espera-se produção mundial de 3.915 milhões de toneladas (ICCO, 2008).

Entretanto, com a difusão de novas tecnologias de manejo integrado e o uso de variedades seminais e clonais de produtividade elevada e resistentes à vassoura-de-bruxa recomendadas pela CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira), estima-se a recuperação gradativa da produção dos cacaeiros do Brasil (ARÉVALO et al., 2007; ALMEIDA et al., 2003).

De modo geral, o cultivo de cacaeiros é feito em solos de média e alta fertilidade. A fertilidade natural dos solos utilizados para o cultivo dos cacaeiros já evidencia os altos requerimentos nutricionais dessa cultura, com influência marcante no aspecto vegetativo e na sua produtividade. Contudo, na fase de expansão do cultivo, foram utilizados de modo indistinto pelos agricultores qualquer tipo de solo, porém naqueles com limitações químicas e físicas a cultura não é produtiva (CABALA-ROSAND et al., 1975).

Atualmente, os instrumentos disponíveis para os profissionais da área agrônômica indicarem doses de nutrientes para as culturas são a análise química do solo e as tabelas de recomendações de adubação que baseia-se na obtenção de doses para Maxima Eficiência Econômica. A amostragem do solo é, portanto, a principal etapa na avaliação da fertilidade do solo, visto que é com base na análise química da amostra do solo e a resposta do cultivo a doses de nutrientes que são definidas as quantidades de corretivos e fertilizantes (CHEPOTE et al., 2005).

As recomendações de adubação praticadas no País baseiam-se, essencialmente, em curvas de resposta, em que nutrientes são aplicados em doses

crescentes e seus efeitos observados no incremento da produção, sendo tais calibrações regionalizadas e para determinados tipos de solo. Tais métodos de pesquisa geraram tabelas de recomendação que, possuem indicações corretas, porém apresentam algum empirismo<sup>1</sup> ou subjetivismo em sua constituição. Assim, uma simples comparação entre tabelas de diferentes estados brasileiros mostram diferentes recomendações para condições semelhantes de solo e de cultivo, e a mesma recomendação para diferentes solos (NOVAIS e SMYTH, 1999; FREIRE, 2001).

Para a cultura do cacauzeiro as recomendações de adubação também são baseadas em tabelas, que na região foi intitulado de Boletim de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para a Cultura do Cacauzeiro no Sul da Bahia (BRCFSB), referendado pelo Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) (CHEPOTE et al., 2005).

Ressalta-se que as tabelas, além de serem de fácil utilização, trouxeram grande contribuição, uniformizando as recomendações de fertilizantes. Por serem constituídas a partir de experimentos em que doses de nutrientes são “testadas” em termos de economicidade da prática da adubação, pode-se afirmar que elas incorporam vasta experiência de pesquisa, que podem servir como balizadoras dos resultados de novos sistemas de cálculo.

Porém, alguns inconvenientes a respeito da utilização dessas tabelas podem ser enumerados, tais como: as doses de nutrientes, são feitas dentro de faixas de produtividades e não doses específicas para cada produtividade; geralmente as recomendações de N pelas tabelas não levam em consideração fatores ambientais; são construídas para uma base regional fixa; há grande variabilidade nas sugestões

---

<sup>1</sup> Neste trabalho o termo empírico é entendido como sinônimo de experimental, ou seja, assertivas definidas a partir da aplicação do método científico clássico, ou teste de hipótese. Este destaque se faz necessário, uma vez que o conhecimento popular se apropriou do termo de modo torná-lo muitas vezes entendido como sem bases científicas.

feitas por diferentes tabelas para uma mesma cultura; não permite a fácil incorporação, de forma imediata pelo usuário, de novos conhecimentos nem adaptações regionalizadas; a classificação da disponibilidade dos nutrientes P e K é feita de acordo com faixas de valores, o que pode causar recomendações incoerentes do ponto de vista econômico e agrônômico; e a obtenção de curvas de resposta envolve, quase sempre, experimentos em que apenas um fator (um nutriente, por exemplo) é a variável independente, por ser esse o tipo de experimento mais simples e barato (SANTOS et al., 2008; TOMÉ Jr., 2004).

Para a construção das tabelas dificilmente seria possível executar a experimentação necessária em todas as possíveis combinações de fatores (solo x ambiente x cultura, etc) de toda uma região. Assim, são conduzidos experimentos em condições selecionadas que buscam uma representatividade mais próxima possível em relação às supostas condições futuras. O termo “condições selecionadas” aponta para certo grau de subjetivismo, portanto as tabelas são construídas com resultados médios dessas condições selecionadas, buscando representar uma região tão ampla quanto um Estado (TOMÉ Jr., 2004).

Assim, um novo enfoque para as recomendações de adubação torna-se, portanto, necessário. Nesse sentido, Novais e Smyth (1999), sugerem a substituição da tabelas por Sistemas (softwares) abertos a crescente aperfeiçoamento devido à lógica de sua constituição, uma vez que para estes autores as tabelas não permitem a incorporação de um maior número de variáveis para a definição de dose de nutrientes.

Nesse contexto, a determinação adequada das doses de fertilizantes torna-se um passo sensível no manejo da fertilidade do solo, pois os cálculos deverão sempre levar em consideração não só o aspecto econômico imediato, mas também

a preservação da capacidade produtiva do solo ao longo dos anos. Para indicar tais doses, no contexto dos aspectos citados, devem ser consideradas todas as variáveis conhecidas, para as condições tecnológicas atuais, suplementando, assim, as decisões com novos critérios que permitam reduzir as margens de erro (TOMÉ Jr., 2004).

Portanto, assim como para a maioria das culturas, as recomendações de adubação para a cultura do cacauero podem ser feitas por meio da utilização de sistemas para recomendação de adubação baseados em modelos matemáticos mecanísticos.

Nessa proposta se encaixa o trabalho realizado por Tomé Jr. (2004) ao desenvolver um sistema de cálculos genérico para recomendações de doses de nutrientes. Este Sistema é aplicável aos diversos tipos de culturas agrícolas, considerando as particularidades de cada uma em termos de componentes estruturais a serem considerados no cálculo da demanda nutricional e ao mesmo tempo estar pautado a uma meta de produtividade, que culminou no software FERTICALC®.

Por isso, objetivou-se com o presente estudo parametrizar o software FERTICALC® para recomendação de doses de N, P e K para cacaueros em produção.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. A produtividade e nutrição do cacau**

Os primeiros registros de experimentação com adubação da cultura cacau datam das décadas de 20 e 30 do século XX. Essas investigações, no entanto, somente tomaram impulso depois de 1953, a partir dos resultados obtidos por Evans e Murray, que aplicavam fertilizantes associados a diferentes níveis de intensidade luminosa (MORAIS et al., 1981; NICOLELLA et al., 1983)

Hardy (1935), estudando a aplicação de adubos em plantações de cacau sombreados em Trinidad, assinalava o efeito benéfico do fósforo e potássio e da cobertura morta. Um ano mais tarde, Pound et al (1936) apresentaram os resultados de vários ensaios de campo sobre as respostas do cacau à doses crescentes de calcário, nitrogênio, fósforo e potássio, onde os três últimos elementos foram testados isoladamente e em misturas. O aumento de calcário e misturas de fertilizantes não pagavam os custos de aplicação, o nitrogênio teve efeitos inexpressíveis, o fósforo proporcionou aumento de 20%, enquanto o potássio foi o elemento que provocou maiores aumentos de produção.

A fertilização do cacau na Bahia foi iniciada em 1964, obtendo-se em condições experimentais, acréscimos nas colheitas da ordem de 39 a 80%, devido à aplicação de uma mistura de fertilizante NPK associada com remoção da sombra (CABALA-ROSAND et al., 1970). Estes resultados foram confirmados posteriormente com a aplicação dessa tecnologia para a exploração comercial (MENEZES, 1972).

Na década de 70, do século XX, experimentos com fatoriais incompletos foram iniciados com o intuito de avaliar a influência de doses crescentes de N, P e K na produção de sementes de cacau (CABALA-ROSAND et al., 1976).



Cadima et al. (1973) estudando fatores químicos e físicos dos solos da região sul da Bahia associados com a produção de cacaueteiro, observaram os teor de nutrientes de cada horizonte e da média do perfil, em áreas de alta e baixa produção em cacaueteiros, encontraram correlação significativa entre produção e composição química na maioria dos casos para os horizontes B e C e para a média do perfil. No horizonte A, encontrou correlação significativa somente para o fósforo.

Alvim (1989) estabeleceu um modelo teórico em que a produção seria uma função resultante da intensidade luminosa e do grau de fertilidade do solo. Isto é, em solos mais pobres ou menos adubados a sombra constituiria um recurso para diminuir a demanda por fertilizantes e, em solos de alta fertilidade ou sistematicamente adubados, a redução ou até mesmo a ausência do sombreamento concorreria para expressivos aumentos da produção.

Na década de 70, do século XX, a cacauicultura brasileira foi considerada a mais tecnificada no mundo, quando apresentou produtividade média de  $740 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de sementes secas (ALMEIDA et al., 2003), produção até hoje nunca ultrapassada.

Entretanto, com a difusão de novas tecnologias de manejo integrado, contemplando também o uso de variedades clonais de elevada produtividade e de tolerância a doença vassoura-de-bruxa, estima-se a recuperação gradativa da produção dos cacauais, inclusive a factibilidade de se atingir o patamar de  $1.500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de sementes secas (PINTO et al., 1999).

Em condições experimentais são registradas produtividades de variedades híbridos de cacaueteiro superiores a  $2.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de sementes secas, e em alguns casos, até mesmo acima de  $3.000 \text{ kg}$ , quando são usados métodos culturais avançados (VELLO et al., 1972; ALVIM, 1975).

A adubação inadequada ou a ausência dela tem sido uma das principais causas da baixa produtividade dos cacauais brasileiros. Não só há falta de adubação, como também adubações desequilibradas, com negligência no uso de calcário, cálcio, magnésio e enxofre e omissão ou mal uso de micronutrientes (SOUZA et al., 2006; MALAVOLTA, 1997).

Dentre os fatores produtivos quando se deseja aumento da rentabilidade na cultura do cacaueteiro, os mais importantes são aqueles que apresentam resultados a curto prazo e podem ser de fácil modificação pelo agricultor ou pelo responsável-técnico. Em meio a esses fatores destacam-se a fertilização, o controle de pragas e o uso de práticas culturais adequadas (SOUZA Jr, 2007).

Assim, sabe-se que o cacaueteiro é uma espécie que para ser explorada em condições tecnificadas apresenta elevada exigência nutricional e, em decorrência, se implantado em solos com baixa disponibilidade de nutrientes, essa condição torna-se um fator limitante da produtividade, principalmente, se não houver reposição desses nutrientes. Desta forma, a disponibilidade de nutrientes as plantas é fator primordial e o meio mais rápido de se elevar a produtividade dos cacaueteiros (ALMEIDA et al., 2003).

## **2.2. A necessidade da fertilização em cacaueteiros**

A preocupação com a fertilização dos cacaueteiros se deve ao fato de que esse cultivo é recomendado para solos que apresentam elevada profundidade efetiva, boa drenagem e alta capacidade de retenção de umidade (AHENKORAH, 1981; GARCIA et al., 1985), características essas muitas vezes antagônicas às características químicas relacionadas à fertilidade natural dos solos (RESENDE et al., 1988).

No Brasil a cultura do cacaueteiro está dispersa numa área com diversos tipos de solo (SILVA et al., 1974) e clima (FROTA, 1972). O predomínio do cultivo do cacaueteiro em solos de média a alta fertilidade na Bahia, inibiu maiores estudos com micronutrientes na região. Porém, como sugeriu Nakayama et al. (1986), a inclusão de solos de menor fertilidade no processo produtivo e o uso intensivo de corretivos e adubos apenas com macronutrientes, aliados as exportações da cultura e às perdas naturais de nutrientes, pode provocar redução da disponibilidade de micronutrientes e sua conseqüente deficiência para o cacaueteiro. Isto é particularmente verdadeiro para solos com pH elevado e, principalmente, porque os solos em maior número da Bahia apresentaram teores bastante variados de micronutrientes (SANTANA e IGUE, 1979).

As principais vias de retirada de nutrientes na cultura do cacaueteiro são constituídas pelas colheitas (SANTANA e CABALA-ROSAND, 1985) e por lixiviação.

Boyer (1973) quantificou perdas mais expressiva para o cálcio, nitrogênio e magnésio, com respectivamente, 45,0, 39,3 e 21,5 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo o potássio e o fósforo da ordem de 1,4 e 0,5 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. No entanto, as maiores perdas de fósforo se dão com as colheitas com a relação entre exportação e reserva de fósforo de 0,9 quase 1:1. Portanto, há susceptibilidade à deficiência desse elemento, principalmente nos casos de produtividade superior à média esperada (SANTANA et al., 1990).

Numa estimativa do requerimento de nutrientes por plantas de cacaueteiro, em diferentes estágios do desenvolvimento, Thong e Ng (1980), por meio da análise de toda a planta, encontraram um requerimento nutricional médio para nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, 438, 48, e 633 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>

Sobre o efeito da frutificação, Burridge et al (1964) afirmaram que a concentração de K na planta diminui gradualmente durante a estação da colheita e atinge o mínimo durante o pico de produção de frutos. Na fase de produção o K se acumula predominantemente no caule e nos ramos, apresentando aproximadamente 38,8 % dos nutrientes absorvidos por toda a planta de cacaueteiro (Alvim e Grangier Jr., 1966; Thong e Ng, 1980).

Em estudos de ciclagem de nutrientes com a cultura do cacaueteiro, foi demonstrado que o K é o nutriente que apresenta maior mobilidade, constituindo-se no principal fator limitante para o cultivo de cacaueteiro (FASSBENDER et al., 1985).

Segundo Moraes e Pereira (1986), o efeito depressivo da interação NK observado na cultura do cacaueteiro, sugere a ocorrência de lixiviação intensa de K no ambiente ecológico da Amazônia, que para a manutenção da neutralidade elétrica, o K arrasta ânions do sistema solo, principalmente nitrato, ocasionando desbalanço nutricional na planta e, em consequência, decréscimos no desenvolvimento da cultura.

No entanto, Miranda et al (1971) demonstraram que a combinação de diferentes fontes de nitrogênio e potássio (uréia e cloreto de potássio), complementada por quantidades adequadas de fósforo e calcário, pode contribuir para incrementar o desenvolvimento de plântulas de cacaueteiro.

Nas condições de Gana e Camarões, ocorreu interação positiva entre P e K, com aumento significativo da produção (BENAC e DE JARDIM, 1971). Em variedades melhoradas e cultivadas sob alta intensidade luminosa, as respostas à adubação potássica têm sido positivas, especialmente em cacaueteiros amazônicos (OMATOSO, 1977). No entanto, em solos formados a partir de sedimentos, o baixo teor de K nas folhas é reflexo da deficiência desse nutriente no solo. Portanto, o

efeito do potássio e também do nitrogênio depende do grau de sombreamento da plantação ou da fertilidade natural do solo (CABALA-ROSAND et al., 1975; JADIM, 1972; MORAIS, SANTANA e SANTANA, 1981).

Em geral observa-se que o nitrogênio é mais requerido pelo cacauzeiro nos estágios iniciais de crescimento, enquanto que o fósforo ou uma combinação de NP tem promovido melhores respostas na fase produtiva (WESSEL, 1970; MAINSTONE e THONG, 1978).

Moraes et al (1978) afirmaram que o fósforo é o principal elemento que limita a produção de cacauzeiro cultivado sob condições de sombra. No entanto, o efeito depende do tipo de solo, sendo mais pronunciado naqueles com baixo teor de P disponível. Gama-Rodrigues (2004) cita que o P seria o fator nutricional mais limitante à produção de cacau nos solos tropicais muito intemperizados e argilosos, como ocorrem na maioria dos solos das regiões cacauzeiras brasileiras.

Souza et al. (2006) estudando o efeito de doses de P e de zinco no acúmulo de macro e micronutrientes em mudas de cacauzeiros, concluíram que o aporte das doses de P isoladamente teve um efeito significativo no acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, e Zn na raiz. Na massa seca da parte aérea, as doses de P tiveram um efeito significativo no acúmulo dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mn.

A resposta do cacauzeiros à aplicação de fertilizantes e corretivos nas condições da Amazônia, realizados em casa de vegetação, revelou que o fósforo foi o principal nutriente que limitou a produção de biomassa de plântulas de cacauzeiro nos solos de baixa e média fertilidade natural (MORAIS et al., 1986). Em solos de maior riqueza químico-mineralógica, a exemplo dos Argissolos e Nitossolos, nenhuma resposta foi obtida para a fertilização ou correção do solo (CAMPOS, 1982; MORAIS et al., 1984).

Resultados benéficos da adubação fosfatada e da interação NP também foram encontrados em outras regiões produtoras de cacau (WESSEL, 1970; MORAIS et al., 1978). O resultado da adubação fosfatada e da interação NP indica que o nitrogênio favorece a absorção do fósforo pelo cacauzeiro, demonstrando a necessidade de balanceamento adequado da relação N/P na prática de fertilização (MORAIS et al., 1986).

Os resultados de curvas de crescimento do cacauzeiro demonstraram uma tendência quadrática de resposta da produção em função da aplicação de doses crescentes de P, havendo correlação entre os dados de diâmetro do caule, produção de sementes secas, teor de P no solo e na planta. A melhor dose de  $P_2O_5$  situou-se em torno de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ , correspondendo a valores de P no solo e na planta superiores a  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  respectivamente (MORAIS e PEREIRA, 1986).

Por outro lado, com o advento da doença vassoura-de-bruxa buscou-se selecionar materiais genéticos produtivos e resistentes à enfermidade. Com isso foi modificado o processo de reprodução das plantas, atualmente feito por meio de estacas enraizadas e a enxertia em brotos, bem como se passou a formar novos cacauais com materiais genéticos diferentes daqueles utilizados para a calibração de doses de fertilizantes por Cabala et al. Chepote et al. (2005), afirmam que os clones introduzidos apresentam maior demanda nutricional. Isso indica que, estudos com fertilização de clones resistentes à vassoura-de-bruxa são urgentes e necessários.

Cacauzeiros suscetíveis à vassoura-de-bruxa da cultivar Catongo quando mantidos sob nutrição equilibrada em macro e micronutriente, tiveram a severidade da doença reduzida, enquanto que cacauzeiros híbridos ICS6 x SCA6 e PA150 x MA15 resistentes apresentaram-se isentos da doença (NAKAYAMA, 1998).

### 2.3. A demanda e suprimento de fertilizantes em cacauzeiros

As primeiras definições de doses para N, P, K, Ca e Mg foram feitas por Cabala-Rosand et al. (1971) que incrementaram a produtividade de 21 plantações de cacauzeiros, em diferentes tipos de solos e sem sombreamento, com a aplicação de  $105 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N, 146 de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 64 de  $\text{K}_2\text{O}$ , 46 de CaO e 34 de MgO.

Para N, a recomendação da dose para a Máxima Eficiência Econômica (MEE) ainda é calibrada por meio da demanda pela cultura. Atualmente a dose de N indicada para cacauzeiros safreiros é de  $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (CHEPOTE et al., 2005). No entanto, Cabala-Rosand et al. (1982) já mostravam que com o passar dos anos, há tendência de aumento das necessidades deste elemento.

Estudos conduzido por Santana et al. (1982a) mostraram que a grande contribuição de espécies de leguminosas em relação a nitrogênio em agrossistemas de cacauzeiros provém da fixação atmosférica do elemento por bactérias do gênero *Rhizobium*, presentes em abundância no seu sistema radicular. A queda anual de resíduos de espécies de sombreamento como a *Erythrina* forma uma densa camada de serapilheira sob o solo, representando uma relevante fonte de nutrientes. Estes resíduos apresentam teores de nitrogênio mais elevados que os resíduos do cacauzeiro e contribuem ainda mais para elevar a quantidade desse elemento que se torna disponível para as plantas em um prazo relativamente curto, comprovando que essas espécies são benéficas ao solo. Estima-se que  $50$  a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N reciclam anualmente em cacauzeiros cultivados em agrossistemas sombreados com *Erythrina* (BOYER, 1973).

Para P e K, a recomendação da dose para a Máxima Eficiência Econômica foi determinada por meio de ensaios de campo e nos níveis críticos de fósforo e

potássio disponíveis no solo que proporcionam maior desenvolvimento e produção do cacauzeiro (CHEPOTE et al., 2005).

Para fósforo, Wessel (1969) encontrou as melhores respostas do cacauzeiro à aplicação de fósforo quando o teor do elemento na planta era inferior a  $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ , enquanto Cabala-Rosand et al. (1972) mostraram que a resposta do cacauzeiro à aplicação de fertilizantes fosfatados diminuiu em solos da região sul da Bahia, quando o P disponível do solo era maior do que  $5 \text{ mg dm}^{-3}$ , desaparecendo completamente a partir de  $15 \text{ mg dm}^{-3}$ . Cabala-Rosand et al. (1976) sugerem que o nível crítico de P no solo, determinado pelo método Mehlich-1, situa-se em torno de  $5 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Para potássio, Thong e Ng (1980) afirmam que a cultura do cacauzeiro requer grandes quantidades de potássio acumulado nos diversos componentes da planta, especialmente nos ramos e trocos, para produzir 1.000 kg de sementes secas por ano, sendo necessários  $824,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de K. Deste total, 8% do acumulado é utilizado na produção de frutos, onde 80% do nutrientes fica retido na casca.

Porém, resultados de pesquisas tem mostrado ausência de resposta da fertilização com este nutriente sobre a produtividade (LEITE e VALLE, 1990; SOUZA Jr., 1997). Os estudos evidenciam adição de doses elevadas do nutriente (SOUZA Jr., 1997) ou demonstram alta eficiência na ciclagem deste elemento no sistema agroflorestal cacau quantificando cerca de  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de adição deste nutriente ao solo devido à ciclagem (LEITE e VALLE, 1990).

De acordo com Castro e Meneghelli (1989), o índice 0,20, obtido para a relação  $K/(Ca + Mg)^{1/2}$  nos solos, é o limite a partir do qual nenhuma resposta ao K pode ser esperada e o índice 0,13 marca o limite a partir do qual as adubações potássicas vão apresentando respostas progressivamente menores e, portanto, antieconômicas.



Outra fonte de nutrientes é constituída pelas águas da chuva, tanto em sua composição natural (MADGWICK e OVINGTON, 1959; BOYER, 1973), como enriquecida pela solubilização de elementos presentes nas folhas e troncos. Do total de precipitação pluvial, cerca de 80% atravessa as copas em uma plantação de cacauzeiros, 2% percola através do tronco e o restante é interceptado (MIRANDA e MILDE, 1985).

As incorporações médias de N, P, K, Ca e Mg ao solo pela chuva coletadas sob as copas de uma plantação de cacauzeiros sombreadas com eritrina, foram respectivamente 28,8; 3,4; 21,3; 34,3 e 15,2 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (SANTANA et al., 1990). Por outro lado, quantidades inferiores foram encontradas em uma plantação de cacauzeiros moderadamente sombreado na República dos Camarões (BOYER, 1973).

De acordo com Cabala-Rosand et al. (1989) e Malavolta (1997), o solo adequado para o cultivo do cacauzeiro deve apresentar valores de pH de 6,2, soma de bases em torno de 12 cmol<sub>c</sub> 100g<sup>-1</sup>, teor de P extraído por resina entre 20 e 25 mg dm<sup>-3</sup>, soma de bases em torno de 60%, matéria orgânica acima de 3,5 dag kg<sup>-1</sup>, relação cálcio:magnésio na camada de 0-15 cm de solo em torno de 4/1 e a razão (Ca+Mg / K) superior a 25, além de estar livre de limitações físicas.

No entanto, estudos da relação fertilização com produtividade do cacauzeiro, para fins de definição de níveis críticos e doses recomendáveis de nutrientes para a cultura têm apresentado resultados variados, sendo frequente a falta de respostas à adubação (CABALA-ROSAND et al., 1982; CADIMA e ALVIM, 1973; MORAIS et al., 1978; MORAIS e PEREIRA, 1986; NICOLELLA et al., 1983; RODRIGUEZ et al., 1963). Por outro lado, Miranda e Morais (1971), testando o efeito de diferentes fontes de N e K, utilizando nos tratamentos dosagens de 100 mg kg<sup>-1</sup> de N,

150 mg kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 mg kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e calcário aplicado em função dos teores de Al, Ca e Mg pela análise de solo, obtiveram efeitos altamente significativos para a interação sulfato de amônio + sulfato de potássio e calagem no desenvolvimento de plântulas de cacaueteiro.

#### **2.4. Um novo enfoque para as recomendações de adubação**

As tabelas trouxeram grande contribuição, uniformizando as recomendações de adubação. Elas incorporaram vasta experiência de pesquisa e, por isso, podem servir como balizadoras dos resultados de novos sistemas de cálculo. Assim, mesmo que as sugestões de doses de nutrientes feitas pelas tabelas sejam médias e que possam ser inapropriadas para algumas condições específicas, deve-se considerar que essas sugestões são em geral de doses testadas em termos de economicidade na prática da adubação das culturas. Mas, o sistema de recomendações, baseado em tabelas, tem sido criticado por não favorecer a evolução, já que não permite a fácil incorporação de novos conhecimentos, e por ser pouco flexível não permitindo adaptações ocasionalmente específicas (TOME Jr., 2004).

Como alternativa às tabelas, no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa têm sido desenvolvidos sistemas de recomendação de adubação, baseados no balanço de massa entre as quantidades de nutrientes que o solo é capaz de suprir e a respectiva demanda para a obtenção de definida produtividade. Pela lógica constitutiva, apresentam base teórica mais consistente, permitindo recomendações mais abrangentes, sem restrições regionalistas e passíveis de contínuo aperfeiçoamento (SANTOS et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2005; TOMÉ Jr. e NOVAIS, 2000; NOVAIS e SMYTH, 1999).

Nessa proposta encaixam-se os estudos sob a denominação genérica de FERTICALC<sup>®</sup>, os Sistemas de Cálculos e de Recomendação de Fertilizantes e

Corretivos desenvolvidos para diferentes culturas, incluindo as anuais (CARVALHO , 2000; RAFFAELI, 2000; SANTOS, 2002; POSSAMAI, 2003), olerícolas (MELLO, 2000), frutíferas (OLIVEIRA, 2002; ROSA 2002; SILVA, 2006), espécies florestais (BARROS FILHO, 2003; OLIVEIRA, 2003), café (PREZOTTI et al., 2000), cana-de-açúcar (FREIRE, 2001) e pastagens (SANTOS, 2003), têm gerado recomendações que variam continuamente com a produtividade esperada e com o teor de nutrientes no solo (OLIVEIRA, 2005). O sistema contempla, ainda, aspectos importantes para o estabelecimento das doses, não previstos nas tabelas de adubação, a exemplo da contribuição dos resíduos orgânicos (SILVA, 2006).

Neste contexto, Tomé Jr. (2004) com base nos estudos dos Sistemas denominados de FERTICALC<sup>®</sup>, desenvolveu um sistema de cálculos genéricos para recomendações de doses de nutrientes. Pode ser aplicável aos diversos tipos de cultivos agrícolas, considerando as particularidades de cada uma em termos de componentes estruturais a serem considerados no cálculo da demanda de nutrientes e ao mesmo tempo estar pautado a uma meta de produtividade.

Para o bom desempenho desse sistema 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, da partição de biomassa (carbono) e de nutrientes para todos os componentes da planta, e também levando em conta a serapilheira (BARROS et al., 1995).

Os estudos de recomendações de adubações na bananeira revelaram que as doses de nutrientes a serem recomendadas pelo FERTICALC<sup>®</sup>-Bananeira aumentam continuamente com o aumento da produtividade esperada e com a diminuição dos teores desses nutrientes no solo. Sendo maiores no primeiro ciclo e menores a partir do segundo ciclo, e ainda, considerando a lógica envolvida em sua

constituição e as variáveis utilizadas na modelagem do FERTICALC<sup>®</sup>-Bananeira, este sistema constitui importante alternativa para recomendação de adubação para essa cultura (OLIVEIRA et al., 2005).

Silva (2006) concluiu que o FERTICALC–Abacaxi permite recomendar fertilizantes e corretivos de forma mais adequada, integrada e com melhor fundamentação teórica do que as tabelas, pois, contabiliza a influência e as variações de maior número de fatores relacionados à resposta da cultura à adubação. Esse autor, acrescenta a necessidade de aperfeiçoamento do Sistema por meio de avaliação do seu desempenho em diferentes condições edafoclimáticas, pois apesar de fornecer recomendações mais coerentes em relação às tabelas, ainda existe a necessidade de melhor calibração da demanda nutricional das culturas e de modo a possibilitar o avanço mais seguro de futuros Sistemas.

### **3. MATERIAIS E MÉTODO**

#### **3.1. Caracterização da área de estudo da biomassa**

##### **3.1.1. Localização**

O trabalho foi conduzido nas áreas experimentais do CEPEC (latitude 14°47' Sul, longitude 39°16' Oeste, 56 m acima do nível do mar), situado a 22 km do município de Ilhéus, no sudeste da Bahia. Seis plantas de cacauzeiros foram retiradas para avaliação da biomassa. O local escolhido foi formado por clones de cacauzeiro, resistentes à vassoura-de-bruxa, com idade variando entre 6 a 7 anos, plantados em espaçamento de 3,0 x 3,0 m, sombreados com árvores de *Erythrina fusca* plantadas a 24 x 24 m.

##### **3.1.2. Clima**

O clima da região de estudo é tropical do tipo Af segundo a classificação de Köppen, com precipitação anual média de 1830 mm, umidade relativa do ar em torno de 80% e a temperatura média anual variando entre 21,5 e 25,5°C (CEPEC/Seção de Climatologia).

##### **3.1.3. Solo e Relevo**

O solo é do tipo NITOSSOLO HÁPLICO que se caracteriza por uma sequência de horizonte A franco argiloso, de cor bruno escuro, seguido por um horizonte B de cor bruno forte e textura argilosa. Este possui estrutura em blocos subangulares e cerosidade moderada ou forte. Na região este solo está associado a relevo que varia de suave ondulado a montanhoso, constituído por colinas de topo ligeiramente esbatido com vertentes suaves de centenas de metros e vales fundos

chato, com altitude de aproximadamente 60 m, moderadamente drenado (SANTANA, et al., 2002; SANTANA, 1985). Na área de estudo o relevo é plano.

### 3.2. Parametrização do Sistema FERTICALC®

Para parametrizar o sistema FERTICALC®, de modo a dotá-lo de capacidade de calcular as doses de N, P e K para cultura do cacaueteiro, foi necessário a obtenção das seguintes informações: produtividade potencial, índice de colheita, produção e partição de biomassa nos componentes das plantas, teor de nutrientes nos componentes da planta, parâmetros para suprimento e taxa de recuperação do nutriente aplicado (Figura 1).

Para o cálculo da dose de nitrogênio foi necessário ainda incluir o balanço hídrico regional, a fim de possibilitar a estimativa de mineralização da matéria orgânica.



Figura 1. Fluxograma das etapas que compõem a parametrização do FERTICALC® para a cultura do cacaueteiro.

### **3.2.1. Definição da produtividade potencial**

O conceito de produtividade potencial, neste caso, é a obtida na região, levando-se em conta a capacidade produtiva da cultura com todos os fatores de produção em um nível ideal. Portanto, trata-se do potencial de produtividade da cultura na região e não o potencial genético da cultura.

Como produtividade potencial da cultura do cacaueteiro na região foi assumido um valor de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de biomassa seca de sementes, que corresponde a 5.000 kg ha<sup>-1</sup> de biomassa fresca inserido no software como parâmetro. Esse valor baseou-se em trabalhos de pesquisas realizados para o desenvolvimento da cultura do cacaueteiro, no qual foram encontrados altos índices de produtividades (CABALA-ROSAND et al., 1971; MIRANDA et al., 1972; VELLO et al., 1972; SILVA, 1976; SOUZA JR., 1997).

### **3.2.2. Determinação do índice de colheita**

O índice de colheita é a relação entre a produção comercial e o total da biomassa seca produzida pela cultura (componente exportado mais os demais componentes). Para definição do índice de colheita é necessário portanto, o entendimento da partição de biomassa que, essencialmente, reflete a partição de carbono para o fruto e demais componentes da planta.

#### **3.2.2.1. Descrição do abate das plantas**

Plantas de cacaueteiros (seis) com aproximadamente sete anos, propagadas por via vegetativa pelo método de enxertia de broto basal foram selecionadas e abatidas de materiais clonais diferentes VB-115 (planta 1), VB-116 (planta 2), VB-117 (planta 3), VB-192 (planta 4), VB-193 (planta 5) e VB-247 (planta 6), sendo os seus

componentes separados em parte aérea e sistema radicular (Figura 2), segundo método proposto por Teixeira et al. (1994), Sanqueta (2002) e Watzlawick et al. (2002).



Figura 2. Planta abatida e separada nos diversos componentes.

De cada planta foram retiradas todas as folhas, ensacadas e pesadas. Em seguida, cinco amostras desse material foram retiradas para a determinação da biomassa seca.

Uma vez desfolhadas, as plantas foram desganhadas e seus ramos separados e pesados. Os ramos foram separados obedecendo a uma classificação diamétrica, em ramos grossos (com diâmetro maior do que 2,3 cm), ramos médios (com diâmetro entre 1,3 e 2,3 cm) e ramos finos (com diâmetro menor do que 1,3 cm). Após essa pesagem da biomassa fresca, foram retiradas cinco amostras para a determinação da biomassa seca.

Para a determinação da biomassa do componente caule, o mesmo foi retirado inteiro e pesado. Em seguida, cinco amostras de biomassa fresca foram



coletadas em forma de disco, com aproximadamente 5,0 cm de comprimento, para a determinação da biomassa seca.

A coleta de raízes laterais para determinação da biomassa foi executada pelo método de abertura de trincheira, permitindo que fossem coletadas todas as raízes no mesmo momento. Foram escavadas trincheiras em formato de “U”, com aproximadamente 1,5 m de comprimento, 0,3 m de largura, 0,5 m de profundidade e afastado acerca de 1 m da planta. Após a coleta as raízes foram lavadas, separadas e pesadas de acordo a uma classificação diamétrica, em raízes secundárias (com diâmetro entre 1,0 e 2,0 cm) e raízes finas (com diâmetro menor que 1,0 cm). Após a separação e pesagem da biomassa fresca das raízes, foram retiradas amostras de cada classe diamétrica, que em seguida, foram secadas para a quantificação da biomassa seca.

Para as raízes grossas (com diâmetro maior do que 2 cm), foi escavada uma trincheira com aproximadamente a profundidade do seu comprimento e retirada inteiramente do solo, logo depois da coleta das raízes laterais. Após a retirada das raízes grossas, ela foi lavada, pesada e retirada cinco amostras da biomassa frescas em discos de aproximadamente 5 cm de comprimento, para a quantificação da biomassa seca.

A avaliação dos componentes casca e semente foi realizado em frutos de 54 materiais clonais diferentes em plantações de áreas experimentais da CEPLAC/CEPEC, uma vez que o método destrutivo para colheita da planta foi conflitante com a obtenção dos frutos produzidos e também porque no momento em que as plantas foram abatidas, não havia frutos suficientes para a colheita.

A obtenção da biomassa seca dos componentes dos frutos, nos diferentes materiais clonais, foi realizada individualmente para cada unidade amostral. Em

cada material clonal foram coletados 10 frutos, onde aferiu-se a biomassa total, a biomassa de casca, a biomassa de sementes. De cada componente do fruto (casca e amendoa) foram retiradas cinco amostras de biomassa fresca, para a determinação da biomassa seca. Das 10 unidades analisadas por material clonal se obteve a média para os componentes do fruto analisados de cada material genético. Dessas médias foi gerado uma grande média que possibilitou determinar a partição de biomassa dos componentes do fruto.

### **3.2.3. Preparo e análise do material vegetal**

#### **3.2.3.1. Quantificação da biomassa seca**

As plantas retiradas do solo pelo método destrutivo foram levadas ao Laboratório de Fisiologia Vegetal (SEFIS) do Centro de Pesquisa da CEPLAC (CEPEC), devidamente separadas por componentes em sacos plásticos e pesadas separadamente. Em seguida, amostras de biomassa fresca foram coletadas de cada componente das plantas, acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufas de ventilação forçada a uma temperatura de aproximadamente 75<sup>0</sup>C por 72 horas ou até obtenção de massa constante das amostras para a quantificação da biomassa seca.

Os valores de biomassa seca de cada componente foram obtidos multiplicando o valor do peso de matéria fresca pela média dos valores de teor de umidade das amostras secas de cada componente. Os valores de cada componente por planta analisada, foram corrigidos para 1 ha de cacauzeiros considerando o espaçamento de 3x3 m.

### **3.2.3.2. Partição da biomassa das plantas**

A partição da biomassa foi calculada utilizando-se os valores de biomassa dos componentes da parte aérea (folhas, ramos e caule), do sistema radicular (raiz grossas, raízes secundárias e raízes finas) e do fruto (casca e semente), relacionados com o valor total da biomassa da planta. As plantas foram avaliadas individualmente, de onde resultou uma média global, para cada componente, que foi inserida como parâmetro no software FERTICALC<sup>®</sup>.

### **3.2.3.3. Determinação do teor de nutriente nos componentes da planta**

Subamostras de biomassa secas dos componentes foram moídas e mineralizadas por meio de duas digestões distintas. Para P e K foi realizada a digestão nítrico-perclórica e quantificado os teores de P por colorimetria e K por fotometria de emissão de chama. Para N, a digestão foi por meio de ataque sulfúrico e quantificado pelo método de Kjeldahl.

Para a determinação dos teores de nutrientes nos componentes das plantas de cacauero, parte aérea (folhas, ramos e caule), sistema radicular (raízes grossas, raízes secundárias e raízes finas) e fruto (casca e sementes), foram coletadas subamostras dos materiais vegetais de cada componente na qual determinou-se os valores do teor de N, P e K. As plantas e seus respectivos componentes foram avaliados individualmente, de onde resultou uma média geral para todos os componentes, que foi inserida como parâmetro no software FERTICALC<sup>®</sup> para sua parametrização.

### 3.2.4. Taxa de recuperação pela planta

Para calcular a taxa de recuperação pela planta do fertilizante aplicado foram adotados critérios diferentes para cada nutriente. Para os nutrientes N e K foi utilizado o escopo da variabilidade (Quadro 1), segundo Tome Jr. (2004).

O escopo da variabilidade abrange os limites inferior e superior de uma faixa de valores pré-estabelecidos, que podem ser alterados por situações que interferem nos valores para mais ou para menos dentro desta faixa. Essa diretriz do sistema permite o seu desenvolvimento e a possibilidade de realizar simulações em diferentes cenários, adaptando as condições encontradas para cada usuário e/ou região antes de optar por uma recomendação definitiva.

Quadro 1. Escopo da variabilidade para taxa de recuperação de nutrientes pela Planta

Nutriente	Mínimo	Máximo	Média <sup>1/</sup>	Tendência	
				Redução	Aumento
	----- % -----				
N	50	90	70	Produtividade	
K	40	90	75	Maior	Menor

<sup>1/</sup> Taxa média encontrada dos valores sugeridos pelo escopo da variabilidade em Tome Jr. (2004). Fonte: Tome Jr. (2004).

Para o fósforo, a taxa de recuperação pela planta foi calculada utilizando o valor do teor médio de fósforo remanescente de 10 solos sob floresta e 10 solos cultivados com cacaueiros em sistema cabruca, usando-se a seguinte equação:

$TxRecP = 5 + 0,25 \times Prem_{60}$  (Tome Jr. 2004), onde:

$TxRecP$  = taxa de recuperação de P pela planta, em percentagem;

$Prem_{60}$  = P remanescente, em  $mg L^{-1}$ .

### 3.2.5. Descrição do Sistema de cálculo do FERTICALC®

#### 3.2.5.1. Definição de componentes para o cálculo da demanda de nutrientes

Para o cálculo da demanda de nutrientes foi necessário definir a classificação e a denominação dos órgãos ou o conjunto de órgãos da cultura. Esses órgãos foram denominados de componentes e alguns foram divididos em subcategorias para atender as características estruturais e agrônômicas da cultura do cacaueteiro.

Os componentes são divididos em “Componente exportado” (CE), o qual é baseado no valor da produtividade almejada da cultura, e os outros são denominados de “Demais componentes” (DC). A classificação e denominação dos componentes estão presentes no Quadro 2.

Quadro 2. Definição dos componentes para o cálculo da demanda de nutrientes enquadrados como “Componente exportado” e “Demais componentes”

Denominação	Grupo	Tipo de componente exportado	Demais tipos de componentes
Cacaueteiro ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	Arbóreas/Produção	Frutos	Raízes Caules Ramos Folhas

#### 3.2.5.2. Planilha para orientação de prospecção das informações para o cálculo da demanda nutricional

Para parametrizar o Sistema FERTICALC® foi necessário organizar as informações pesquisadas sobre a cultura, que corresponderam aos valores das médias adotadas no sistema para as diversas condições locais. Estes valores são apresentados ao usuário como índice de referências para a cultura, mas no presente estudo foram adaptados para refletir condições específicas do local ou da região prospectada.

Para orientar na prospecção das informações do trabalho foi utilizada uma planilha genérica no preenchimento dos valores utilizados como parâmetros do sistema para a cultura (Quadro 3).

Quadro 3. Planilha genérica para o preenchimento dos dados utilizados no cálculo da demanda de nutrientes para a cultura do cacauero

Planilha para preenchimento de dados do sistema						
Cultura:						
Grupo:						
Produtividade potencial:						
Índice de colheita:						
Umidade do produto:						
Acúmulo de biomassa seca:						
Componente	Tipo	Exportação	Alocação	N	P	K
		s/n	%	g kg <sup>-1</sup>		
Aéreo (em conjunto)	Não se aplica					
Subterrâneo	Raízes	N				
Sustentabilidade Primária	Caules	N				
Sustentabilidade Secundária	Ramos	N				
Atividade Metabólica	Folhas	N				
Reprodutivo	Sementes	S				
Extra	Casca	S				
Taxa de recuperação do nutriente do solo pela planta (%):						

### 3.2.5.3. Estimativa da matéria seca dos componentes pela produtividade almejada

De posse dos dados de biomassa seca encontrados nas plantas analisadas foram calculadas as relações entre a biomassa seca dos componentes, utilizando o índice de colheita (IC), onde  $DC = (CE / IC) - CE$ . Através desta relação, obteve-se a biomassa seca de DC a partir da produtividade almejada (comercial). A biomassa seca de DC, assim calculada, é distribuída por meio de coeficientes de alocação especificados para cada componente. A produtividade comercial (sementes) é o componente exportado (CE), o qual é utilizado como um dos valores de referência na parametrização do sistema.

### 3.2.5.4. Cálculo da demanda de nutrientes

O passo seguinte para o cálculo da demanda de nutrientes é a determinação da quantidade de matéria seca de CE e DC. As equações (Tome Jr. 2004) utilizadas nestes cálculos são:

$$\text{Equação 1: MSCE} = \text{ProdutCE} - (\text{ProdutCE} \times \text{UCE})$$

$$\text{Equação 2: MSDC} = (\text{MSCE} / \text{IC}) - \text{MSCE}.$$

Em que:

MSCE = biomassa seca de componente exportado ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

ProdutCE = produtividade almejada ( $\text{kg ha}^{-1}$  de CE);

UCE = umidade do componente exportado ( $\text{g kg}^{-1}$ );

MSDC = biomassa seca de demais componentes ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

IC = índice de colheita, expresso em valores decimais.

A biomassa seca de CE é calculada em função da produtividade comercial sem a umidade do produto. Posteriormente, são calculadas as quantidades de nutrientes imobilizadas na cultura. As equações propostas para isso utilizam o teor do nutriente para os diferentes componentes, fornecendo as quantidades já classificadas como componente 'exportado' e 'não exportado', além da soma dos dois, que resulta na quantidade total. As equações (Tome Jr. 2004) utilizadas nestes cálculos são:

$$\text{Equação 3: QNut}_{i,CE} = \text{MSCE} \times \text{Teor}_{i,CE} / 1000;$$

$$\text{Equação 4: QNutExpAd}_i = \sum (\text{MSDC} \times (\text{CoAloc}_j / 100) \times (\text{Teor}_{ij} / 1000));$$

$$\text{Equação 5: QNutNExp}_i = \sum (\text{MSDC} \times (\text{CoAloc}_j / 100) \times (\text{Teor}_{ij} / 1000));$$

$$\text{Equação 6: QNutExp}_i = \text{QNut}_{i,CE} + \text{QNutExpAd}_i;$$

$$\text{Equação 7: QTotNutCult}_i = \text{QNutExp}_i + \text{QNutNExp}_i.$$

Em que:

$i$  = nutriente  $i$ ;

$j$  = tipo de componente  $j$ ;

$QNut_{i,CE}$  = quantidade do nutriente  $i$  no componente exportado, em  $kg\ ha^{-1}$ ;

$Teor_{i,CE}$  = teor do nutriente  $i$  no componente exportado, em  $g\ kg^{-1}$ ;

$Teor_{ij}$  = teor do nutriente  $i$  no componente  $j$ , em  $g\ kg^{-1}$ ;

$QNutExpAd_i$  = quantidade do nutriente  $i$  de exportação adicional;

$CoAloc_j$  = coeficiente de alocação percentual da biomassa seca para o componente  $j$ ;

$QNutExp_i$  = quantidade exportada do nutriente  $i$ , em  $kg\ ha^{-1}$ ;

$QNutNExp_i$  = quantidade não exportada do nutriente  $i$ , em  $kg\ ha^{-1}$ ;

$QTotNutCult_i$  = quantidade total imobilizada pela cultura do nutriente  $i$ , em  $kg\ ha^{-1}$ .

A casca do fruto do cacaueteiro foi considerada como componente de exportação adicional.

### 3.2.5.5. Cálculo da quantidade de nutrientes requerida no solo

A quantidade de nutrientes para atender a meta de produtividade almejada foi calculada levando-se em conta a quantidade total do nutriente imobilizada na cultura, corrigida pela taxa de recuperação dos nutrientes do solo pela planta. Desta forma, estimam-se a demanda de nutrientes que deve haver disponível no solo para atender a necessidade da cultura. A eficiência de absorção pela planta, do nutriente fornecido, varia com o nutriente, fonte de fertilizante, dose aplicada, manejo da fertilização, dentre outros fatores.

Com a equação 8 (Tome Jr. 2004) abaixo se obtém uma estimativa da quantidade que deve haver disponível no solo para atender a cultura.



Equação 8:  $Q_{NutReq\ i} = Q_{TotNutCult\ i} / (TxRec\ i / 100)$ .

Em que:

$Q_{NutReq\ i}$  = quantidade requerida pelo solo do nutriente i, em  $kg\ ha^{-1}$ ;

$TxRec\ i$  = taxa de recuperação do nutriente i (item 3.2.4), em percentagem.

### **3.2.5.6. Cálculo do suprimento de nutrientes**

#### **3.2.5.6.1. Suprimento de N pelo solo**

O sistema proposto para estimar o N orgânico do solo, utilizado no sistema de recomendações FERTICALC<sup>®</sup> é baseado em cálculos simplificados, mas capazes de prover a estimativa da disponibilização de N pelo solo. O nitrogênio computado é proveniente da mineralização da matéria orgânica, assumindo que tenha uma relação C/N de 10/1. A quantidade calculada será considerada pelo sistema como estoque total de N do solo disponível à mineralização.

A taxa de mineralização anual de N foi definida por um escopo da variabilidade (Quadro 4), no qual uma parte do estoque total pode ser mineralizada anualmente. Assim, a taxa anual foi distribuída para todos os meses do ano de acordo com a taxa de mineralização em cada mês, podendo ser mais ou menos proporcional a atividade microbiana do solo naquele mês. Considerando que a atividade microbiana é influenciada por fatores climáticos, temperatura e água disponível no solo, foi utilizado como modulador para os cálculos das taxas de mineralização a evapotranspiração real (ER), porque essa variável pode melhor agregar esses dois fatores.

A taxa mensal de mineralização do N no mês, foi calculada aplicando a taxa anual por meio da proporção entre a ER no mês e a ER anual. Esta taxa foi determinada pela equação 9 (Tome Jr. 2004).

Equação 9:  $TxMinNi = TxMinNanual \times [ERi / \Sigma(ERi)]$ .

Em que:

$TxMinNi$  = taxa de mineralização do N no mês  $i$ , em percentagem;

$TxMinNanual$  = taxa de mineralização anual do N, definida pelo usuário conforme o escopo de variabilidade do Quadro 4, em percentagem;

$ERi$  = estimativa da evapotranspiração real no mês  $i$ , em mm;

$\Sigma(ERi)$  = somatório da evapotranspiração de cada mês, cujo total é a evapotranspiração real anual, em mm.

Quadro 4. Escopo da variabilidade para taxa de mineralização anual do N da matéria orgânica

Mínimo	Máximo	Média <sup>1/</sup>	Tendência		
-----	%	-----	Fator	Redução	Aumento
1	5	3	Pluviosidade	Regiões mais Secas	Regiões mais úmidas
			Tipo de solo	Solos argilosos	Solos arenosos ou argilosos sem problemas
				Compactados	de compactação
				Solos rasos ou mal drenados	Solos profundos e bem Drenados
			Manejo do solo	Plantio direto	Preparo convencional
				Sem calagem recente	Calagem recente na área (12 a 24 meses)
				Sem pousio ou reforma recente de pastagem	Pousio ou reforma recente de pastagem
				Áreas de uso antigo	Áreas recém- desbravadas
				Sem aplicações freqüentes de adubos orgânicos	Com aplicações Freqüentes de adubos orgânicos
				Uso contínuo de culturas não Leguminosas	Uso recente de Leguminosas em rotação

<sup>1/</sup> Taxa de mineralização média encontrada dos valores sugeridos pelo escopo da variabilidade em Tome Jr. (2004).

Fonte: Tome Jr. (2004).

Para estimar ER é necessário o cálculo da evapotranspiração potencial (EP), pois as equações que utilizam a temperatura média mensal são usadas para estimar EP mensal e com sua soma o EP anual.

Portanto, para a configuração do Sistema, é necessário a adoção de ER como modulador da taxa de mineralização mensal. Para isso foi inserido no Sistema FERTICALC<sup>®</sup>, dados do Balanço Hídrico no Estado da Bahia – SEI (1999), com às médias das observações mensal e anual do Município de Ilhéus realizadas entre os períodos de 1961 a 1990.

As taxas de mineralização calculadas, a quantidade de N proveniente da mineralização da matéria orgânica em um determinado mês foi calculada pela equação 10 (Tomé Jr. 2004).

Equação 10:  $QNMO_i = [(TeorMO / 1,724 / 10) \times Prof \times 1000] \times (TxMinNi / 100)$ .

Em que:

$QNMO_i$  = quantidade de N proveniente da mineralização da matéria orgânica no mês i, em  $kg\ ha^{-1}$ ;

$TeorMO$  = teor de matéria orgânica do solo, em  $dag\ kg^{-1}$ ;

$Prof$  = profundidade da camada de solo considerada como explorada pelas raízes, em cm.

Para o cálculo da quantidade de N, na equação, assumiu-se, uma proporção de 10/1, onde o teor de carbono é dividido por 10 para se obter o teor de N. Por conta disso, também foi assumido que a matéria orgânica apresenta 58% de C, deste modo ela foi dividida por 1,724 para obter o teor de C. A transformação dos valores de carbono orgânico (CO) para matéria orgânica foi feita pela relação  $MO = 1,724 \times CO$  (ALVAREZ et al., 1999).

A quantidade de N proveniente da matéria orgânica foi a soma dos valores calculados para cada mês, presumindo-se que a absorção de nitrogênio se dará nos meses com produção.

### 3.2.5.6.2. Suprimento de P e K pelo solo

No Sistema FERTICALC<sup>®</sup>, os resultados da análise de solo para P e K são considerados como índices de suficiência (IS), que é relacionado com a quantidade de nutrientes suprida pelo solo. A quantidade absorvida na produtividade almejada corresponde ao suprimento que o solo deve dispor, o qual representa o teor do nutriente correspondente ao IS. Para isso, o sistema assume que a demanda de nutrientes para a produtividade potencial da cultura corresponde a um suprimento potencial de nutriente pelo solo, e esse representa um teor de nutriente correspondente a IS = 100 %. Então, resultados de teores inferiores correspondem a suprimentos menores de nutrientes e o IS é inferior a 100%. Ou seja, para produtividades inferiores à produtividade potencial o valor do IS será menor que 100%. Deste modo, é possível estimar o suprimento atual do solo, pelo resultado da análise de solo, bem como a demanda da cultura na produtividade almejada pelo IS estimado para a área cultivada.

Para o cálculo do suprimento de P e K é necessário primeiro estimar o índice de suficiência (IS) dos resultados da análise de solo dos nutrientes, o que é feito pela equação 11 (Tome Jr. 2004).

$$\text{Equação 11: IS} = 100 \times \frac{100 - \text{IS}_0}{e^{(f_m (R_{at} \div R_{100} \times 100)^{0,9})}}$$

Em que:

IS = índice de suficiência referente ao resultado da análise de solo da área cultivada da cultura para P e K, em percentagem;

$IS_0$  = índice de suficiência referente ao teor zero, em percentagem;

$fm$  = fator de modificação da forma da curva, variando entre 0,04, 0,05 e 0,06;

$R_{at}$  = teor do nutriente na análise de solo da área;

$R_{100}$  = teor do nutriente no solo referente à produtividade potencial.

Para calcular a equação, de acordo o modelo, é necessário estabelecer as informações necessárias que especifiquem a área cultivada, que são o parâmetro  $IS_0$ , o parâmetro  $R_{100}$  e o parâmetro  $fm$ .

O parâmetro  $IS_0$  corresponde à relação percentual entre a produtividade mínima e a produtividade potencial, quando o teor no solo tende para zero. Ou seja, é a produtividade potencial quando o teor do nutriente no solo é zero. Deste modo, não haverá condições para a planta se desenvolver.

O parâmetro  $R_{100}$  corresponde ao teor do nutriente no solo referente à produtividade potencial para as classes de disponibilidade no solo. Mas, para o P leva-se em conta também as classes de  $P_{rem60}$  na obtenção do IS.

O parâmetro  $fm$  permite modificar o formato da curva para refletir a realidade da cultura e região. Para esse parâmetro foram adotados os valores que estão sugeridos no escopo de variabilidade do quadro 5.

Obtido IS, é feito o cálculo de suprimento dos nutrientes de P e K para a produtividade potencial. Nesse caso, a previsão é estimada da produção de biomassa total correspondente ao CE e DC da produtividade potencial, calculadas conforme foi descrito no item 3.2.5.5, aplicando-se a equação com as taxas de recuperação de cada nutriente pela planta. Os resultados dos cálculos serão as quantidades de nutrientes imobilizadas na cultura e requeridas no solo, para a produtividade potencial.

Quadro 5. Escopo de variabilidade do parâmetro fm

Mínimo	Máximo	Média	Tendência	
0,04	0,06	0,05 <sup>1/</sup>	Redução	Aumento
		solos recentemente incorporados ao processo produtivo, cuja correção ainda não está consolidada;		solos corrigidos;
		solos com problemas significativos de deficiência de outros nutrientes que não o nutriente em questão;		solos sem problemas significativos de deficiência com qualquer nutriente, ou seja, pode ser considerado de fertilidade equilibrada;
		baixos níveis tecnológicos do produtor, sujeitando a perdas de produtividade por outros fatores que não o nutriente em questão;		altos níveis tecnológicos do produtor;
		maior dependência de fatores climáticos (não irrigado, por exemplo);		menor dependência de fatores climáticos, como cultivos irrigados e protegidos ou região de clima mais estável;
		culturas de ciclo curto, como hortaliças, anuais e perenes nos períodos de formação.		culturas perenes no período de Produção.

<sup>1/</sup> Parâmetro fm médio encontrado dos valores sugeridos pelo escopo da variabilidade em Tome Jr. (2004).

Fonte: Tome Jr. (2004).

Assim, a expressão matemática do cálculo do suprimento de P e K é feita pela equação 12 (Tome Jr. 2004).

Equação 12:  $Q_{Nut_i}^{Sup} = Q_{Nut_i}^{DemProdPot} \times IS_i / 100$ .

Em que:

$Q_{Nut_iSup}$  = quantidade de P ou K suprida pelo solo, em  $kg\ ha^{-1}$ ;

$Q_{Nut_iDemProdPot}$  = quantidade demandada pela cultura na produtividade potencial, calculado de acordo os itens 3.2.5.4 e 3.2.5.5, em  $kg\ ha^{-1}$ ;

$IS_i$  = índice de suficiência de P e K, calculado para o teor atual do nutriente na análise de solo da área cultivada, em %.

### 3.2.5.7. Quantidades de dose a aplicar de N, P e K

O cálculo do suprimento dos nutrientes N, P e K pelo Sistema FERTICALC<sup>®</sup> converte a quantidade do nutriente requerida no solo (nível crítico) em um nível ideal do nutriente no solo para atender a cultura. Depois compara a quantidade ideal com o teor atual do nutriente no solo. Caso haja diferença positiva entre ambos, ela é transformada em quantidade de nutriente a ser aplicada. Mas, se a diferença for negativa, ou seja, o solo for capaz de fornecer mais do que a necessidade da cultura, o sistema não recomendar dose zero. Neste caso, o sistema recomenda a soma dos nutrientes de todos os componentes exportados, transformando em dose a ser aplicada ao solo.

Para o cálculo final do sistema não foram considerados os nutrientes provenientes de restos de cultura anterior e adubos orgânicos, o cálculo indicado sintetiza a diferença entre a quantidade demandada no solo pela cultura e a suprida pelo solo.

O cálculo final da dose de nutriente a aplicar é feito com a equação 13 (Tome Jr. 2004).

Equação 13:  $Q_{Nutfert} = [Q_{NutDem} - (Q_{NutSup})]$ .

Em que:

$Q_{Nutfert}$  = nutriente a ser adicionado na forma de fertilizantes;

QNutDem = demanda do nutriente pela cultura (aplica-se o valor da equação 8 com as taxas de recuperação de cada nutriente pela planta, item 3.2.4);

QNutSup = suprimento do nutriente pelo solo (para N utilizar-se o valor da equação 10 no item 3.2.5.6.1, enquanto P e K o valor da equação 12 no Item 3.2.5.6.2);

O software FERTICALC<sup>®</sup>, no final dos cálculos, recomenda as doses de nutrientes para ser aplicada na área cultivada. Contudo, não converte a dose de nutrientes em doses de fertilizantes. Este cálculo de conversão compete ao usuário do aplicativo, que deve analisar as diversas possibilidades de adubos simples e formulados de NPK.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização da biomassa seca e partição nos frutos de cacauzeiros

Os dados de produção de biomassa dos componentes casca e semente de frutos de cacauzeiros são apresentados no Quadro 6.

Dos dados processados da biomassa seca da casca e semente foram obtidos as suas respectivas partições por material clonal. Esses dados geraram um valor médio de peso de biomassa seca para casca e para a semente, permitindo determinar a partição do fruto de cacauzeiro em 54,9 % para casca e 45,1 % para a semente. Além do valor médio de partição do fruto, também foram obtidos valores mínimos (casca 40,4 % e a semente 28,4 %) e máximos (casca 71,6 % e a semente 59,6 %) respectivamente para os clones BB-1-33 e M-05 de biomassa de cada componente (Quadro 6).

A biomassa total do fruto foi obtida por meio da soma das massas dos seus componentes (casca + sementes) e ainda para cada clone foi contado o número de sementes por fruto. Isto, possibilitou determinar a partição da produção almejada para os componentes semente e casca e também estimar a produção de frutos por planta, tendo o mínimo de 17, o máximo de 134 e a média de 44 frutos por planta nos diferentes clones analisados para uma produção de 1500 kg ha<sup>-1</sup>.

Em estudo do crescimento de frutos de cacauzeiros realizado por Brito (1976), foi verificado valor de biomassa total para o fruto de 77 g, dividido em 63,2% para casca e 36,8% para sementes.

Os clones analisados apresentaram valores de peso total de biomassa dos frutos variando entre o máximo de 237,6 e o mínimo de 76,8 g. No entanto, em média, o peso do fruto ficou em 139,6 g. No trabalho realizado por Almeida e Valle

(1995), os clones variaram de 168 a 156 g para os maiores valores do peso total do fruto, ao passo que os menores ficaram entre 69,4 e 56,2 g. Alvim (1966) encontrou para o Catongo, na época da colheita dos frutos, valores de biomassa seca final do fruto, variando entre 95 e 130 g, com uma média de 104 g.

Para Vello et al. (1972), o acúmulo de biomassa seca não é apenas determinado por diferenças genéticas em taxas de crescimento, mas também por fatores do ambiente e práticas de manejo. Esse acúmulo depende fundamentalmente da capacidade fotossintética de cada genótipo, uma vez que o conteúdo de nutrientes minerais da maioria dos tecidos vegetais representa apenas 5% da biomassa seca produzida (HUTCHEON, 1976). Geralmente, a produção econômica se relaciona com a produção biológica, pois ambas dependem da capacidade fotossintética da planta (ALVIM, 1962).

Os valores de partição encontrados foram utilizados para dividir a proporção da biomassa de casca e de semente correspondente a produção comercial almejada, a qual é baseada os cálculos de demanda de nutrientes pelo sistema. A biomassa dos componentes do fruto foi incorporada a biomassa total das plantas analisadas, levando-se em conta a partição de cada um deles.

A produção de biomassa seca em semente que correspondente a produtividade almejada para a cultura, foi de biomassa de 8,5 % da biomassa total da planta (Quadro 8). O conteúdo de umidade do componente comercial foi estimado nas análises de quantificação da matéria seca dos componentes dos frutos. Neste caso, o valor médio de umidade foi de 40%.

Quadro 6. Biomassa seca e respectiva partição nos componentes casca e sementes do fruto de clones de cacauero

Clone	Componentes				
	Casca	Semente	Total	Casca	Semente
	Biomassa seca (g)			Partição (%)	
AM-02	70,6	70,9	141,4	49,9	50,1
BB-1-33	60,6	89,3	149,8	40,4	59,6
BB-6018	80,0	105,6	185,6	43,1	56,9
BB-6020	69,3	44,5	113,8	60,9	39,1
BB-6021	57,0	52,4	109,4	52,1	47,9
BB-6030	139,8	73,0	212,8	65,7	34,3
DF-01	48,4	54,3	102,7	47,1	52,9
FADA-100	99,0	81,0	180,0	55,0	45,0
FADA-18	43,8	33,0	76,8	57,1	42,9
FC-16	167,3	70,3	237,6	70,4	29,6
FC-328	58,4	35,2	93,7	62,4	37,6
FF-38	72,0	59,5	131,5	54,8	45,2
FL-16	66,3	75,9	142,2	46,6	53,4
FL-60	57,2	32,5	89,8	63,8	36,2
FL-77	74,9	73,5	148,4	50,4	49,6
FLN-30	85,1	78,6	163,7	52,0	48,0
FSR-01	58,8	52,3	111,2	52,9	47,1
FSU-01	53,1	49,8	103,0	51,6	48,4
FSU-07	45,6	38,1	83,8	54,5	45,5
FSU-13	55,4	37,8	93,2	59,4	40,6
FSU-151	96,0	72,1	168,1	57,1	42,9
GM-33	106,4	73,9	180,4	59,0	41,0
HR-20	53,1	75,9	129,0	41,2	58,8
HR-29	66,2	41,8	108,0	61,3	38,7
M-05	140,8	55,8	196,6	71,6	28,4
NV-00	83,5	55,1	138,5	60,3	39,7
NV-21	98,2	47,0	145,2	67,6	32,4
NV-22	99,4	76,4	175,9	56,5	43,5
PAT-118	76,3	57,0	133,3	57,2	42,8
PAT-84	72,4	51,1	123,4	58,6	41,4
PB-617	97,1	65,9	163,1	59,6	40,4
PH-16	47,8	57,6	105,4	45,3	54,7
PS-57-1	74,4	77,9	152,4	48,8	51,2
RS-316	86,6	66,1	152,7	56,7	43,3
RT-09	62,3	55,0	117,3	53,1	46,9
RT-106	84,3	71,6	155,9	54,1	45,9
RT-15	138,2	77,3	215,5	64,1	35,9
RVID-08	53,9	68,0	121,9	44,2	55,8
SCS-20	50,0	38,6	88,6	56,4	43,6
SM-02	54,7	54,6	109,3	50,0	50,0
SP-50	60,7	58,3	119,0	51,0	49,0
T-10	42,5	42,3	84,9	50,1	49,9
T-11	78,6	69,2	147,8	53,2	46,8
TR-12	72,2	54,6	126,8	56,9	43,1
TR-15	91,8	82,4	174,1	52,7	47,3
TR-35	90,3	76,9	167,2	54,0	46,0
TR-36	37,6	50,8	88,4	42,5	57,5

Continua ...

Clone	Componentes				
	Casca	Semente	Total	Casca	Semente
	Matéria seca (g)			Partição (%)	
TSH-1188	120,3	57,1	177,5	67,8	32,2
VB-311	61,2	70,6	131,8	46,4	53,6
VB-515	81,4	61,5	142,9	57,0	43,0
VB-547	84,1	60,1	144,2	58,3	41,7
VB-679	96,3	63,3	159,6	60,3	39,7
VB-892	80,7	78,1	158,9	50,8	49,2
VB-902	80,1	82,8	162,9	49,2	50,8
Mínimo	37,6	32,5	76,8	40,4	28,4
Máximo	167,3	105,6	237,6	71,6	59,6
Média	77,4	62,1	139,6	54,9	45,1
CV(%)	34,9	25,3	26,1	13,2	16,0

#### 4.2. Teores de N, P e K nos componentes do fruto de cacauzeiros

Os teores de nutrientes nos componentes casca e semente do fruto são mostrados no Quadro 7.

Os nutrientes N e K encontram-se com os maiores teores, tanto na casca como na semente. No entanto, o teor de N na semente supera o valor encontrado na casca. Já para K, o teor na casca foi superior ao encontrado na semente.

Os menores teores encontrados foi o de P em todos os componentes do fruto. Entretanto, os valores encontrados na semente foram superiores ao da casca.

Valle et al. (2000) analisando as características físico-químicas da semente de cacau encontraram valores para teores os nutrientes de N, P e K, ficando as amostras em média com teores de 25,1, 3,7 e 5,3 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente para cada nutriente. Os valores dos teores de N e P verificados neste trabalho foram semelhantes, enquanto que o de K foi menor ao encontrado pelos autores.

No entanto, Brito (1976) encontrou valores de K semelhante na semente e inferior na casca, quando comparado aos resultados deste trabalho. Esse autor concluiu que os teores absolutos de todos os elementos na casca foram sempre mais elevados do que na semente, com exceção do fósforo, em que os valores

máximos atingidos pela semente igualaram aos alcançados pela casca embora em períodos diferentes das taxas de crescimento. Verificou também que as taxas máximas de acúmulo dos elementos sempre coincidem com as taxas máximas de crescimentos.

Quadro 7. Teores de nutrientes na biomassa seca dos componentes casca e sementes do fruto de clones de cacauzeiros

Clone	Componentes					
	Casca			Semente		
	N	P	K	N	P	K
	g kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>		
AM-02	14,1	1,0	42,5	27,1	2,7	13,1
BB-1-33	11,9	1,3	41,2	23,3	3,2	14,2
BB-6018	11,2	1,4	35,9	26,9	3,0	16,0
BB-6020	10,5	1,5	39,9	25,2	3,2	14,4
BB-6021	10,2	1,3	42,5	25,8	3,1	11,8
BB-6030	9,8	1,0	36,4	26,6	4,8	16,4
DF-01	9,8	1,6	39,4	24,4	2,8	14,2
FADA-100	8,4	1,1	35,9	26,6	3,1	14,9
FADA-18	11,9	1,5	35,9	24,9	3,6	13,9
FC-16	11,9	1,4	38,8	26,7	2,7	13,8
FC-328	10,5	1,4	39,1	26,3	2,9	13,1
FF-38	8,5	1,3	41,5	26,6	3,2	14,1
FL-16	11,5	1,4	38,6	23,0	3,0	13,9
FL-60	8,4	1,3	48,1	25,9	2,7	10,8
FL-77	11,3	1,2	34,6	23,3	3,2	14,2
FLN-30	8,8	1,0	38,6	23,0	3,0	13,9
FSR-01	11,8	1,6	39,1	25,9	2,7	10,8
FSU-01	10,5	1,2	44,1	25,6	3,0	12,1
FSU-07	12,6	1,6	36,7	23,0	2,7	11,8
FSU-13	10,4	1,1	34,3	27,1	3,6	13,4
FSU-151	8,4	1,1	39,1	25,9	3,4	12,7
GM-33	8,8	1,3	46,5	24,9	3,5	11,3
HR-20	8,4	1,4	59,9	25,2	3,7	14,9
HR-29	8,5	1,5	36,2	25,6	3,6	14,2
M-05	8,4	1,5	39,1	24,9	3,7	14,9
NV-00	13,0	1,0	40,4	26,8	3,2	14,1
NV-21	11,2	1,4	36,4	24,9	3,6	11,3
NV-22	8,4	1,3	44,1	26,3	4,1	15,5
PAT-118	8,4	1,1	28,6	27,0	3,6	12,9
PAT-84	8,4	1,6	41,7	26,0	3,1	13,9
PB-617	8,5	1,2	39,1	25,6	3,5	12,7
PH-16	8,5	1,4	38,3	25,3	3,9	15,1
PS-57-1	8,7	1,8	38,6	26,2	3,6	15,5
RS-316	8,8	1,5	36,7	25,7	4,1	13,7
RT-09	11,9	1,7	32,1	26,3	4,0	15,4
RT-106	7,0	1,4	38,8	27,0	3,3	10,9

Continua...

Clone	Componentes					
	Casca			Semente		
	N	P	K	N	P	K
	g kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>		
RT-15	7,6	1,6	39,6	27,1	2,7	13,1
RVID-08	8,7	1,6	44,8	26,2	2,7	12,5
SCS-20	10,1	1,5	34,1	26,1	3,6	12,8
SM-02	14,0	2,0	29,4	26,9	3,0	14,4
SP-50	11,2	1,4	39,6	25,2	3,2	13,6
T-10	8,8	1,3	40,6	25,8	3,1	11,8
T-11	9,0	1,2	26,3	25,9	2,1	15,0
TR-12	8,4	1,1	43,0	26,2	2,7	12,5
TR-15	8,7	1,5	47,7	25,4	3,5	15,4
TR-35	9,8	1,5	31,5	25,5	3,7	14,3
TR-36	9,1	1,3	23,7	26,5	4,2	17,0
TSH-1188	11,9	1,3	34,4	26,5	3,1	13,1
VB-311	7,7	1,6	25,6	26,3	3,0	13,7
VB-515	14,4	2,0	26,8	25,9	2,1	15,2
VB-547	13,0	1,3	41,7	26,1	3,6	12,8
VB-679	9,8	1,2	34,9	25,9	2,9	14,9
VB-892	7,7	1,1	38,6	26,0	2,9	13,3
VB-902	10,5	1,6	27,1	27,0	3,3	10,9
Mínimo	7,0	1,0	23,7	23,0	2,1	10,8
Máximo	14,4	2,0	59,9	27,1	4,8	17,0
Média	10,0	1,4	37,9	25,8	3,2	13,6
CV (%)	18,3	16,7	16,5	4,2	15,6	10,9

#### 4.3. Caracterização da biomassa seca e partição das plantas de cacauzeiros

A produção total de biomassa encontrada nas plantas de cacauzeiro foi maior na planta 1 (20,2 t ha<sup>-1</sup>) e menor na planta 2 (15,4 t ha<sup>-1</sup>), apresentando para as seis plantas coletadas valores médios de 17,8 t ha<sup>-1</sup> (Quadro 8).

À biomassa total das plantas foi acrescentada a produção de biomassa da colheita de frutos correspondente a uma produtividade almejada de 1.500 kg ha<sup>-1</sup> de sementes secas. Considerando que, da colheita, resulta como resíduo vegetal a biomassa da casca, e para acrescentar a biomassa da produtividade almejada nas plantas analisadas, foram distribuídos em casca e sementes os valores médios das proporções encontradas no item 4.1 (54,9 % para casca e 45,1 % para sementes). Ou seja, para produzir 1.500 kg.ha<sup>-1</sup> de sementes secas obtém-se 1.828,5 kg.ha<sup>-1</sup> de biomassa de casca seca. O que resultou em partição da biomassa dos componentes

casca e sementes em relação à biomassa total da planta uma média de 10,3 % e 8,5 %, respectivamente.

Quadro 8. Biomassa e partição dos componentes das plantas de cacauzeiros

Componente	Planta <sup>1/</sup>						Média	CV(%)
	1	2	3	4	5	6		
	Biomassa seca (t ha <sup>-1</sup> )							
Folha	3,47	2,78	2,06	2,47	2,59	3,38	2,79	19,5
Caule	1,75	1,58	1,26	2,08	1,48	1,70	1,64	16,9
Ramo grosso	2,97	1,80	4,62	1,53	3,65	1,58	2,69	47,3
Ramo médio	2,90	1,64	1,82	2,01	1,99	1,76	2,02	22,4
Ramo fino	1,48	0,97	1,29	1,47	1,07	1,64	1,32	19,7
Ramo: Subtotal	7,35	4,40	7,74	5,00	6,71	4,98	6,03	23,4
Raízes secundárias	1,47	1,25	1,62	3,25	1,85	2,09	1,92	37,2
Raízes grossas	1,59	1,39	1,28	1,52	1,15	1,28	1,37	12,0
Raízes finas	1,27	0,71	0,82	0,70	0,16	0,85	0,75	47,6
Raízes: Subtotal	4,33	3,35	3,72	5,47	3,16	4,22	4,04	20,8
Casca	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	0,0
Semente	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,0
Fruto: Subtotal	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	0,0
Total	20,23	15,45	18,10	18,36	17,27	17,61	17,84	8,7
	Partição %							
Folha	17,1	18,0	11,4	13,5	15,0	19,2	15,7	18,7
Caule	8,7	10,3	6,9	11,4	8,6	9,6	9,2	16,9
Ramo grosso	14,7	11,6	25,5	8,3	21,1	9,0	15,1	45,9
Ramo médio	14,3	10,6	10,1	10,9	11,5	10,0	11,2	14,3
Ramo fino	7,3	6,3	7,1	8,0	6,2	9,3	7,4	15,7
Ramo: Subtotal	36,3	28,5	42,7	27,2	38,9	28,3	33,7	19,4
Raízes secundárias	7,2	8,1	8,9	17,7	10,7	11,9	10,8	35,3
Raízes grossas	7,9	9,0	7,1	8,3	6,7	7,3	7,7	11,0
Raízes finas	6,3	4,6	4,5	3,8	0,9	4,8	4,2	42,7
Raízes: Subtotal	21,4	21,7	20,5	29,8	18,3	24,0	22,6	17,6
Casca	9,0	11,8	10,1	10,0	10,6	10,4	10,3	8,9
Semente	7,4	9,7	8,3	8,2	8,7	8,5	8,5	8,8
Fruto: Subtotal	16,5	21,5	18,4	18,1	19,3	18,9	18,8	8,7
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0

<sup>1/</sup> Planta 1 a 6 = Material genético VB 115, 116, 117, 192, 193 e 247 respectivamente

A produtividade almejada 1.500 kg ha<sup>-1</sup> de sementes secas assumida para ser adicionada nas biomassa total das plantas, foi fundamentada em trabalhos de pesquisas relacionada a cultura do cacauzeiro. Esta produtividade foi utilizada como

um dos parâmetros para o cálculo de balanço nutricional do solo para a planta no sistema (MARROCOS et al., 2008; CHEPOTE, 2003)

A partição da biomassa seca nas plantas de cacauero apresentou em média uma distribuição de 15,7 % para as folhas, 9,2 % para o caule, 33,7 % para os ramos (grosso, médio e fino) e 18,8 % para frutos (sementes e casca) totalizando 77,4 % para a parte aérea.

Nas raízes, quanto a partição da biomassa seca total, verificou-se distribuição de 10,8 % para as raízes secundárias e, 4,2 % de raízes finas e 7,7 % para raízes grossas, totalizando de 22,6 %, valor que está na faixa de 15 % a 27 % da biomassa verificada por Arangurem et al. (1982).

A partição da produção de biomassa total do cacauero estimada por Tong e Ng (1980), para as condições encontradas na Malásia, foi distribuída em uma proporção em torno de 24 % em folhas, 13 % em caule, 34 % em ramos, 19 % em raiz e 10 % para a produção de frutos, sendo que a partição dos componentes resultou de uma produção de biomassa fresca de frutos (casca e sementes) de 3090 kg ha<sup>-1</sup>.

Cotta (2005) quantificando a biomassa de um consórcio seringueira-cacauero encontrou os seguintes valores de partição de biomassa, nos componentes das plantas de cacauero analisada: 19,6% para as folhas, 11,8% para o caule e 40,9% para os ramos (grosso, médio e fino), somando 72,4 % para a parte aérea. Nas raízes, a partição foi em média de 9,6% para as raízes secundárias, 11,9% para raízes grossas e 6% de raízes finas.

A acumulação da biomassa do cacauero é crescente até a fase madura. Nesta fase a sua taxa de acumulação torna-se constante, sendo que a maior produção de biomassa se concentra nos ramos (ALPIZAR et al., 1986). Contudo, o



material genético, o manejo (com ou sem sombra) e as condições edafoclimáticas influenciam marcadamente na produção e distribuição da biomassa na cultura do cacauero. O cacauero não sombreado apresenta uma biomassa bastante alta em relação ao cacauero sombreado (THONG e NG, 1980).

#### 4.4. Teores de N, P e K nos componentes das plantas de cacaueros

Os teores dos elementos minerais N, P e K nos componentes da parte aérea das plantas de cacauero são mostrados no quadro 9.

Dentre os nutrientes da parte aérea, o nitrogênio foi o que obteve os maiores valores, principalmente nas folhas, e em seguida vem potássio. O fósforo foi o nutriente que obteve os menores valores encontrados em todos os componentes da parte aérea.

Quadro 9. Teores ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de nitrogênio, fósforo e potássio nos componentes da parte aérea das plantas de cacaueros

Nutrientes	Planta <sup>1/</sup>						Média	CV (%)
	1	2	3	4	5	6		
Folhas								
N	24,2	18,9	18,4	26,9	25,5	20,1	22,3	16,4
P	1,9	1,5	1,3	1,8	1,9	1,4	1,6	16,6
K	8,2	8,5	7,2	12,7	9,5	7,6	8,9	22,5
Ramo fino								
N	12,0	11,4	11,2	10,6	10,8	12,2	11,4	5,6
P	2,1	1,7	1,6	1,8	2,0	1,3	1,7	16,9
K	6,6	12,0	10,8	14,4	8,7	9,2	10,3	26,6
Ramo médio								
N	9,5	9,3	8,7	10,7	9,7	10,6	9,7	8,0
P	1,2	1,1	1,4	1,0	1,2	0,9	1,1	15,9
K	4,5	9,9	6,4	9,2	6,4	6,2	7,1	28,7
Ramo grosso								
N	7,1	8,5	7,5	9,3	7,4	7,2	7,8	11,2
P	1,0	1,1	1,1	0,9	1,0	1,1	1,0	8,2
K	3,5	6,4	5,4	7,5	5,3	5,3	5,6	23,8
Cauce								
N	6,7	6,8	8,0	8,4	6,8	7,3	7,3	9,8
P	1,1	1,0	1,4	1,3	1,3	1,0	1,2	14,4
K	4,4	4,8	4,9	7,0	8,7	10,0	6,6	35,3

<sup>1/</sup> Planta 1 a 6 = Material genético VB 115, 116, 117, 192, 193 e 247 respectivamente

Com relação ao órgão da planta que acumula maiores quantidades de nutrientes, existe a concordância de Acquaye (1964), Cunha (1967) e Santana et al. (1979), de que são as folhas. Os teores de N e P nas folhas das plantas foram de 22,3 e 1,6 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Os teores estão na faixa de valores encontrados por Chepote (2003). No entanto, os teores de K encontrados são inferiores.

O Quadro 10 apresenta os teores de N, P e K nos componentes das raízes das plantas de cacauzeiros. Observa-se que os teores de N e P, nos componentes raiz fina e raiz secundária têm comportamento similar ao encontrado na parte aérea das plantas. No entanto, nas raízes grossas os teores de K são superiores aos de N.

Quadro 10. Teores (g kg<sup>-1</sup>) de nitrogênio, fósforo e potássio nos componentes da raiz das plantas de cacauzeiros

Nutrientes	Planta <sup>1/</sup>						Média	CV (%)
	1	2	3	4	5	6		
Raízes finas								
N	10,0	11,0	10,2	11,4	11,1	11,6	10,9	5,9
P	1,3	1,3	1,0	1,1	1,2	1,3	1,2	10,5
K	3,8	4,4	4,4	4,3	4,4	4,7	4,3	6,8
Raízes secundárias								
N	7,5	8,7	8,2	10,6	9,7	11,0	9,3	14,9
P	1,1	1,0	0,9	1,3	1,3	1,1	1,1	14,6
K	6,3	6,5	5,6	6,3	7,0	5,5	6,2	9,1
Raízes grossas								
N	4,9	7,3	7,6	7,0	8,6	9,8	7,5	22,0
P	0,9	0,7	0,7	0,9	0,8	0,7	0,8	12,3
K	8,0	9,0	7,4	10,8	6,9	9,0	8,5	16,5

<sup>1/</sup> Planta 1 a 6 = Material genético VB 115, 116, 117, 193, 194 e 247 respectivamente

Nas plantas analisadas foram observadas diferenças nos teores de nitrogênio e potássio nos mesmos componentes quando comparados entre as plantas. Da mesma forma foram percebidas diferenças entre os componentes por plantas. Esse mesmo comportamento não foi verificado em relação ao fósforo, pois seus valores foram similares para os componentes entre si e entre plantas.

A época de coleta pode ser um dos fatores que interferiu nos teores de N e K, entre os mesmos componentes das plantas, pois a coleta dos dados foi iniciada em fevereiro de 2007 (verão) e finalizada em julho de 2008 (inverno). Preferencialmente, a amostragem deve ser realizada em períodos em que haja maior estabilidade dos teores dos nutrientes nas plantas.

Analisando os teores de nutrientes dos componentes da parte aérea e da raiz, verificou-se uma tendência, de maior teor dos nutrientes nas folhas. A partir dela, as concentrações vão diminuindo de forma decrescente em direção a parte inferior da planta. Deste modo, verificou-se uma redução na concentração de N, P e K no sentido dos ramos (fino > médio > grosso) até o caule. Nos componentes das raízes também foi constatado o mesmo comportamento no sentido da raiz fina até a raiz grossa. Isto pode ser explicado pela translocação destes nutrientes na planta e também pela atividade metabólica dos componentes.

Embora todos os elementos minerais essenciais sejam exigidos para um adequado desenvolvimento do cacaueteiro, muito pouco é conhecido sobre os processos pelos quais os nutrientes são absorvidos, transportados e metabolizados (CABALA-ROSAND et al., 1989). Neste contexto, alguns fatores ambientais e/ou relacionados com a própria planta podem afetar o mecanismo de absorção de nutrientes e, conseqüentemente, a composição mineral das plantas. Santana e Igue (1979) verificaram que cacaueteiros sombreados apresentam teores de N e K significativamente superiores aos apresentados por plantas ao sol, as quais são muito mais ricas em P, Ca e Mg. Outro fato comprovado diz respeito às diferenças na absorção de nutrientes entre variedades de clone de cacaueteiro (CABALA-ROSAND e MARIANO, 1985).

#### 4.5. Parametrização do Sistema FERTICALC<sup>®</sup> para cacauero

As Informações utilizadas na parametrização do Sistema FERTICALC<sup>®</sup> para cacauero foram obtidas dos dados das plantas de cacaueros abatidas, em idades de aproximadamente seis a sete anos e com base em dados da literatura (CABALA-ROSAND et al., 1971; MIRANDA et al., 1972; VELLO et al., 1972; SILVA, 1976; ALVAREZ et al., 1999; SEI, 1999; TOME Jr., 2004).

Ao iniciar o software FERTICALC<sup>®</sup> visualizam-se as telas “Simulador” e “Editar Parâmetros” (Figura 3). Após iniciar, é selecionado a cultura com seu respectivo estágio de desenvolvimento, neste caso, “cacau-produção”. A tela “Simulador” é utilizada para simular ou alterar, em suas janelas, os diferentes cenários encontrados na região e na área cultivada. O usuário poderá simular as doses recomendadas, após fornecer os resultados da análise de solo. Ou então, nas outras janelas de simulação, alterar os parâmetros para caracterizar melhor o cenário da região e/ou da área cultivada, como: aumentar a produtividade almejada, alterar as taxas de recuperação da planta pelo solo, escolher o local do balanço hídrico mais próximo da área e os meses para o cálculo de suprimento de N pelo solo e alterar os escopos de variabilidades.

Na tela “Editar parâmetros” foram inseridos os dados obtidos nas plantas analisadas. Ao abrir, encontram-se as janelas “Dados da cultura”, “Parâmetros para demanda” e “Parâmetros para suprimento”. Nessas janelas foram inseridos os dados correspondentes a cada uma delas. Com isso, os dados fornecidos pela cultura do cacauero foram utilizados como parâmetros no software FERTICALC<sup>®</sup>, e adotado como padrão ao abrir a tela de simulação para recorrer às recomendações das demandas nutricionais das plantas.



Figura 3. Tela para iniciar a simulação das doses e parametrização do Sistema FERTICALC®.

#### 4.5.1. Dados da cultura

A janela “dados da cultura” (Figura 4) é composta dos campos “Produtividade potencial”, “Índice de colheita” e “Conteúdo de água do produto”, nos quais foram inseridos os dados obtidos e assumidos para cada um deles.

Para a produtividade potencial da cultura do cacauieiro na região foi assumido que  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de biomassa seca, que corresponde a  $5.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de biomassa fresca inserido no software como parâmetro. Esse valor foi baseado, na literatura em trabalhos que resultaram em altos índices de produtividades (CABALA-ROSAND et al., 1971; MIRANDA et al., 1972; VELLO et al., 1972; SILVA, 1976).

**Instruções** **Dados da cultura** **Parâmetros para Demanda** **Parâmetros para suprimento**

**Cultura:**

**Prod. Potencial:**  kg/ha

**Índice de colheita\*:**  \*ver observação sobre IC na guia 'Parâmetros para Demanda'

**Cont. de água do produto:**  g/kg

**Acúmulo anual de MS:** **Potencial:**  **Almejado:**  kg/ha

**Produtividade potencial:**  
 Produtividade (em kg/ha) de produto comercial (componente exportado) que é potencialmente obtida na região, considerando-se todos os fatores de produção em seu nível ideal. Trata-se do potencial de produtividade da cultura na região, portanto, não confundir com o potencial genético da cultura.

**Índice de colheita:**  
 Relação entre a produção comercial (componente exportado) e o total de matéria seca produzida pela cultura (componente exportado + demais componentes).

**Conteúdo de umidade do componente comercial:**  
 Conteúdo de água do produto comercial (componente exportado = no qual são expressas as produtividades potencial e almejada).

**Acúmulo anual de matéria seca:**  
 Informar somente para culturas que não têm produção comercial (como frutíferas em idade de crescimento sem produção) e para culturas floretais. Se esse parâmetro não for necessário para a cultura, o campo estará desabilitado.

Figura 4. Janela “dados da cultura” com os parâmetros inseridos nos campos “Produtividade potencial”, “Índice de colheita” e “Conteúdo de água do produto”.

Cabala-Rosand et al. (1971), obtiveram produtividades superiores a  $2.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , com aplicação de uma mistura de fertilizante NPK associada a remoção da sombra. Miranda et al. (1972) alcançou valores de produtividade de  $3000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , analisando o efeito de diferentes fontes fosfatadas associada a NK sobre a produção do cacauero na Bahia. Vello et al. (1972), por meio dos trabalhos de melhoramento de cacaueros, produziu híbridos que alcançaram produtividades de  $3.174 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Silva (1976), em trabalho sobre o estudo do crescimento do fruto do cacau, estimou a capacidade de suporte do cacauero em função da área foliar. Os dados mostraram que uma planta não tem capacidade de suportar mais de 80 frutos durante todo o seu ciclo de desenvolvimento, ou seja, o correspondente a uma produção de aproximadamente  $3.500 \text{ kg}$  de sementes secas por hectare. Desta forma, com os valores de produção encontrados, por meio da

literatura consultada, foi assumido um valor representativo na cultura do cacauero para produtividade potencial no Sistema FERTICALC<sup>®</sup>.

O índice de colheita é a relação entre a produção comercial e o total da biomassa seca produzida pela cultura (componente exportado mais os demais componentes). O valor encontrado desta relação foi de 0,085, ou seja, a biomassa de sementes corresponde a 8,5 % da biomassa total da planta (Quadro 8)

O conteúdo de umidade do componente comercial é a quantidade de água que o produto comercial possui na biomassa fresca. O teor de umidade foi estimado nas análises de quantificação da matéria seca dos componentes dos frutos, neste caso, estimou-se o teor para as sementes. O teor de água estimado foi de 400 g kg<sup>-1</sup>

#### **4.5.2. Parâmetros para demanda da cultura**

A janela “Parâmetros para demanda” na Figura 5 é composta dos campos “Componentes, índice de partição da biomassa e teores” e “Taxa de recuperação”. No primeiro campo esta a denominação dos componentes, percentagem de alocação, os componentes indicados como exportados e os nutrientes de cada componente. Já o campo “Taxa de recuperação” têm os locais com as taxas de recuperação para os nutrientes N, P e K. Nestes dois campos foram inseridos os dados dos parâmetros obtidos para cada um deles (Quadro 9).

A partir das estimativas das biomassas dos componentes da parte aérea, das raízes e do fruto nas plantas foram obtidos valores médios de biomassas para cada componente (Quadro 11) que foram utilizados para se obter os valores de partição utilizados para parametrizar o Sistema FERTICALC<sup>®</sup> para o cacauero. Esses valores foram inseridos na janela “parâmetros para demanda” do software.

Instruções Dados da cultura Parâmetros para Demanda Parâmetros para suprimento

**Componentes, índice de partição da biomassa e teores de nutrientes**

Denominação	% Alocação	Exportado?	N	P	K	S
Raízes	22,6	<input type="checkbox"/>	9,2	1,0	6,3	
Caules	9,2	<input type="checkbox"/>	7,3	1,2	6,6	
Ramos	33,7	<input type="checkbox"/>	9,6	1,3	7,6	
Folhas	15,7	<input type="checkbox"/>	22,3	1,6	8,9	
Casca	10,3	<input checked="" type="checkbox"/>	10,0	1,4	37,9	
Amêndoas	8,5	<input checked="" type="checkbox"/>	25,8	3,2	13,6	

Obs.: O índice de colheita, informado na guia 'Dados da cultura', deve corresponder à % de alocação de biomassa do componente exportado, na tabela acima.

**Taxa de recuperação:**  
Taxa de aproveitamento do nutriente do solo pela planta.

**Variabilidade de Nivel Crítico Foliar de P e S é crítica?:**  
Estudos demonstram que, para algumas culturas, o NC foliar de P varia com a Capacidade Tampão de P do solo, medida pelo P-remanescente. Na prática, isso se comprova pelo fato de se alcançarem boas produtividades com valores diferentes para o teor de P nos tecidos, ou seja, variabilidade no teor considerado ótimo. Como não existem estudos comprobatórios para todas as culturas, o FERTICALC deixa para o usuário determinar se deseja considerar, para uma dada cultura, se essa variabilidade é crítica ou não. Caso considere como crítica, deverão ser informados os menores (NCFInf) e maiores (NCFSup) valores dessa variabilidade, na unidade g/kg. O FERTICALC usará esses limites para estimar o NCF conforme o valor de P-remanescente do solo, admitindo-se uma relação linear entre NCF e P-remanescente. O mesmo é válido para o S.

Taxa de recuperação (%):  
N:  K:   
P:  S:

Variabilidade de NC foliar de P?  
 Sim  Não  
Menor NC:   
Maior NC:

Variabilidade de NC foliar de S?  
 Sim  Não  
Menor NC:   
Maior NC:

Figura 5. Janela “Parâmetros para demanda”, do Simulador de Sistemas FERTICALC® (TOME Jr, 2004) com os parâmetros inseridos para a cultura do cacaueteiro nos campos “Componentes, índice de partição da biomassa e teores” e “Taxa de recuperação”.

A partir dos teores encontrados, em cada componente das plantas, resultou num valor médio para cada um deles. Para os ramos e raízes, as médias foram agrupadas. Esses valores médios dos teores foram colocados na janela “parâmetros para demanda” do software para parametrizar o Sistema FERTICALC®.

Os valores de partição e teor de nutrientes dos componentes das plantas empregados na parametrização do sistema são mostrados no Quadro 11.

Quadro 11. Componentes, índice de partição da biomassa e teores de nutrientes

Componentes	Índice de partição de biomassa	N	P	K
	%			
Folhas	15,7	22,3	1,6	8,9
Caule	9,2	7,3	1,2	6,6
Ramos	33,7	9,6	1,3	7,6
Raízes	22,6	9,2	1,0	6,3
Cascas	10,3	10,0	1,4	37,9
Sementes	8,5	25,8	3,2	13,6



Os componentes assumidos como de exportação, na colheita, foram a semente e a casca, a qual é resultante do resíduo vegetal da colheita e considerado no Sistema como exportação adicional. A semente é o componente da produtividade almejada e um dos principais parâmetros do cálculo da demanda de nutrientes pela planta. Em relação a casca, a princípio, os nutrientes são absorvidos e exportados pela colheita. Nas condições do sul da Bahia, este resíduo vegetal geralmente fica na área. Então, como o Sistema necessita da análise do solo para calcular o suprimento de nutrientes da área, para produtividade almejada, no momento atual, indiretamente estará computando os nutrientes disponibilizados pela ciclagem dos resíduos vegetais de cascas provenientes de colheitas anteriores. Conseqüentemente, os resíduos da colheita atual será computado em análises de solo e recomendações posteriores.

Após estimar a biomassa total e o teor de nutrientes foi possível estabelecer a quantidade de nutrientes imobilizada na cultura, que corrigida pela taxa de recuperação dos nutrientes do solo pela planta, resulta na estimativa da demanda de nutriente que deve haver disponível no solo para atender a cultura.

A eficiência agronômica do uso de fertilizantes fosfatados é influenciada por uma série de fatores, tais como acidez do solo, modo de aplicação, reatividade dos fosfatos, tipo de planta e, especialmente, do poder tampão de fosfato do solo. A maior ou menor competição entre planta e solo pelo P aplicado como fertilizante faz com que a planta se ajuste para utilizar o P que lhe é colocado à disposição (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Para o fósforo, a taxa de recuperação pela planta é calculada utilizando o valor do P remanescente da análise de solo da área cultivada pela equação  $TxRecP = 5 + 0,25 \times P_{rem60}$ , do item 3.2.4

Para o nutriente P, a taxa de recuperação do solo pela planta foi calculada utilizando o valor médio do P remanescente ( $24,6 \text{ mg L}^{-1}$ ) da análise de solos em 20 áreas de cabruca, resultando numa taxa média de recuperação do P de 11,2 %. O valor médio do P remanescente foi inserido no Sistema FERTICALC<sup>®</sup> e ele processa os cálculos da taxa de recuperação.

Dependendo do valor de P remanescente no solo, a taxa de recuperação vai variar entre 5 e 20%. Segundo Tome Jr. (2004), os valores intermediários são determinados pela equação da taxa de recuperação do P, que assume uma relação linear entre a taxa de recuperação e o valor de P remanescente. Deste modo, o coeficiente 0,25, nessa equação, é proveniente da divisão da amplitude entre os limites 5 e 20 pela amplitude dos valores possíveis de P remanescente  $[(20-5) / (60-0)]$ .

Para o P, a expectativa teórica é que em solos muito argilosos e mais intemperizados (menor P remanescente), a taxa de recuperação de P pela planta esteja em torno de 5 %, mas em solos arenosos esta taxa não excede 20 % (MUNIZ, 1983; FONSECA, 1987, citados por FREIRE, 2001).

Para os nutrientes N e K, a taxa de recuperação do solo pela planta foram calculada utilizando o escopo da variabilidade (Quadro 1, Item 3.2.4). No entanto, o Sistema FERTICALC<sup>®</sup> parametrizado para cacauero foi alimentado com a taxa média (75%) encontrado entre os valores dos limites inferior e superior sugeridos por Tomé Jr. (2004). Neste escopo da variabilidade, ele é composto de tendências que podem motivar um aumento ou uma redução na taxa de recuperação pela planta. Estas tendências são baseadas na produtividade da cultura, sendo que quanto maior for à produção, menor será a tendência de redução da taxa de recuperação, ou vice-versa. Então, a escolha da taxa média se baseou na produtividade almejada

(comercial), pois ela encontra-se no limite médio entre a produtividade potencial e a baixa produtividade encontrada na região cacauzeira. Além disso, ela é utilizada como um dos valores de referência na parametrização do sistema, conseqüentemente, nos cálculos de recomendação de nutrientes que atenda a demanda da cultura para esta produtividade.

#### **4.5.3. Parâmetros para suprimentos**

A janela “Parâmetros para suprimento” apresentada na Figura 6 é composta dos campos “Taxa de mineralização anual da M. O.”, “ Relação C/N da M. O.”, “Profundidade do Horizonte A (cm)”, para os parâmetros que quantificam o N proveniente da mineralização da matéria orgânica. O campo “Parâmetros R100 para P e K” corresponde ao teor do nutriente no solo referente à produtividade potencial, e o campo “Parâmetros ISo para P e K” é quando o teor no solo tende para zero.

A taxa de mineralização anual de N, inserida no sistema para a sua parametrização, foi uma taxa com valor médio de 3%. Ela foi definida por um escopo da variabilidade (Quadro 4, item 3.2.5.6.1), encontrada entre os valores dos limites inferior e superior sugeridos por Tome Jr. (2004), que simule as condições regionais em relação ao clima, solo e manejo cultural.

A taxa anual foi distribuída durante os meses em que ocorre a produção de cacau. Assim, foram calculados as taxa de mineralização em cada mês considerando como uma fração da taxa anual proporcional à atividade microbiana do solo naquele mês. Deste modo, como a atividade microbiana no solo é fortemente influenciada pela temperatura e água disponível no solo, foi inserido no Sistema um balanço hídrico com dados climáticos correspondente às médias observadas na região cacauzeira.

**Instruções** **Dados da cultura** **Parâmetros para Demanda** **Parâmetros para suprimento**

**Nitrogênio**

Taxa de mineralização anual da M.O.:

Relação C/N da M.O.:

Prof. Hor. A (cm):

**Fósforo, Potássio e Enxofre**

R100 para P:       R100 para K:       R100 para S:

ISo para P:       ISo para K:       ISo para S:

**Taxa de Mineralização anual da M.O.:**  
Estimativa da taxa anual, em %, de mineralização da matéria orgânica do solo. O sistema está configurado para trabalhar com valores entre 1 e 5%.

**Profundidade do horizonte A:**  
Camada de solo que será considerada como fornecedora de N.

**Parâmetros R100 e ISo:**  
O parâmetro R100 é o resultado da análise de solo (para P, K e S) com o qual ocorre a 'Produtividade Potencial'. O parâmetro ISo é a porcentagem da 'Produtividade Potencial' se o teor do nutriente no solo fosse zero.

Figura 6. Janela “Parâmetros para suprimentos” com os parâmetros inseridos nos campos “Taxa de mineralização anual da M. O.”, “ Relação C/N da M. O.”, “Prof. Hor. A (cm)” e “Parâmentos R100 e ISo para P e K”.

A partir do teor de matéria orgânica (58 % C) foi estimado o estoque total de N solo. Para isso foi assumido uma relação C/N de 10/1, no qual o teor de carbono é dividido por 10 para obter o valor de N. Essa relação foi inserida como parâmetro no Sistema.

Para o parâmetro “Profundidade do horizonte A” foi inserido a camada de solo explorada pelo sistema radicular considerada como abrangendo uma profundidade de até 30 cm. Assim, o sistema assume que as raízes possam explorar todo o volume de solo desta área.

No cacauero, o sistema radicular é superficial, apresentando, em média, 80% das raízes numa profundidade de 0-30 cm (CADIMA e ALVIM, 1973, GAMA-RODRIGUES e CADIMA, 1991), sendo que as suas radículas se concentram entre 0 e 5 cm de profundidade (KUMMEROW et al., 1982).

Após definir os valores do teor de matéria orgânica do solo, profundidade da camada de solo explorada pelo sistema radicular, o teor de C e a taxa de mineralização mensal foi quantificado segundo a equação 10 (Item 3.2.5.6.1) o N proveniente da mineralização da matéria orgânica. O N computado como suprimento do solo, foi aquele considerado como o período de absorção de nitrogênio no ciclo de produção da cultura, que corresponde aos períodos de florescimento, crescimento e maturação. No cacaueteiro estes períodos correspondem à safra principal e temporã, compreendidas entre os meses de setembro a março e abril a agosto respectivamente.

O parâmetro  $R_{100}$  de P e K corresponde ao teor do nutriente no solo, referente à produtividade potencial para as classes de disponibilidade. Nesse parâmetro foram adotados os valores de IS para as classes de disponibilidade do Quadro 12, classificados como “bom”, que relacionam as classes de interpretação adotadas em Minas Gerais (ALVAREZ et al., 1999). Mas, para o P leva-se em conta também as classes de  $P_{rem60}$  na obtenção do IS.

O parâmetro  $IS_0$  de P e K corresponde à relação percentual entre a produtividade mínima e a produtividade potencial, quando o teor no solo tende para zero. Neste caso, a planta não teria condições de desenvolver-se e completar o seu ciclo vegetativo. Por isso, na parametrização do sistema, não foram adotados valores iguais a zero para os nutrientes, mas, valores de  $IS_0$  baixos para que a cultura pudesse atingir um desenvolvimento vegetativo mínimo. Para P e K, foram adotados os valores de 10 e 20%, respectivamente.

Quadro 12. Equações estimadas para a relação entre resultados da análise de P e K e índice de suficiência (IS), para as faixas de interpretação adotadas no Estado de Minas Gerais. Y = IS e X = resultado da análise de solo. Os teores das classes 'Baixo' e 'Médio' correspondem à média dos limites inferior e superior da faixa de classificação adotada em MG, enquanto que os teores das classes 'Muito Baixo' e 'Bom' correspondem ao limite superior da faixa de classificação adotada

Classe de P <sub>rem60</sub>	P					Equação	R <sup>2</sup>
	Zero (IS = 25%)	Muito Baixo (IS = 45%)	Baixo (IS = 80%)	Médio (IS = 90%)	Bom (IS = 100%)		
mg L <sup>-1</sup>	.....mg dm <sup>-3</sup> .....						
0 a 4	0,00	3,00	3,70	5,20	9,00	Y = 21,685 + 16,040X - 0,7930X <sup>2</sup>	0,88
4 a 10	0,00	4,00	5,05	7,20	12,50	Y = 21,573 + 11,856X + 0,4357X <sup>2</sup>	0,89
10 a 19	0,00	6,00	7,20	9,90	17,50	Y = 21,778 + 8,2121X - 0,2079X <sup>2</sup>	0,87
19 a 30	0,00	8,00	9,75	13,65	24,00	Y = 21,703 + 6,0799X - 0,1143X <sup>2</sup>	0,88
30 a 44	0,00	11,00	13,45	18,85	33,00	Y = 21,698 + 4,4089X - 0,0601X <sup>2</sup>	0,88
44 a 60	0,00	15,00	18,45	25,95	45,00	Y = 21,694 + 3,2132X - 0,0318X <sup>2</sup>	0,88
	K						
	Zero (IS = 50%)	Muito Baixo (IS = 70%)	Baixo (IS = 80%)	Médio (IS = 90%)	Bom (IS = 100%)		
	0,00	15,00	28,00	55,00	120,00	Y = 52,865 + 1,0243X - 0,0053X <sup>2</sup>	0,98

Fonte: Com base em Tome Jr. (2004) preparada com informações de Alvarez et al. (1999).  
O extrator de P disponível e K trocável é o Mehlich-1.

#### 4.6. Exemplo do cálculo do Sistema FERTICALC<sup>®</sup> para cacauero

No FERTICALC<sup>®</sup>, o cálculo da quantidade de nutrientes disponibilizado pelo solo é em função do teor disponível, da taxa de recuperação do nutriente pela planta e do volume de solo explorado pelas raízes.

Na planta, o sistema FERTICALC<sup>®</sup> estima a demanda de nutrientes tendo como base a produtividade comercial. Desta produtividade, realiza-se a estimativa do volume da sua biomassa e por meio dela a biomassa dos demais componentes. Assim, multiplicada pelo respectivo teor de cada nutriente encontrado, determina-se as estimativas das quantidades de nutrientes contidos na produção e nos demais componentes.

Desta forma, após parametrizar o sistema, é necessário que o usuário forneça os resultados da análise de solo referentes a área cultivada, a produtividade almejada, ajuste a taxa de recuperação de  $P_{rem60}$  de acordo com análise de solo, e escolha o balanço hídrico regional e os meses que determinaram as taxas de mineralização de N. Assim o sistema poderá executar os cálculos do balanço nutricional da cultura.

Para iniciar os cálculos do balanço nutricional da cultura é necessário antes preencher a planilha (Quadro 13) com os dados que foram prospectados. A produtividade potencial é de  $5.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de biomassa fresca, para as condições encontradas na região cacauera. As partições de biomassa e os teores de nutrientes dos componentes foram os valores apresentados nos quadros 7 e 9.

A produtividade almejada (CE) é de  $2.500 \text{ kg ha}^{-1}$ . O teor de umidade do produto comercial (sementes) foi de  $400 \text{ g kg}^{-1}$ , então a biomassa seca das sementes foi  $1.500 \text{ kg ha}^{-1}$ , o que leva a estimar na biomassa seca dos Demais

Componentes em  $16,34 \text{ t ha}^{-1}$ . Portanto, a relação de biomassa das sementes corresponde a 8,5% da biomassa total da planta. Esse valor representa o índice de colheita da cultura para esta produtividade. A biomassa restante da planta foi distribuída em proporções equivalentes às encontradas para os outros componentes.

Quadro 13. Planilha com as informações para os cálculos do balanço nutricional da cultura do cacaueteiro

Planilha para preenchimento de dados do sistema						
<b>Cultura:</b> Cacaueiro						
<b>Grupo:</b> Arbóreas						
<b>Produtividade potencial:</b> $5000 \text{ kg ha}^{-1}$						
<b>Índice de colheita:</b> 0,0846						
<b>Umidade do produto:</b> $400 \text{ g kg}^{-1}$						
<b>Acúmulo anual de biomassa seca</b> <sup>1/</sup> : Não se aplica						
Componente	Tipo	Exp.	Alocação	N	P	K
		S/N	%	g kg <sup>-1</sup>		
Aéreo (em conjunto)	Não se aplica					
Subterrâneo	Raízes	N	22,6	9,2	1	6,3
Sustentabilidade Primária	Caules	N	9,2	7,3	1,2	6,6
Sustentabilidade Secundária	Ramos	N	33,7	9,6	1,3	7,6
Atividade Metabólica	Folhas	N	15,7	22,3	1,6	8,9
Reprodutivo	sementes	S	8,5	25,8	3,2	13,6
Extra	Casca	S	10,3	10	1,4	37,9
Taxa de recuperação do nutriente do solo pela planta (%)				70	11,2	75

<sup>1/</sup> Componente exportado (S = sim) ou não (N = não)

O Sistema FERTICALC<sup>®</sup> nos cálculos para determinar a capacidade de suprimento dos nutrientes N, P e K pelo solo utilizou como exemplo uma análise de solo (Quadro 14) com valores médios das análises de solos de 20 áreas de cabucas da Região Sul Cacaueira.



Quadro 14. Resultados de análise de solo para a demonstração dos cálculos do Sistema FERTICALC<sup>®</sup> para a cultura do cacauero

Característica	Valor <sup>1/</sup>	Extrator
pH (H <sub>2</sub> O)	4,6	-
P (mg dm <sup>-3</sup> )	1,2	Mehlich-1
K (mg dm <sup>-3</sup> )	49,2	Mehlich-1
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,3	KCl 1 mol L <sup>-1</sup>
Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,9	KCl 1 mol L <sup>-1</sup>
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,2	KCl 1 mol L <sup>-1</sup>
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,7	Acetato de Ca 0,5 mol L <sup>-1</sup> - pH 7,0
Prem-60 (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>2/</sup>	24,6	-
M. O. (dag kg <sup>-1</sup> )	4,4	Método Walkley-Black
Saturação por Al <sup>3+</sup> (%)	34	-
Saturação por bases (%)	21	-

<sup>1/</sup> Médias dos valores das análises de solo (20 cm) de 20 áreas de Cabucas da Região Sul Cacaueira.

<sup>2/</sup> CaCl<sub>2</sub> 10 mmol L<sup>-1</sup> (60 mg L<sup>-1</sup> de P)

#### 4.6.1. Cálculo da demanda de nutrientes

A quantidade de nutrientes foi estimada de acordo os cálculos descritos no item 3.2.5.4, utilizando-se as equações 3, 4, 5, 6, e 7. Os valores são mostrados no Quadro 15.

Quadro 15. Quantidade de nutrientes imobilizada pela cultura do cacauero distribuído pelos seus componentes

Quantidade	Alocação	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
		N	P	K
Exportada	Sementes	38,5	5,0	20,0
	Cascas	18,0	2,5	69,0
Não-Exportada	Folhas	62,5	4,5	25,0
	Caule	12,0	2,0	11,0
	Ramos	58,0	8,0	46,0
	Raízes	37,0	4,0	25,0
Total		226,0	26,0	196,0

#### 4.6.2. Cálculo da quantidade de nutrientes requerida no solo

A quantidade de nutrientes requerida no solo é estimada levando-se em conta a quantidade total do nutriente imobilizada na cultura, corrigida pela taxa de recuperação dos nutrientes do solo pela planta. O cálculo é realizado de acordo com o item 3.2.5.5, utilizando-se a equação 8. Os seus valores encontram-se no Quadro 16.

Para o fósforo, a taxa de recuperação pela planta é calculada com a equação  $TxRecP = 5 + 0,25 Prem_{60}$ , usando-se o valor do teor de fósforo remanescente da análise de solo da área cultivada.

Os nutrientes N e K utilizaram taxa de recuperação pela planta baseado no escopo da variabilidade do Quadro 1. Para N e K foram usadas as taxas médias para os dois elementos, ou seja, 70% para N e 75% para K.

Quadro 16. Quantidades de nutrientes requeridas no solo pela cultura do cacaueteiro, para o exemplo do solo apresentado no quadro 14, conforme as respectivas taxas de recuperação dos nutrientes do solo pela planta

Nutrientes	N	P	K
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
Quantidade	322,0	229,0	262,0

#### 4.6.3. Suprimento de N pelo solo

O fornecimento de N pelo solo foi obtido com os valores do teor de matéria orgânica da análise do solo, da taxa de mineralização anual e do balanço hídrico da região (Quadro 17).

Primeiramente, determinou-se a taxa de mineralização de N, aplicando-se a equação 9 (item 3.2.5.6.1). No cálculo foram utilizados os dados do balanço hídrico

local, aplicando a taxa anual (3%) por meio da proporção entre a ER no mês e a ER anual do balanço hídrico.

Depois, com as taxas de mineralização calculadas, estima-se o fornecimento (Quadro 18) de N proveniente da decomposição da matéria orgânica do solo em cada mês, calculado pela equação 10.

Quadro 17. Balanço hídrico mensal e anual do município de Ilhéus

Meses	T ° C	EP (mm)	P (mm)	P – EP (mm)	Neg Acum.	ARM (mm)	ER (mm)	DEF. (mm)	EXC. (mm)
Jan	25,9	139,2	144,4	5,2	0,0	125,0	139,2	0,0	5,2
Fev	26,0	124,1	190,2	66,1	0,0	125,0	124,1	0,0	66,1
Mar	25,9	131,5	209,7	78,2	0,0	125,0	131,5	0,0	78,2
Abr	25,1	111,5	202,3	90,8	0,0	125,0	111,5	0,0	90,8
Mai	24,0	97,5	180,5	83,0	0,0	125,0	97,5	0,0	83,0
Jun	22,7	80,9	178,6	97,7	0,0	125,0	80,9	0,0	97,7
Jul	22,1	72,7	188,4	115,7	0,0	125,0	72,7	0,0	115,7
Ago	22,4	80,3	136,3	56,0	0,0	125,0	80,3	0,0	56,0
Set	23,4	91,8	148,4	56,6	0,0	125,0	91,8	0,0	56,6
Out	24,2	108,9	148,2	39,3	0,0	125,0	108,9	0,0	39,3
Nov	24,8	117,0	149,3	32,3	0,0	125,0	117,0	0,0	32,3
Dez	25,4	132,0	169,5	37,5	0,0	125,0	132,0	0,0	37,5
Anual	24,3	1287,3	2045,9				1287,3	0,0	758,5

T. = temperatura média mensal; EP = evapotranspiração potencial (mm); P = precipitação pluviométrica mensal (mm); P-EP = diferença entre EP e Precip.; ARM = água armazenada; ER = evapotranspiração real (mm); Def. = Déficit de água; Exc. = excesso de água.

Fonte: SEI (1999)

Quadro 18. Estimativa da quantidade de N proveniente da decomposição da matéria orgânica do solo

Mês	ER (mm)	ER / $\Sigma$ (ER)	TxMin N (%)	QNMO (kg ha <sup>-1</sup> )
Jan	139,2	0,1081	0,3244	24,9
Fev	124,1	0,0964	0,2892	22,2
Mar	131,5	0,1022	0,3065	23,5
Abr	111,5	0,0866	0,2598	19,9
Set	91,8	0,0713	0,2139	16,4
Out	108,9	0,0846	0,2538	19,5
Nov	117	0,0909	0,2727	20,9
Dez	132	0,1025	0,3076	23,6
Anual	956		2,2279	171,0

A quantidade de N, proveniente da decomposição da matéria orgânica do solo, atendem apenas a uma parcela da necessidade da cultura. O restante será adicionado na forma de fertilizantes e possivelmente do N proveniente da decomposição de restos culturais anteriores (não considerada nesse exemplo).

#### 4.6.4. Suprimento de P e K

O cálculo do suprimento de P e K já estimado baseando-se na demanda de nutrientes para a produtividade potencial. Então, é necessário estimar a produção de biomassa total correspondente ao CE e DC na produtividade potencial, depois realizar os cálculos da demanda de nutrientes, conforme foi descrito no item 4.6.1 e 4.6.2.

A produtividade potencial é de 5.000 kg ha<sup>-1</sup> de biomassa fresca. Nesse caso, a estimativa é de que a produção de biomassa seca total será de 35.676,1 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de sementes (CE) e 32.676,1 kg ha<sup>-1</sup> dos demais componentes (DC).

Os resultados encontrados nos cálculos das quantidades de nutrientes imobilizadas na cultura e requeridas no solo, para a produtividade potencial, são apresentados nos quadros 19 e 20.

Quadro 19. Quantidade de nutrientes imobilizada pela cultura do cacauzeiro para produtividade potencial, distribuído pelos seus componentes

Quantidade	Alocação	N	P	K
		----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
Exportada	Sementes	76,0	9,2	40,0
	Cascas	38,0	5,0	140,0
Não-Exportada	Folhas	125,0	9,0	50,0
	Caule	24,0	3,9	22,0
	Ramos	114,0	15,5	92,0
	Raízes	74,0	8,3	51,0
Total		451,0	51,0	395,0

Quadro 20. Quantidades de nutrientes requeridas no solo pela cultura do cacauero para produtividade potencial, para o exemplo do solo apresentado no quadro 14

Nutrientes	N	P	K
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
Quantidade	644,0	457,0	524,0

Para se estimar o suprimento de P e K, é preciso obter uma estimativa para o índice de suficiência (IS) dos resultados da análise de solo desses nutrientes, no qual é encontrado pela equação 11 (Item 3.2.5.6.2). Primeiro deve-se estabelecer o resultado da análise de solo referente à produtividade potencial (R100). O valor considerado será o limite inferior da classe de teores classificados como 'Muito bom' do Quadro 12 (ALVAREZ et al.,1999). Onde, para o P<sub>rem-60</sub> de 24,6 mg L<sup>-1</sup> encontrado no solo corresponde no quadro a 24 mg dm<sup>-3</sup> e para o K é de 120 mg dm<sup>-3</sup>.

Na equação 11, também é necessário estipular os parâmetros "IS<sub>0</sub>" e "fm". Neste caso, serão adotados os valores de IS<sub>0</sub> de 10 e 20 respectivamente para P e K. Já o valor de "fm" será de 0,05 para todos os nutrientes. Conforme o escopo da variabilidade do parâmetro "fm" do Quadro 5.

Desta forma, obtêm-se com equação 11 as estimativas de IS para P e K. Os valores são:

$$IS_P = 100 - \frac{100 - 10}{e (0,05 (24,6 \div 24,00 \times 100)^{0,9})}$$

$$IS_K = 100 - \frac{100 - 20}{e (0,05 (49,2 \div 120,00 \times 100)^{0,9})}$$

Para a análise de solo desse exemplo o valor de  $IS_P$  é 27,3 % e  $IS_K$  é 80,5 %. Então, com a equação 12, do item 3.2.5.6.2, é só multiplicar a quantidade do nutriente demandada no solo pela cultura, para a produtividade potencial, pelo respectivo IS e dividir por 100 para obter-se a quantidade suprida pelo solo. Deste modo, o suprimento de P e K pelo solo nesse exemplo foi o encontrado no Quadro 21.

Quadro 21. Quantidades de P e K supridas pelo solo

Nutrientes	P	K
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----	
Quantidades	457 x 27,3 / 100 = 125	524,0 x 80,5 / 100 = 422

#### 4.6.5. Quantidades a aplicar de N, P e K

Os cálculos realizados pela equação 13, em que à diferença entre a quantidade demandada no solo pela cultura (Quadro 16) e a quantidade suprida pelo solo (Quadro 21), resultou nas quantidades encontradas para cada nutriente presente no quadro 22.

Quadro 22. Cálculo da quantidade a aplicar de N, P e K

Nutrientes	N	P	K
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
Cálculo	322 - 171 = 151	229 - 125 = 104	262 - 422 = -160 ou 90 <sup>1/</sup>
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Correção (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O)	-	238	108

<sup>1/</sup> Quantidade do nutriente dos componentes exportados

O valor de potássio foi negativo, ou seja, o solo é capaz de fornecer mais do que a necessidade da cultura. No entanto, o sistema não recomenda dose zero, neste caso, o FERTICALC<sup>®</sup> recomenda a soma dos nutrientes dos componentes exportados (casca e semente), transformando em dose a ser aplicada ao solo.

O FERTICALC<sup>®</sup> sempre indicar, como dose mínima, a quantidade de nutrientes que está sendo exportada pela colheita, mesmo que o solo seja capaz de fornecer a necessidade da cultura. Neste caso, a recomendação de nutrientes pelo sistema tem como finalidade manter a sustentabilidade do solo em longo prazo, repondo o que foi exportado e evitar a exaustão dos nutrientes do solo. Assim, os cálculos do sistema FERTICALC<sup>®</sup> não têm a finalidade de enriquecer o solo, mas manter o equilíbrio entre o balanço nas massas dos nutrientes, no qual a produtividade almejada define a demanda da cultura. Dessa forma o sistema atende às necessidades da cultura em relação a capacidade de suporte do solo e ao mesmo tempo mantém a sustentabilidade do solo em longo prazo.

Partindo da mesma análise de solo, o sistema de tabela proposto pela edição da segunda aproximação do Boletim de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para a Cultura do Cacaueiro no Sul da Bahia (CHEPOTE et al., 2005), recomenda aplicar uma quantidade de 60 de N, 90 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 de K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup>. Neste sistema, a adubação de cacaueiros baseia-se nas doses de nitrogênio, determinadas em ensaios de campo e nos níveis críticos de fósforo e potássio disponíveis que proporcionam maior desenvolvimento e produção do cacaueiro. Já o Sistema FERTICALC<sup>®</sup> determinou as quantidades de nutrientes contidos na produção e nos demais componentes, encontrando a demanda de nutrientes para a cultura tendo como base a produtividade almejada. No solo, estimou-se a capacidade de

suprimento potencial de nutrientes através da análise de solo como índices de suficiência (IS). Deste modo, a diferença entre a demanda pela planta e a capacidade de suprimento pelo solo é o balanço nutricional. Isso faz com que suas doses recomendadas variem continuamente com a produtividade almejada, com os teores e capacidade tampão dos nutrientes no solo.

As doses estimadas nesta simulação são maiores que as atualmente definidas pelo Boletim de Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para a Cultura do Cacaueiro no Sul da Bahia, em média 195% maiores para N, P e K.

Considerando que no estudo de Cabala-Rosand et al. (1971) que verificou aumento de produção em 21 plantações de cacauzeiros, em diferentes tipos de solos e sem sombreamento, no qual as doses recomendadas foram 105 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, 146 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 64 de K<sub>2</sub>O. Esse resultado aproxima-se mais das doses estimadas neste estudo.

A diferença entre os dois sistemas de recomendação, na quantidade de nutrientes demandada pela cultura, se deve, em parte, a abordagem de cada um. Mas, também pode ser creditado às diferenças entre os parâmetros de cálculo utilizados.

O Sistema FERTCAL<sup>®</sup>, parametrizado para a cultura do cacauzeiro, foi simulado para os cálculos do balanço nutricional de 20 áreas de Cabucas da Região Sul Cacaueira (Quadro 23), tendo como exemplo o resultado das análises de solo destas áreas. As simulações realizadas nessas áreas pelo Sistema resultou em diferentes recomendações de adubação, em razão das características de cada um desses solos. Comparando as recomendações de adubação dos solos das 20 áreas



avaliadas observa-se que as doses de nutrientes recomendadas pelo Sistema FERTICALC<sup>®</sup> variam com os teores de nutrientes e atributos do solo.

Quadro 23. Recomendações de fertilização de N, P e K pelo FERTICALC<sup>®</sup> em 20 áreas de cabruca da Região Sul Cacaueira para os teores de P, K, MO e P<sub>rem-60</sub> dos resultados das análises de solo das áreas

Solo	Análises de solos <sup>1/</sup>				Recomendação do FERTICALC <sup>®</sup>		
	P	K	MO	P <sub>rem-60</sub>	N	P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K (K <sub>2</sub> O)
	mg dm <sup>-3</sup>	mg/dm <sup>-3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>		
1	2,6	67,0	4,4	24,4	151	92	108
2	1,8	38,0	3,5	17,7	186	203	108
3	4,7	89,0	3,8	36,5	175	17	108
4	1,8	63,0	5,8	19,7	97	193	108
5	3,5	36,0	5,1	14,6	124	21	108
6	5,1	35,0	3,5	30,0	186	17	108
7	4,2	60,0	3,5	28,2	186	17	108
8	1,9	39,0	6,3	20,9	77	175	108
9	12,8	63,0	3,8	30,0	175	17	108
10	2,9	79,0	4,9	22,7	132	68	108
11	2,4	24,0	2,1	38,6	241	84	108
12	2,8	46,0	6,4	22,1	74	79	108
13	7,9	36,0	2,1	34,3	241	17	108
14	4,0	44,0	3,6	12,3	182	17	108
15	11,3	47,0	5,3	26,1	116	17	108
16	17,7	69,0	4,1	26,4	163	17	108
17	2,6	43,0	4,0	25,2	167	91	108
18	1,8	32,0	5,0	22,0	128	182	108
19	1,2	29,0	5,5	14,5	109	310	108
20	1,5	45,0	5,6	26,6	105	196	108
Máximo	17,7	89	6,4	38,6	241	310	108
Mínimo	1,2	24	2,1	12,3	74	17	108
Média	5,3	49,2	4,4	24,6	151	92	108
CV	82,3	35,8	27,9	29,0	31,7	96,0	0,0

<sup>1/</sup> O Sistema FERTICALC<sup>®</sup> necessita dos teores de de P, K, MO e P<sub>rem-60</sub> da análise de solo para realizar as recomendações de adubação de N, P e K.

As recomendações de adubação para nitrogênio no FERTICALC<sup>®</sup> são influenciadas pelo teor de matéria orgânica do solo. Isso fica evidenciado quando compara-se os resultados das recomendações dos solos 8, 11 e 12 do quadro 23.

Os solos 8 e 12 têm teores de MO (6,3 e 6,4 dag kg<sup>-1</sup>) e recomendações de N (77 e 74 kg ha<sup>-1</sup>) equivalentes. Já o solo 11 que possui teor inferior de MO (2,1 dag kg<sup>-1</sup>), em relação aos demais solos, foi recomendado uma dose superior para adubação de N (241 kg ha<sup>-1</sup>).

Para o fósforo, as recomendações pelo Sistema FERTICALC<sup>®</sup> são realizadas em razão das variáveis teor do nutriente e P<sub>rem-60</sub>. Os solos 2 e 18, do quadro 23, com teores de P (1,8 mg dm<sup>-3</sup>) iguais e teores de P<sub>rem-60</sub> (solo 2: 17,7 mg L<sup>-1</sup>; solo 18: 22 mg L<sup>-1</sup>) diferentes resultou em recomendações de adubação diferenciadas para os solos em função do P<sub>rem-60</sub>. O solo com menor teor de P<sub>rem-60</sub> obteve a maior dose de P (203 kg ha<sup>-1</sup>) recomendados pelo Sistema. O mesmo comportamento acontece quando a mesma situação entre as duas variáveis inverte-se. Este comportamento confirma a influência desta duas variáveis nas recomendações realizadas pelo Sistema FERTICALC<sup>®</sup>.

As recomendações de adubação realizadas pelo Sistema ao Potássio, foram iguais para todos os solos das áreas analisadas. A capacidade de suporte do nutrientes em todos os solo das áreas, foram capazes de atender a demanda da cultura do cacaueteiro para a produtividade almejada, geralmente uma tendência dos solos desta região. Deste modo, o Sistema recomendou como dose mínima a quantidade do nutriente que foi exportado pela cultura (108 kg ha<sup>-1</sup>), pois não recomenda dose zero. No entanto, essa configuração do Sistema é um atributo falho, pois não distingue o quanto o solo tem a mais em capacidade de suporte dos nutrientes para atender a demanda da cultura. Essa configuração do sistema é ideal quando a capacidade de suporte do solo e demanda da cultura fossem iguais ou bem próximos entre ambos.

Mas, apesar de recomendações de adubação coerentes, ainda existem informações que necessitam serem mais bem trabalhadas, a fim de quantificar de forma mais eficiente a demanda nutricional da cultura e possibilitar o avanço no Sistema.

## 5. CONCLUSÕES

A quantificação da produção de biomassa seca total em plantas de cacauzeiros permitiu determinar a partição de seus componentes numa distribuição de 77,4 % para a parte aérea e 22,6 % para o sistema radicular, resultante de uma produção de biomassa seca em sementes de 1500 kg ha<sup>-1</sup>.

A quantificação da biomassa seca também permitiu determinar a partição de biomassa no fruto em 54,9% para casca e 45,1% para a semente.

O nutriente que requereu a maior demanda para o cultivo do cacauzeiro foi o nitrogênio.

As simulações realizadas com o FERTICAL<sup>®</sup> demonstraram que o sistema recomenda maiores doses de N do que as atualmente utilizadas para o cacauzeiro, e para P as doses são bastante variáveis com características de solo.

Há necessidade de incorporar procedimentos que permitam avaliar a viabilidade econômica das doses e calibrar melhor as taxas de recuperação dos nutrientes N P e K pelas plantas, principalmente para P.

## 6. REFERÊNCIAS CONSULTADAS

- ACQUAYE, D. K. Foliar analysis as a diagnostic technique in cacao nutrition. I. Sampling procedure and analytical methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.12, p.855-863, 1964.
- AHENKORAH, Y. **The influence of environment on growth and production of the cacao tree: soils and nutrition**. In: 7<sup>a</sup> CONFERENCE INTERNACIONALE SUR LA RECHERCHE CACAOTERO. Douala, 1979. Actes. Lagos, Cocoa Producers' Alliance, p.167-176. 1981.
- AIME, M.C.; PHILLIPS-MORA, W. The causal agents of witches' broom and frosty pod rot of cacao (chocolate, *Theobroma cacao*) form a new lineage of Marasmiaceae. **Mycologia**, v.97, p.1012-1022, 2005.
- ALMEIDA, A-A. F. e VALLE, R. R. Análise de crescimento do fruto e das sementes de sete genótipos de *Theobroma cacao* L. **Revista Pesquisa. Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.7, p.909-916, 1995
- ALMEIDA, C. M. V. C.; PEQUENO, P. L. L. ; MATOS, P. G. G. ; DESTRO, W. ; SILVA, A. P. R. ; LIMA, G. C. ; SIRIACO, F. . Fatores que afetam a produtividade do cacau (Theobroma cacao L.) em Rondônia, Brasil. **Revista Agrotrópica**, Ilhéus, Bahia, v. 15, n. 3, p. 161-168, 2003.
- ALPIZAR, L.; FASSBENDER, H.W.; HEUVELDOP, J.; FOSTER, H.; ENRIQUEZ, G. Modelling Agroforestry Systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel(*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. I. Inventory of organic matter and nutrients. **Agroforestry Systems**, n.4, p.175-189, 1986.
- ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5<sup>a</sup> Aproximação**. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.
- ALVIM, P. T e GRANGIER Jr., A Estudio sobre el analisis de crecimiento de plântulas de cacao de diferente origen genetico. **Cacao**, Costa Rica, v.11, n.2, p.1-3, 1966.
- ALVIM, P. T. Causas do peço dos frutos jovens do cacau. **Cacau: Atualidades**, v.3, n.3, p.2-5, 1966.
- ALVIM, P. T. **Ecological and physiological determinants of cacao yield**. In: International Cocoa Research Conference, 5, Ibadan, 1975. Proceedings. Ibadan, p. 298-315, 1975.
- ALVIM, P. T. **Los factores de la productividad agrícola**. Turrialba, Costa Rica: IICA, p.20, 1962.

ALVIM, P.T. **Tecnologias apropriadas para a agricultura nos trópicos úmidos.** Agrotropica 1:5-26. (1989)

ARANGUREM, J.; ESCALANTE, G.; HERRERA, R. Nitrogen cycle of tropical perennial crops under shade trees. II. Cacao. Plant Soil, n.67, p.259-269, 1982.

ARÉVALO, E., RAMA, A.; VALLE, R.R. **Integração de práticas de manejo no cultivo de cacau.** In: VALLE, R. R. (Ed.). Ciência, tecnologia e manejo do cacau. Itabuna: Gráfica e Editora Vital., p. 324-370, 2007.

BARROS FILHO, N. F. **Sistema de recomendação de fertilizantes para o *Pinus taeda* L. (NUTRIPINUS).** 58p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; TEIXEIRA, J.L.; FERNANDES FILHO, E.I. **NUTRICALC 2.0 – Sistema para cálculo Del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para el cultivo de eucalipto.** Bosque, v.16, p.129-131, 1995.

BASTOS, E. **Cacau, a riqueza agrícola da América.** São Paulo: Ícone, 1987, 103p.

BENAC, R. e DE JARDIM, J. **Essais d'engrais sur cacaoyers menes dans La region de Yaounde, Cameroun.** In International Cocoa Research Conference, 3, Accra, 1969. Proceedings. Tato, CRIG. p. 298-315, 1971

BOYER, J. Cycles de La matiere organique et des éléments minereaus dans une cacaoyère camerounaise. **Café Cacao Thé**, v.17, n.1. p.3-24, 1973.

BRITO, I. C. **Variação dos teores de nutrientes inorgânicos no fruto do cacau (Theobroma cacao L.- clone SIAL - 105) durante seu desenvolvimento.** 1976. 56p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Salvador.1976.

BURRIDGE, J. C.; LOCKARD, R. G. and ACQUAYE, D. K. The levels of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in the leaves of cacao (*Theobroma cacao* L.) as affected by shade, fertilizer, irrigation, and season. **Annals of Botany**, n.28, p.401-417, 1964.

CABALA-ROSAND, F. P. e SANTANA, M.B.M. Novos critérios para recomendação de fertilizantes e corretivos no Estado da Bahia, Brasil. In: 9th International Cocoa Research Conference, Lomé, Togo, 1984. p.316-322, 1985.

CABALA-ROSAND, F. P. e MARIANO, A. H. Absorção diferencial de fósforo em cultivares de cacau. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília,v.2, n.2, p.159-167, 1985.

CABALA-ROSAND, F. P.; MIRANDA, E. R.; SANTANA, M.B.M. e SANTANA, C.J.L. Exigência nutricionais e fertilização do cacau, Itabuna, CEPLAC, **Boletim Técnico** n.30, 1975, 59p.

CABALA-ROSAND, F. P.; SANTANA, C.J.L. e MIRANDA, E. R. Respuesta Del cacaoero al abonamiento en le sur de Bahia, Brasil. Itabuna, Brasil, Centro de Pesquisa do Cacau. **Boletim Técnico**, n.43, 1976, 24 p.

CABALA-ROSAND, F. P.; SANTANA, M. B. M. Comparacao de extratores químicos de fósforo em solos do sul da Bahia. **Turrialba**, v.22, n.1, p.19-26, 1972.

CABALA-ROSAND, F. P.; SANTANA, M. B. M. e SANTANA, C. J. L. Exigência nutricionais e adubação do cacauero, Campinas, Fundação Cargill, 1989, 71p.

CABALA-ROSAND, F. P.; MIRANDA, E. R.; PRADO, E. P. Efeito da remoção da sombra e da aplicação de fertilizantes sobre a produção do cacauero da Bahia. **Cacao**, v.15, p.43-57, 1970.

CABALA-ROSAND, F. P.; PRADO, E. P.; MIRANDA, E. R.; SANTANA, C. J. L. Efeito da remoção de sombra e da aplicação de fertilizantes sobre a produção do cacauero na Bahia. Centro de Pesquisa do Cacau. **Revista Theobroma** , v.1, n.4, p.43-57, 1971.

CABALA-ROSAND, F. P.; SANTANA, C. J. L de.; MIRANDA, E. R. de. Resposta do cacauero "Catongo" a doses de fertilizantes no sul da Bahia, Brasil. **Revista Theobroma**, v.12, n.4, p.203-216, 1982.

CABALA-ROSAND, P. e SANTANA, C. J. L. A calagem na cultura do cacau. *In* Reunião Brasileira de Fertilidade do solo, 15<sup>a</sup>., Capinas, SP, Brasil, 1983. Acidez e Calagem no Brasil. Campinas, **SBCL**. p 321-339. 1983.

CADIMA. Z. A. e ALVIM, P. T. Alguns factores del suelo asociados com la productividad del cacaoero en Bahia, Brasil. **Revista Theobroma**, Ilhéus, v.3, n.2, p.13-26, 1973.

CAMPOS, A. X. Avaliação da fertilidade de solos cacaueros da Amazonia. Belém, Brasil. CEPLAC/DEPEA. **Comunicado técnico**, n.22, 1982, 17p.

CARVALHO, F. T. **Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do milho**. 2000. 93 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000.

CASTRO, A. F. e MENEGHELLI, N. A. As relações  $K^+ / (Ca^{++} + Mg)^{1/2}$  e  $K^+ / (Ca^{++} + Mg^{++})$  no solo e as respostas adubação potássica. **Revista Pesquisas Agropecuária Brasileira**, v.24, n.6, p.751-760, 1989.

CHEESMAN, E. E. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. **Tropical Agriculture**, n.21, p.144-159. 1944.

CHEPOTE, R. E. Coord. et. al. **Recomendações de corretivos e fertilizantes na cultura do cacauero no Sul da Bahia – 2ª aproximação**. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. p.36, 2005.

CHEPOTE, R. E. e PEREIRA, G. C. Lixiviação de potássio em alguns solos de cacau. Ilhéus, BA. CEPLAC/CEPEC. **Informe Técnico** 1981. p. 32-35, 1982.

CHEPOTE, R. E. Efeito do composto da casca do fruto do cacau no crescimento e produção do cacauzeiro. **Revista Agrotrópica**, v.15, n.1, p.1-8, 2003.

COTTA, M. K. **Quantificação de biomassa e análise econômica do consórcio seringueira-cacau para geração de créditos de carbono**. 2005. 56 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2005.

CUNHA, H. M. P. **Variações estacionais dos teores de macronutrientes em tecidos de cacauzeiros na região sul do estado da Bahia**. In: II Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau. Salvador. Memórias. São Paulo, 1967. 162p.

DIAS, L.A.S. **Cacau- Melhoramento genético**. FUNAPE-UFG. Viçosa, MG. 2001 578p.

FASSBENDER, H.W.; ALPIZAR, L.; HEUVELDOP, J.; ENRIQUEZ, G.; FOSTER, H. Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em agrossistemas com cacauzeiros. In: CABALA-ROSAND, P. (Ed.). **Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos Trópicos**. Ilhéus: CEPLAC, p.231-257, 1985.

FREIRE, F. J. **Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar**. 144 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

FROTA, P. C. E. **Notas sobre o clima da região cacauzeira da Bahia**. Cacau Atualidades, Brasil, v.9,n.2, p.17-24. 1972.

GAMA-RODRIGUES, A. C. **Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais na região tropical: funcionalidade e sustentabilidade** In: MULLER, M. W. et al. (Eds) Sistemas agroflorestais. Tendências da agricultura ecológica nos trópicos. Sustento da vida e sustento de vida. Ilhéus, SBSAF/CEPLAC/VENF. p 64-84. 2004.

GAMA-RODRIGUES, A. C. y CADIMA Z., A. Efectos de fertilización sobre el sistema radicular de cacao en suelos de "tabuleiros" del sur de Bahia, Brasil. **Turrialba**, v. 41, n.2, p.135-141, 1991.

GARCIA, J.J.S.; MORAIS, F.I.O.; ALMEIDA, L.C. **Sistema de produção de cacauzeiro na Amazônia brasileira**. Belém: CEPLAC/DEPEA, 1985. 118p.

GRAMACHO, I.C.P.; MAGNO, A.E.S.; MANDARINO, E.P. & MATOS, A. **Cultivo e beneficiamento do cacau na Bahia**. Ilhéus, CEPLAC, 1992, 124p.

HARD, F. The chemical and ecological research on cacao. **Tropical Agriculture**. v. 12, n.7, p.175-178, 1935.

HUTCHEON, W. N. **Light interception by the canopy and leaf area index (LAI)**. In: TAFO, GHANA, COCOA RESEARCH INSTITUTE. Annual Report 1973-1974. Tafo, p.130-192, 1976.



INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION. **Annual forecasts of production and consumption and estimates of production levels to achieve equilibrium in the world cocoa market.** Berlin: ICCO, 2008. (Executive Committee EX/136/7).

INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION. **Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics.** Londres: ICCO, 2008. Cocoa year 2007/08. v.34, n.4, 2008

JADIM, P. Study of mineral fertilization of cacao trees on the Ivory Coast from a "soil diagnosis". **Café, Cacao, The**, v.16, n.3, p. 204-218, 1972.

KUMMEROW, J.; KUMMEROW, M.; SILVA, W.S. Fine-root growth dynamics in cacao (*Theobroma cacao*). *Plant and Soil*, v.65, p.193-201, 1982.

LEITE, J. O. e VALLE, R. R. Nutrient cycling in the cacao ecosystem: Rain and throughfall as nutrient sources for the soil and the cacao tree. **Agriculture Ecosystem Environ**, n.32, p. 143-154, 1990.

LOBÃO, D.E.; SETENTA, W.C.; LOBÃO, E.S.P.; CURVELO, K.; VALLE, R.R. **Cacau Cabruca – sistema agrossilvicultural tropical.** In: VALLE, R. R. (Ed.). Ciência, tecnologia e manejo do cacau. Itabuna: Gráfica e Editora Vital., p. 290-323, 2007.

MADGWICK, H. A. e OVINGTON, J. D. The chemical composition of precipitation in adjacent Forest and open plots, **Forestry**, n. 32, p. 14-22, 1959.

MAISTONE, B.J. e THONG, K, C. **Fertilizer response over 6 years from planting of monocrop cocoa on a Bungor series soils.** Preprint from the International Conference on Cocoa and Coconuts, Malaysia. Kuala Lumpur, 1978. 20 p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação do cacau.** In ABEAS (ed.). Curso de nutrição mineral de plantas, módulo 06: nutrição mineral do cacau e do café. ABEAS, ESALQ/USP, Piracicaba, p.7-59.1997.

MARROCOS, P. C. L.; PIRES, J. L.; SODRÉ, G. A.; SAMPAIO, E; MOURA, A.; FERNANDES, M. **Fertirrigação, nutrição e infecção de doenças em cacau.** In: XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, Vitória, ES, Brasil, Trabalhos. 2008.

MELLO, M. S. **Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de calagem e fertilizante para a cultura de tomate.** 2000. 91 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

MENEZES, J. A. **Produtividade e taxa marginal de retorno de insumos modernos em fazendas de cacau, região cacauera da Bahia, ano agrícola 1971/1972.** Tese Mestrado. Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa, p. 85, 1972.

MIRANDA, E. R. e CABALA-ROSAND, F. P. **Efeitos da combinação de diferentes fontes fosfatadas sobre a produção de cacau.** In: 7ª Reunião Brasileira de Fertilizantes do Solo, Itabuna – Cruz das Almas – Salvador, Bahia. Comunicações da Equipe de Fertilidade do CEPEC, p.16-17, 1972.

MIRANDA, E. R. e MORAIS, F. I. O. Efeitos da combinação de diferentes fontes de nitrogênio e potássio no desenvolvimento de plântulas de cacau. **Revista Theobroma**, Itabuna, v. 1, n.2, p.29-38, 1971.

MIRANDA, R. A. C. e MILDE, L. C. E. **Varição sazonal das perdas por interceptação de chuvas em *Theobroma cacao***. In I Simpósio Internacional dos trópicos Úmidos, Bélem, v.1, p.51-55, 1985.

MORAIS F.I.O.; SANTANA, C.J.L.; CHEPOTE, S.R.E. Resposta do cacauero ao nitrogênio, fósforo e potássio em solos da região cacauera da Bahia. **Revista Theobroma**, Itabuna, v.8, n.1, p.31-41, 1978.

MORAIS, F.I.; SANTANA, M.B.M e SANTANA, C.J.L. **Nutrição mineral e adubação do cacauero**. Ilhéus, CEPLAC, Boletim técnico. 1981. 51p

MORAIS, F.I.O. e CAMPOS, A. X. **Estado nutricional e produtividade de solos ocupados com cacau na Amazônia brasileira**. In: 1º Simposio do Trópico Úmido, Belém, Brasil, 1984, 20p.

MORAIS, F.I.O. e PEREIRA, G.C. Resposta do cacauero à aplicação de fertilizantes e corretivos nas condições da Amazônia. I. Crescimento e produção inicial. **Revista Theobroma**, Itabuna, v.16, n.2, p.65-73, 1986.

NAKAYAM, L. H. I.. Calagem em solo ácido cultivado com cacau. **Revista Theobroma**, Itabuna, v.16, n.4, p.243-247, 1986.

NAKAYAMA, L. H. I.; ALBUQUERQUE, P. S. B.; NOGUEIRA, N. L.; BUARETTO, D. E. Influência da nutrição mineral na ocorrência da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosa* (STAHEL) SINGER) em cacauero. 1 - Sintomas visuais de deficiência de nutrientes e da doença e observações estruturais. **Revista Agrotrópica**, v.10, n.2, p. 79-86, 1998.

NICOLELLA, G; CAMPOS, H. & CABALA-ROSAND P. O emprego da superfície de resposta na interpretação de experimentos de adubação na cultura do cacau na Bahia. **Revista Theobroma**, Itabuna, v.13, n.1, p. 1-13, 1983.

NOVAIS, R.F. e SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 1999. 399p.

OLIVEIRA, F. H. T. **Sistema para recomendação de calagem e adubação para a cultura da bananeira**. 2002. 88 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; CANTARUTTI, R. B.Desenvolvimento de um sistema para recomendação de adubação para a cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.29, p.131-143, 2005.

- OLIVEIRA, J. R. V. **Sistema para cálculo de balanço nutricional e Recomendação de calagem e adubação de Povoamentos de teca** - NUTRITECA. 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa . 2003.
- OMATOSO, T.I. **Preliminary results of an NPK fertilizer trial on F<sub>3</sub> Amazon Cocoa in Western Nigeria**. In: V International Cocoa Research Conference, Ibadan, Nigeria, 1975. Proceedings. Cocoa Research Institute of Nigeria, Ibadan, Nigeria, p.316-322, 1977.
- PEREIRA, J. L. ALMEIDA, L. C. C. de AND SANTOS, S. M. **Witches' broom disease of cocoa in Bahia: attempts at eradication and containment Crop Protection**, v.13, n.8, p.743-753, 1996.
- PINTO, L. R. M. **Manejo de cacauzeiros clonados**. Ilhéus, CEPLAC/CENEX. 1999 60p.
- POSSAMAI, J. M. **Sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do algodoeiro**. 2003, 80p. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.
- POUND, F. J. e De VERTEUIL, J. Results of manurial experiments on cacao at Marper. **Tropical Agriculture**, v.13, n.9, p.233-241, 1936.
- PREZOTTI, C. L.; NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. **Adubação de formação e manutenção de cafezais (sistema para recomendação de fertilizantes e corretivos de solo para a cultura do café arábica**. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.) Encontro sobre café: produtividade, qualidade e sustentabilidade. Viçosa, UFV, 2000. 396 p.
- PREZOTTI, L. C. **Sistema para recomendação de corretivos e de fertilizantes para a cultura do café arábica**. 2001. 93 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- RAFFAELI, V. **Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de nutrientes para arroz irrigado**. 2000. 76p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000.
- RESENDE, M.; CURI, N. SANTANA, D. P. **Pedologia e Fertilidade do solo: interações e aplicações**. Lavras, ESAL., POTAFOS, 1988.
- RODRIGUEZ, R. M.; CARVAJAL., J. F. ; MACHICADO, M. e JIMÉNEZ, E. Requerimientos nutricionales Del cacao durante un ciclo anual. **Cacao**, Costa Rica, v.3, n.4, p.1-7, 1963.
- ROSA, G. N. G. P. **Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do coqueiro**. 2002. 76 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.

SANQUETA, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. *In*: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds.) **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, p.119-140, 2002.

SANTANA, C. A. M. **Cultura do Cacaueiro**. CEPLAC-DEPED-EMARC, Uruçuca,, 1985, 140p.

SANTANA, M. B. M. e CABALA-ROSAND, P. **Mineralização e ciclagem de nitrogênio em uma plantação de cacau no Sul da Bahia**. *In*: VIII Conferência Internacional de Investigación en Cacao, Cartagena, 1981. Actas. Lagos, Cocoa Producers, Alliance. p. 157-164, 1982a.

SANTANA, M. B. M. e CABALA-ROSAND, P. **Reciclagem de nutrientes em uma plantação de cacau sobreado com eritrina**. *In*: Conference Internationale sur la Recherche Cacaoyere, 9, Lomé, 1984. Actas. Lagos, Cocoa Producers, Alliance. p. 205-210, 1985.

SANTANA, M. B. M., SANTANA, C. J. L. **Normas para orientação de adubação do cacaueiro na Bahia**. *In*: VII Conferência Internacional de Investigación en Cacao, Douala Cameroun, Actas. Lagos, Cocoa Producers, Alliance. p 223-233, 1979.

SANTANA, M. B. M. e IGUE, K. Composição química das folhas do cacaueiro em função da idade e da época do ano. **Revista Theobroma**. Itabuna, v.9, n.2, p.63-76, 1979.

SANTANA, M. B. M; CABALA-ROSAND, P. e SERÔDIO, M. H. Reciclagem de nutrientes em Agrossistemas de cacau. **Revista Agrotrópica**, Ilhéus, v. 2, n.2, p.68-74, 1990.

SANTANA, S. O.; SANTOS, R. D.; GOMES, I. A.; JESUS, R. M.; ARAUJO, Q. R.; MENDONÇA, J. R.; CALDERANO, S. B.; FARIA FILHO, A. F. **Solos da região Sudeste da Bahia: atualização da legenda de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos**. Ilhéus: CEPLAC; Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2002. Cd rom. - (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 16). 2002

SANTOS, F. C. **Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja**. 2002. 100 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.

SANTOS, F. C.; NEVES, J. C. L; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SEDIYAMA. C. S. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1661-1674, 2008.

SANTOS, H. Q. **Sistema para cálculo do balanço de nutrientes e recomendação de calagem e adubação de pastagens para bovinos de corte**. 2003. 142p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.

- SILVA, A. P.. **Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro**. 2006. 169 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.
- SILVA, C. P. **Contribuição ao estudo do crescimento e da nutrição orgânica do fruto do cacau (*Theobroma cacao* L.)**. 1976. 48p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 1976.
- SILVA, L. F. e CARVALHO FILHO, R. Classes de solos para cacau na Bahia, Brasil. **Revista Theobroma**, Itabuna, v.1 n.2, p. 39-54, 1971.
- SILVA, L. F.; MARIANO, A. H. e DIAS, A. C. C. P. Zoneamento agrícola da região cacauífera baiana. **Revista Theobroma**, Itabuna, v.4, n.1, p. 13-28, 1974.
- SOUZA JR, J. O. **Substratos e adubação para mudas clonais de cacau**. 2007. 91 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2007.
- SOUZA JR., J.O. **Fatores edafoclimáticos que influenciam a produtividade do cacau cultivado no sul da Bahia, Brasil**. 1997. 146 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- SOUZA, C. A. S.; CORRÊA, F. L. O.; MENDOÇA, V.; VICHATO, M.; CARVALHO, J. G. Doses de fósforo e zinco no acúmulo de macro e micronutrientes em mudas de cacau. **Revista Agrotrópica**, Ilhéus, v. 18, n.1, p. 25-38. 2006.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Balço Hídrico do Estado da Bahia**. SEI, 1999. 250 p. ( Série Estudos e Pesquisas, 45).
- TEIXEIRA, L. B.; BASTOS, J. B.; OLIVEIRA, R. F. **Biomassa vegetal em agroecossistemas de seringueira consorciada com cacau no Nordeste Paranaense**. Belém: EMBRAPA CPATU, 1994. 15p., (Boletim de Pesquisa, 153).
- THONG, K. C. e NG, W. L. Growth and nutrients composition of monocrop cocoa plants on Island Malaysian soils. **Proc. Conf. Cocoa Cocanuts**, Kuala Lumpur, p.262-286, 1980.
- TOMÉ JR. J. B. **Uma nova abordagem nas recomendações de adubação**. 2004. 140p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004.
- TOME JR., J. B.; NOVAIS, R. F. Utilização de modelos como alternativa às tabelas de recomendação de adubação. **Bol. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo**, n.25, p.8-1, 2000.
- VALLE, R. R., BARRETTO, W. S., LAWINSKY, R. C. O., SANTOS, C. A. R., RIBEIRO, M. A. Q. **Comparação de características físico-químicas da polpa e da amêndoa de cacau e cupuaçu**. In: xvii Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, Fortaleza. Livro de Resumos. 2000.

VELLO, F.; GARCIA, I. R.; MAGALHÃES, W. S.; NASCIMENTO, I. .F. Competição de cacauzeiros híbridos. In: CEPLAC. **Informe Técnico 1970-1971**. Ilhéus, CEPLAC-CEPEC, p.17-24, 1972.

VELLO, F.; GARCIA, I. R.; MAGALHÃES, W. S.; NASCIMENTO. Produção e seleção de cacauzeiros híbridos na Bahia. **Revista Theobroma**. Itabuna, n.3, p.15-35, 1972.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHER, F. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHUMACHER, M. V. Fixação de carbono em florestas ombrófila mistas em diferentes estágios de regeneração. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds.). **As florestas e o carbono**. Curitiba : Imprensa Universitária da UFPR, p 153-173, 2002.

WESSEL, M. **Cacao soil ofNigeria**. In: II Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, Salvador e Itabuna, Bahia, Brasil, 1967. Memórias. Itabuna, Centro de Pesquisas do Cacau, p. 417-430, 1969.

WESSEL, M. Effects of fertilizers on growth of young cacao. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.47, n.1, p.63-66. 1970.

## ANEXO

Quadro 24. Quantidade de nutrientes, composição e doses de fertilizantes a serem utilizadas em plantações de cacaueteiro, a partir do terceiro ano de idade

FÓSFORO DISPONÍVEL						
FAIXA		BAIXA	MÉDIA	ALTA	MUITO ALTA	
mg dm <sup>-3</sup>		<9	9 a 16	17 a 30	>30	
POTÁSSIO DISPONÍVEL	BAIXA	< 0,10	Nutriente kg/ha			
			N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O
			60 - 90 - 60	60 - 60 - 60	60 - 30 - 60	60 - 00 - 60
			Composição %			
			16 - 24 - 16	18 - 18 - 18	20 - 10 - 20	25 - 00 - 25
			Mistura kg/ha			
		380	340	300	240	
	MÉDIA	0,10 a 0,25	Nutriente kg/ha			
			N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O
			60 - 90 - 30	60 - 60 - 30	60 - 30 - 30	60 - 00 - 30
			Composição %			
			18 - 27 - 09	22 - 22 - 11	26 - 13 - 13	32 - 00 - 16
			Mistura kg/ha			
		340	270	230	190	
	ALTA	> 0,25	Nutriente kg/ha			
			N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O
			60 - 90 - 00	60 - 60 - 00	60 - 30 - 00	60 - 00 - 00
			Composição %			
22 - 33 - 00			27 - 27 - 00	34 - 17 - 00	45 - 00 - 00	
Mistura kg/ha						
	270	220	180	140		

Fonte: Cabala, Santana e Santana, 1984, modificado por SENUP/CEPEC/CEPLAC, 2004.