

ALEXANDRE PAIVA DA SILVA

**SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES
E CORRETIVOS PARA A CULTURA DO
ABACAXIZEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “*Doctor Scientiae*”

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2006**

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

T

S586s
2006

Silva, Alexandre Paiva da, 1976-
Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos
para a cultura do abacaxizeiro / \c Alexandre Paiva da
Silva. – Viçosa : UFV, 2006.
xi, 169f. : il. ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Víctor Hugo Alvarez Venegas.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 155-167.

1. Plantas - Nutrição - Modelos matemáticos.
2. Adubos e fertilizantes. 3. Fertilidade do solo.
4. Abacaxi - Adubos e fertilizantes. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 631.811

ALEXANDRE PAIVA DA SILVA

**SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES
E CORRETIVOS PARA A CULTURA DO
ABACAXIZEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “*Doctor Scientiae*”

APROVADA: 10 de março de 2006

Prof. Júlio César Lima Neves
(Conselheiro)

Prof. Roberto Ferreira de Novais
(Conselheiro)

Prof^a. Hermínia Emília P. Martinez

Prof. Adailson Pereira de Souza

Prof. Víctor Hugo Alvarez V.
(Orientador)

À minha família, especialmente aos meus pais, irmãos, sobrinha, tios, primos e avós que sempre contribuíram de forma especial, constante e incondicional para minha formação profissional e pessoal.

À Ana Paula Queiroga Celestino, pelo que convivemos, pelo apoio, companheirismo e amizade. Aos seus familiares, pela atenção e respeito.

À Alessandra Alves Rodrigues, pelo incentivo, pela paciência, carinho e “descobertas”.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Solos e ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, pela oportunidade de realização do Curso.

À CAPES e ao CNPq, por terem financiado meus estudos.

Ao prof. Víctor Hugo Alvarez V., pela orientação, pela atenção, pelo respeito e confiança. Palavras não serão suficientes para externar minha gratidão, meu respeito, minha admiração e meu reconhecimento pela sua postura profissional e pessoal durante a realização do curso e, especialmente, deste trabalho.

Aos profs. Júlio César Lima Neves e Roberto Ferreira de Novais, pelos aconselhamentos e pela amizade. Ao prof. Júlio, pelo apoio, pelo estímulo, pelas discussões enriquecedoras e atenção dispensada. Ao prof. Novais, pelas sugestões, incentivos e “provocações”. Tê-los como conselheiros, foi uma honra para mim.

À profª Hermínia E. P Martinez e ao prof. Adailson Pereira de Souza, pelas críticas e sugestões que enriqueceram este trabalho.

A todos os professores do Departamento de Solos e demais Departamentos da UFV com os quais mantive contato, obtive conhecimentos e partilhei experiências durante a realização do Curso.

Ao Centro de Ciências Agrárias da UFPB, em Areia-PB, especialmente ao Departamento de Solos e Engenharia Rural, pelo apoio e pela acolhida durante a realização parcial deste trabalho.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado da Paraíba – EMEPA, pela infra-estrutura disponibilizada e pelo apoio durante os experimentos. Aos pesquisadores Eliazar Felipe de Oliveira, José Teotônio de Lacerda e aos funcionários das estações experimentais de Sapé e de Mangabeira, pela atenção e amizade.

Ao Banco do Nordeste do Brasil e ao ETENE/FUNDECI, pelo suporte financeiro necessário à realização de parte deste trabalho e à FUNARBE pelo gerenciamento dos recursos.

Ao prof. Adailson Pereira de Souza, pela amizade, pela confiança, pelo apoio, pelos ensinamentos e pelo esmero com que conduz suas ações. Sua contribuição neste trabalho é digna de registro e sua importância transcende as meras formalidades acadêmicas.

Ao prof. José Pires Dantas, por ter me iniciado na Pesquisa Científica, pelos conselhos, pelo incentivo e amizade.

Aos prof. Djail Santos, Silvanda de Melo Silva, Rejane Maria N. Mendonça, Fábio Henrique de Oliveira, Lourival Ferreira Cavalcante e Ivandro França da Silva, pela colaboração e atenção.

Aos funcionários do Departamento de Solos da UFV, particularmente, Carlos Fonseca, Luciana, Janilson, Sebastião, Jorge e Sônia pela valiosa contribuição e pela amizade.

Aos colegas de curso, pelo convívio e pelo amadurecimento profissional e pessoal. Resguardo o direito de não mencionar nomes para evitar injustiças, mas destaco Guilherme Viana de Alencar e Célia Regina Soares como representantes.

Ao Ítalo Moraes Rocha Guedes, pela amizade, pelo respeito e pelas discussões enriquecedoras, que nortearam o escopo deste trabalho.

Aos produtores George Coelho, Geraldo Uchoa, Paulo Cazuzza, Seu Luís e Seu Antônio, pela concessão das áreas experimentais e pelo apoio durante a realização das atividades de campo.

À “Turma do Abacaxi”, na pessoa de Gilson Batista da Silva, pelo respeito, pelo apoio valioso durante os experimentos e pela amizade.

Aos colegas de república, Lindemberg, João, Ronaldo, Rodrigo Veras, Roseilton, Ueliton, Célio, Hélder, Renius, Tesfahum, Felizardo e Fernando, pela convivência harmoniosa e sadia. À Dona Lúcia Santana, Eliana e Roberta, pela acolhida e apoio.

A todos que, por um lapso momentâneo não foram aqui mencionados, mas que certamente serão lembrados pela valiosa contribuição que deram para a concretização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ALEXANDRE PAIVA DA SILVA, filho de Deusdedith Lima de Paiva (*in memoriam*) e Irene Maria de Paiva, nasceu em 09 de abril de 1976, em Sousa - PB.

Graduou-se em Agronomia pelo Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal da Paraíba, em março de 1999.

Em junho de 1999, ingressou no Curso de Mestrado em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal da Paraíba, em Areia-PB, concluindo-o em julho de 2001.

Em agosto de 2001, ingressou no Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa - MG, concluindo-o em março de 2006.

CONTEÚDO

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Modelagem.....	5
2.2. Calibração e validação	7
2.3. Análise econômica das recomendações	10
2.2. Nutrição e adubação mineral do abacaxizeiro	13
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ESTRUTURA DO SISTEMA	18
3.1. Recomendação de adubação	18
3.1.1. Subsistema requerimento	19
3.1.1.1. Requerimento pela planta.....	20
Demanda pela planta	20
Teores de nutrientes no abacaxizeiro	33
Eficiência de recuperação de nutrientes pela planta	37
Dose de segurança ou de sustentabilidade	40
3.1.2. Subsistema suprimento.....	41
3.1.2.1. Suprimento pela calagem	42
3.1.2.2. Suprimento pelo solo.....	45
3.1.2.3. Suprimento pela matéria orgânica do solo	47
3.1.2.4. Suprimento pelos resíduos orgânicos.....	48
3.1.3. Balanço nutricional	51
3.1.4. Adubação das socas.....	51

4. UTILIZAÇÃO DO SISTEMA.....	54
4.1. Exemplo de cálculos	54
4.1.1. Requerimento de nutrientes	55
Demanda nutricional	55
Demanda de sustentabilidade	57
4.1.2. Suprimento de nutrientes	59
Calagem	59
Suprimento pela matéria orgânica do solo	61
Suprimento pelo solo	61
Suprimento pelos resíduos orgânicos	62
4.1.3. Balanço nutricional	63
4.2. Influência do peso do fruto, destino da produção e densidade de plantio....	68
4.3. Variações na fertilidade do solo	75
4.4. Variação da produtividade, do cultivar e do ciclo de produção	78
4.5. Análise de sensibilidade	88
4.6. Comparação com as tabelas	99
5. ANÁLISE ECONÔMICA DAS RECOMENDAÇÕES	112
6. VERIFICAÇÃO DO SISTEMA	122
6.1. Dados experimentais	122
6.1.1. Produtividade	127
6.1.2. Produção de matéria seca, CUB e IC	128
6.1.3. Taxas de recuperação pela planta.....	143
6.1.4. Verificação das estimativas feitas pelo FERTCALC®-Abacaxi	146
7. RESUMO E CONCLUSÕES	153
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
ANEXOS	168

RESUMO

SILVA, Alexandre Paiva da, D.S. Universidade Federal de Viçosa, março 2006.
Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro. Orientador: Víctor Hugo Alvarez V. Conselheiros: Júlio César Lima Neves e Roberto Ferreira de Novais.

A demanda nutricional do abacaxizeiro é elevada em relação a outras culturas e depende do cultivar, do peso do fruto, do destino da produção, do sistema e da densidade de plantio, sendo a variação desses fatores nem sempre contemplada nas tabelas de adubação dos principais Estados produtores, justificando, portanto, a necessidade de uma ferramenta de uso mais abrangente que considere estas variações. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar a estrutura de um Sistema para recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro, a partir da modelagem e sistematização de informações disponíveis na literatura e do conhecimento atual sobre adubação e nutrição mineral da cultura. O Sistema de Recomendação de Fertilizantes e Corretivos para a cultura do Abacaxizeiro (FERTCALC[®]-Abacaxi) baseia-se no método do balanço nutricional, o qual contempla o requerimento de nutrientes pela cultura para se alcançar uma produtividade esperada e a capacidade de suprimento dos nutrientes pelo solo. O requerimento de nutrientes depende da demanda nutricional pela cultura e da demanda de sustentabilidade, sendo a demanda nutricional representada pela quantidade de nutrientes necessária para que a planta produza a biomassa exportada (frutos e mudas) e a restituída (raiz, caule, pedúnculo e folhas). A demanda de sustentabilidade baseia-se na restituição de uma fração da quantidade de nutrientes na

biomassa exportada, a fim de assegurar seu suprimento no futuro ciclo de produção. O suprimento de nutrientes pelo solo contabiliza as quantidades indicadas pela análise química do solo, pelo teor de matéria orgânica (para N), pela calagem (para Ca e Mg) e pelos resíduos orgânicos do ciclo anterior. As simulações realizadas demonstraram que o FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda maiores quantidades de nutrientes para o primeiro cultivo que para o segundo e, em geral, maiores quantidades para o cultivar Pérola, em relação ao cultivar Smooth Cayenne. As doses para ambos os cultivares foram maiores para densidades de plantio mais altas e para produção de frutos mais pesados, sendo influenciadas pela produtividade esperada, pela disponibilidade de nutrientes no solo e pela adição de resíduos orgânicos, principalmente para nutrientes que apresentam maior demanda (N e K), havendo pequena influência da capacidade tampão do solo (P remanescente, teor de argila) nas doses dos nutrientes sensíveis as variações desta propriedade. As doses de micronutrientes foram influenciadas pela taxa de recuperação pela planta. As comparações realizadas com as tabelas de adubação mostraram que, ao contrário destas, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda, tanto para o primeiro cultivo quanto na soca, doses de nutrientes que variam de forma contínua com a produtividade e com o teor de nutrientes no solo, além de contabilizar a contribuição dos resíduos orgânicos do ciclo anterior. O Sistema contempla também as variações promovidas pelo cultivar, peso do fruto, destino da produção, sistema e densidade de plantio, bem como apresenta boa capacidade preditiva para recomendar doses de fertilizantes para a cultura, apresentando informações sobre a viabilidade econômica das doses. Contudo, o Sistema precisa ser aperfeiçoado em futuras versões e ter seu desempenho avaliado em diferentes condições edafoclimáticas.

ABSTRACT

SILVA, Alexandre Paiva da, D.S. Universidade Federal de Viçosa, March 2006.
System to recommend fertilizers and lime for the pineapple plant cropping.
Adviser: Víctor Hugo Alvarez V. Committee members: Júlio César Lima Neves
and Roberto Ferreira de Novais.

The nutritional demand of pineapple plant is high in relation to other crops and depend on cultivar, fruit weight, production destiny, planting density and system. The variation of these factors is not always contemplated in the fertilization tables adopted by the main producing States, therefore justifying the need for the availability of a tool that would provide an ampler use besides considering those variations. The objective this work was develop and evaluate the structure of a System for recommendation of fertilizers and lime to the pineapple crop, by using the modeling and systemization of literature information and actual knowledge about fertilization and mineral nutrition of the crop. The System to recommend of fertilizers and lime for the pineapple plant cropping (FERTCALC®-Abacaxi) is based on the nutritional balance method, that contemplates the requirement of nutrients by this crop in order to reach an expected productivity as well as the soil capacity to supplying those nutrients. The nutrient requirements depends on nutritional demand by the crop and the sustainability demand, whereas the nutritional demand is represented by the nutrient amount necessary for the plant to produce the exported biomass (fruits and slips) and the returned one (root, stem, stalk and leaves). The sustainability demand is based on the restitution of a fractionized amount of nutrients in the exported biomass in order to assure their supply for a

future production cycle. The nutrient supply by the soil accounts for the amounts indicated by the chemical analysis of the soil, by the organic matter content (for N), by liming (for Ca and Mg) and by the organic residues of the previous cycle. The accomplished simulations showed that the FERTCALC®-Abacaxi recommends higher nutrient amounts at the first cropping than at the second one, and higher amounts for the Pérola cv. in relation to the Smooth Cayenne cv. The doses for both cultivars were higher for either higher planting densities and heavier fruits production, as well as they are affected by the expected productivity, availability of nutrients in the soil, and the addition of organic residues, mainly for nutrients with higher demand (N and K), as occurring low influence of the soil buffer capacity (P-rem, clay content) at doses of the nutrients sensitive to the variations in this property. The micronutrient doses were affected by the plant recovery rate. The comparisons based on fertilization tables showed that on the contrary to these ones, the FERTCALC®-Abacaxi recommends nutrient doses continuously varying with productivity and nutrient content in the soil either at the first cropping and ratoon, besides accounting for the contribution of organic residues from the previous cycle. The System also contemplates the variations promoted by the cultivar, fruit weight, production destiny, planting system and density, besides showing satisfactory predictive capacity to recommending fertilizer doses to the crop, also provides information about the economical viability of the doses. However, the System needs improvements in future versions and its performance requires evaluation under different edaphoclimatic conditions.

1. INTRODUÇÃO

A adubação e a nutrição mineral das plantas estão entre os fatores que mais têm afetado os rendimentos agrícolas no mundo, fato este agravado por não se conhecer em profundidade as exigências nutricionais da maioria das culturas de interesse econômico (Fageria et al., 1997). Assim, identificar as limitações nutricionais do solo e determinar as quantidades adequadas de corretivos e fertilizantes a serem aplicadas constitui a forma mais simples e eficiente para elevar os rendimentos das culturas (Colwell, 1994).

O enfoque diferenciado, dado pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa às recomendações de adubação, utilizando Sistemas de Recomendação, tem propiciado doses de fertilizantes e corretivos mais criteriosas, coerentes com a “realidade” e com melhor fundamentação teórica do que aquelas contidas nas tabelas. Além disso, pela lógica constitutiva, esta nova abordagem apresenta base científica mais consistente, permitindo recomendações mais abrangentes, sem restrições regionalistas e passíveis de contínuo aperfeiçoamento (Tomé Jr., 2004; Oliveira et al., 2005).

Sob a designação genérica de FERTICALC[®], os Sistemas de Cálculo e de Recomendação de Fertilizantes e Corretivos desenvolvidos para diferentes culturas, incluindo anuais (Carvalho, 2000; Raffaeli, 2002; Santos, 2002; Possamai, 2003), olerícolas (Mello, 2000), frutíferas (Oliveira, 2002; Rosa, 2002; Oliveira et al., 2005), espécies florestais (Barros et al., 1995; 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 et al., 2005). O Sistema contempla, ainda, aspectos importantes para o estabelecimento das doses, não previstos nas tabelas de adubação, a exemplo da sustentabilidade dos cultivos e contribuição dos resíduos orgânicos.

Apesar de recomendações mais coerentes em relação às tabelas, ainda existem informações que necessitam ser mais bem trabalhadas a fim de quantificar de forma mais eficiente a demanda nutricional das culturas e possibilitar o avanço mais seguro de futuros Sistemas. Destaca-se, por exemplo, a necessidade de incorporar procedimentos que permitam avaliar a viabilidade econômica das doses e analisar o desempenho do Sistema sob condições práticas¹. Adicionalmente, o FERTCALC[®] precisa contemplar na sua estrutura uma maneira mais realística e objetiva para definir a produtividade esperada².

A inclusão da análise econômica no Sistema FERTCALC[®] encontra respaldo nas proposições de Colwell (1994), segundo o qual, os critérios de recomendação baseados em aspectos de natureza física (produção máxima ou 90 % da produção máxima) já não atendem às necessidades dos produtores e da sociedade. As recomendações devem estar também baseadas em algum princípio econômico com indicações claras em que condições as doses são viáveis e, ou inviáveis economicamente (Dibb, 2000).

Outro ponto a ser destacado no processo de desenvolvimento do FERTCALC[®] é que apesar das recomendações obtidas mostrarem-se comparativamente mais coerentes do que as preconizadas nas tabelas de adubação, especula-se que o referencial comparativo da qualidade das referidas recomendações (as tabelas de diferentes Estados) nem sempre é adequado, com subestimação da quantidade de informações e de conhecimento científico acumulado na elaboração dos Sistemas. Há, portanto, necessidade de se avaliar o Sistema FERTCALC[®] sob condições práticas, visando identificar eventuais problemas, estabelecer as

¹ A abordagem da análise econômica e da calibração e validação do Sistema FERTCALC[®] é parte integrante desse trabalho, mas que ainda não foi satisfatoriamente equacionada dentro do exíguo tempo dispensado para concretização de tão complexo tema. Futuras versões do FERTCALC[®] - Abacaxi ou de outro Sistema FERTCALC[®] para outra cultura deverão contemplar na sua integridade esses aspectos e suas relações com as doses a serem recomendadas.

² A produtividade esperada é uma informação chave para definição das doses pelo Sistema e que integra aspectos edafoclimáticos, ecofisiológicos e econômicos. Para evitar estimativas pouco realísticas torna-se necessário prover estratégias simples e adaptadas para cada cultura, que contemplem a influência desses efeitos. A integração do FERTCALC[®] com modelos fenológicos e de simulação de crescimento das culturas torna-se, pelo menos no caso do abacaxizeiro, uma alternativa a ser avaliada em futuras versões.

limitações, sua aplicabilidade e utilidade, bem como melhorar o conhecimento ou predição dos processos envolvidos na elaboração das recomendações.

Como a maioria das recomendações de fertilizantes e corretivos é, muitas vezes, baseada em número limitado de experimentos e locais, sua qualidade depende da representatividade desses locais e das práticas de manejo adotadas. Para contornar tal situação e obter soluções ao mesmo tempo mais flexíveis e específicas para condições locais, tem-se recorrido com relativo sucesso aos "Modelos" ou "Sistemas" de recomendação, que podem ser calibrados e validados para condições representativas e ser aplicados em condições edafoclimáticas semelhantes (Haefele et al., 2003).

A abacaxicultura é uma atividade de alta rentabilidade econômica, com papel social relevante nas regiões onde sua exploração é mais difundida, sendo Tailândia, Filipinas, Brasil, China, Índia e Nigéria os principais produtores mundiais (FAOSTAT, 2004). No Brasil, o agronegócio do abacaxi está em franca ascensão sendo Pará, Minas Gerais, Paraíba e Bahia os principais produtores, respondendo juntos por 65 % da quantidade comercializada no País (IBGE, 2003).

A demanda nutricional pelo abacaxizeiro é alta, em comparação com outras culturas e depende, além dos fatores edafoclimáticos, das práticas de manejo adotadas. Na maioria dos Estados produtores, as recomendações de adubação para a cultura são baseadas em resultados de análise de solo. Entretanto, verifica-se falta de padronização e, em alguns casos, omissão de informações quanto à produtividade esperada, cultivar e densidade de plantio, o que justifica a necessidade de se dispor de uma ferramenta de uso mais abrangente, que considere essas variações, pois, a adubação e a nutrição mineral da cultura afetam diretamente a produção, a qualidade dos frutos e o retorno econômico da cultura.

Este trabalho teve por objetivos:

- a) Desenvolver um Sistema para Recomendações de Fertilizantes e Corretivos para a cultura do abacaxizeiro (FERTCALC[®] - Abacaxi), elaborado por meio da modelagem e sistematização de informações disponíveis na literatura sobre adubação e nutrição mineral da cultura;
- b) Estabelecer procedimentos de cálculos, que permitam analisar economicamente as recomendações geradas pelo FERTCALC[®] - Abacaxi;

c) Avaliar o desempenho do FERTCALC[®] - Abacaxi, por meio de um processo inicialmente denominado como verificação, comparando-se as estimativas feitas pelo Sistema com as informações obtidas em ensaios de adubação da cultura no Estado da Paraíba.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Modelagem

Há divergências, confusão e equívocos quanto à utilização adequada do termo ‘Modelo’, pois, este é indistintamente usado como sinônimo de funções estatísticas, equações de regressão e, ou esquemas para ilustrar um sistema. Cientificamente, o termo ‘Modelo’ refere-se a um conjunto de hipóteses sobre a estrutura ou o comportamento de um sistema físico ou biológico, por meio do qual se procura explicar ou prever suas propriedades e simular respostas a estímulos internos e externos (Landsberg, 1986).

Para Dourado Neto et al. (1998 a, b), os modelos não são apenas simples mecanismos para sintetizar e arquivar informações, visando à produção de prognósticos, pois, representam a melhor maneira de sintetizar o conhecimento sobre diferentes componentes de um sistema, sumarizar dados e transferir resultados de pesquisas para os usuários.

Os modelos são classificados, quanto à sua complexidade, em mecanísticos e empíricos (Addiscott, 1985). Nos modelos mecanísticos, os processos são quantificados com base no conhecimento científico atual, o que os torna complexos e ávidos por dados muitas vezes de difícil e onerosa obtenção. Os modelos empíricos consistem de funções que descrevem relações entre variáveis, sem se referirem aos processos envolvidos (Reynolds & Acock, 1997).

Idealmente, um bom modelo deve combinar mecanicidade (complexidade) e empirismo (simplicidade), demandar pequena quantidade de informações, as quais devem ser de fácil obtenção e possuir estrutura suficientemente flexível a fim de permitir a introdução de novas informações ou idéias à medida que o conhecimento científico for evoluindo (Monteith, 1996; Dourado Neto et al., 1998 a).

As principais vantagens da modelagem consistem no ordenamento do conhecimento disponível sobre o tema, identificação de lacunas de informações sobre o assunto modelado, melhor tratamento dos dados existentes, além do direcionamento de futuros trabalhos (Passioura, 1996). Como desvantagens, destacam-se os riscos de se considerar as estimativas dos modelos totalmente verdadeiras, em razão do conhecimento insuficiente do assunto modelado, bem como as dificuldades encontradas durante seu desenvolvimento (Reynolds & Acock, 1997; Dourado Neto et al., 1998 b).

Em razão da quantidade elevada de variáveis envolvidas e das interações entre os múltiplos componentes do Sistema modelado, o desenvolvimento de um Modelo requer a atuação de equipes multidisciplinares e, preferencialmente, multiinstitucionais, de modo a facilitar sua adequação aos diferentes ambientes aos quais se destina, bem como o planejamento e a execução de pesquisas para parametrizá-lo e avaliá-lo. Dessa forma, para se dispor de um modelo consistente, deve-se encarar a modelagem como uma atividade de longo prazo (Mutsaers & Wang, 1999).

Alguns exemplos de modelos, tradicionalmente, utilizados para recomendação de adubação das culturas são: Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) e suas modificações (Gisjman et al., 2002); o modelo CERES (Jones & Kiniry, 1986); e o Sistema NUMASS (Sistema de Apoio ao Manejo Nutricional) (Osmond et al., 2000). Exemplos de modelos de uso mais recente para recomendação de adubação incluem o Sistema QUEFTS (Janssen et al., 1990; Smalling & Janssen, 1993; Pathak et al., 2003; Saidou et al., 2003), o Sistema de Manejo Nutricional Específico (SSNM) (Witt et al., 1999; Wang et al., 2001; Doberman et al., 2002) e o FERRIZ, uma versão modificada do Sistema QUEFTS (Haefele et al., 2003).

Para fins de recomendação de adubação, Oliveira (2002) destacou que a simplificação de algumas pressuposições e a incorporação destas aos modelos mecanísticos diminuiria a quantidade de informações requeridas para alimentar o Modelo, tornando seu entendimento mais simples e sua utilização mais abrangente, sem, contudo, comprometer a qualidade das recomendações.

Esta é a abordagem utilizada no método do balanço nutricional, o qual tem se mostrado bastante eficiente e com boa exatidão para estimar a necessidade de adubação

das culturas, além de satisfazer os princípios das leis gerais da adubação. Concebido e utilizado, inicialmente, para recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho nos Estados Unidos (Stanford, 1973), este método foi a base teórica utilizada para o desenvolvimento do Sistema de Recomendação de Adubação para Eucalipto - NUTRICALC (Barros et al., 1995) e para diferentes grupos de culturas no Brasil (Novais & Smyth, 1999; Tomé Junior & Novais, 2000; Oliveira et al., 2005).

O Sistema FERTCALC[®] está fundamentado nos princípios básicos do método do balanço nutricional, que, em termos gerais, prevê que as doses de nutrientes a serem aplicadas via fertilizantes resultam da diferença entre as quantidades requeridas pelas plantas para se alcançar uma produtividade pré-estabelecida e o que pode ser fornecido naturalmente pelo solo e pelos resíduos da cultura antecessora, acrescentando-se os conceitos de sustentabilidade e aproveitamento dos nutrientes aplicados (Tomé Jr. & Novais, 2000).

$$\text{Nut}_{\text{fert}} = [(\text{Nut}_{\text{planta}} - \text{Nut}_{\text{solo}}) + \text{Nut}_{\text{sust}}] / E_f \quad (\text{Eq 1})$$

em que

Nut_{fert} = nutriente a ser adicionado na forma de fertilizantes;

$\text{Nut}_{\text{planta}}$ = demanda do nutriente pela cultura;

Nut_{solo} = oferta do nutriente pelo solo;

Nut_{sust} = demanda do nutriente para atender o critério de sustentabilidade; e

E_f = índice de eficiência de absorção pela cultura do nutriente aplicado como fertilizante.

2.2. Calibração e validação

A avaliação de um modelo envolve basicamente seis estádios, englobando desde sua conceitualização até sua aplicação (Quadro 1). Nos estádios iniciais, deve-se dar atenção especial à sua estruturação, avaliação da sensibilidade dos parâmetros, adequação e teste das hipóteses estabelecidas. A avaliação propriamente é feita nos estádios subseqüentes mediante a comparação das predições feitas pelo modelo para os propósitos pré-definidos (Smalling & Janssen, 1993; Stastná et al., 2002).

Considerando que os modelos são simplificações da realidade e, portanto, apresentam algum grau de incertezas e incorreções e que a obtenção de um modelo perfeito é uma idéia fictícia, o princípio norteador da calibração e validação dos

modelos deve-se basear no sentido de assegurar a credibilidade e a utilidade do modelo (Haefele et al., 2003).

Em termos práticos, a calibração de um modelo consiste em avaliar seus coeficientes e taxas e, ou a sua estrutura com base em estimativas e conhecimentos prévios, ajustando equações, coeficientes e taxas até alcançar um estágio aceitável de simulação (Oreskes et al., 1994). Ajustado, realiza-se uma nova simulação, comparando-se as estimativas com o novo conjunto de dados e, caso essa segunda simulação também seja aceitável, então, o modelo é considerado válido. Para Thoman e Muller (1982), a validação de um modelo serve para confirmar se o modelo calibrado aplica-se à faixa de condições definida pelo conjunto de dados utilizados nas etapas de calibração e validação.

Quadro 1 – Estádios-chave no desenvolvimento, teste e aplicação de modelos.

Estádio de desenvolvimento ¹	Ferramentas para análise	Informação gerada
1. Conceitualização e seleção	Análise matemática e gráfica	Classes de dinâmica definida
2. Estimativa dos coeficientes e taxas	Calibração ²	Representação quantificada da adequação do modelo
3. Refinamento dos coeficientes e taxas	Análise de sensibilidade formal ³ , análise de incertezas	Identificação de parâmetros e processos importantes
4. Avaliação do modelo	Experimentos preliminares, avaliação de incertezas	Hipóteses alternativas, teste de diferentes cenários
5. Validação	Comparação estatística da predição do modelo com dados independentes	Realidade das predições estabelecidas pelo modelo
6. Aplicação	Simulação de cenários de manejo relevantes, síntese dos resultados	Conhecimento da dinâmica do sistema

¹ Estes estádios de desenvolvimento do modelo são apresentados apenas por proposições heurísticas. O desenvolvimento da maioria dos modelos é interativo: problemas em qualquer um dos estádios usualmente requerem o redesenvolvimento do modelo.

² Calibração refere-se as diversas tentativas de ajuste de curvas com o intuito de escolher a melhor formulação para o modelo e o conjunto de informações a ser utilizado.

³ Análise de sensibilidade é definida no *strictu sensu* como a variação parcial da resposta do modelo diante de mudanças nos seus componentes. Outras formas de modificações nos valores dos componentes podem ser úteis para identificar a dinâmica do modelo sob uma ampla faixa de condições.

Fonte: Stastná et al. (2002)

De acordo com Tomé Jr. (2004), para o cenário dos Sistemas de recomendação de adubação, em que se busca simular a performance de um macro-processo, ou seja, a produtividade da cultura, composta por vários sub-processos, incluindo aqueles de cunho não fisiológico e que dependem de fatores sócio-econômicos, torna-se praticamente inviável a modelagem detalhada, considerando cada sub-processo

individualmente, o que resulta, em nome da praticidade, na substituição de muitas variáveis e processos por relações empíricas e genéricas.

A comparação das doses estabelecidas pelo FERTCALC[®] com aquelas das tabelas, a comparação das simulações entre si em resposta às alterações nas variáveis do Sistema e, ainda, as comparações com outros Sistemas não possibilitam avaliar a validade do Sistema. De acordo com as proposições de Rykiel (1996), a validação dos modelos não deve se restringir à simples certificação de uma teoria científica, mas também à avaliação de sua adequação para o uso a que se destina.

A validação do FERTCALC[®] implica comparação dos resultados de observações experimentais com o valor previsto pelo Sistema, tanto em seu objetivo final, ou seja, a recomendação de doses de nutrientes, como nas demais estimativas feitas, utilizando-se observações experimentais diferentes daquelas utilizadas em sua elaboração. O processo deve incluir, também, a identificação e correção de equívocos nos coeficientes e nas equações que o compõem, até tornar-se satisfatório quanto aos objetivos estabelecidos³.

Avaliações preliminares do desempenho do FERTCALC[®] sob condições práticas, foram realizadas por Oliveira (2003) para a cultura de teca (NUTRITECA) e por Lima (2004) para a cultura da soja nas condições do Cerrado, utilizando o FERTCALC[®] - Soja desenvolvido por Santos (2002).

Na avaliação do NUTRITECA, Oliveira (2003) observou desvios da ordem de 20 %, para mais ou para menos, ao comparar as estimativas das variáveis de crescimento e de produção de biomassa feitas pelo Sistema e àquelas efetivamente mensuradas em plantios comerciais de teca. Ao confrontar os conteúdos de nutrientes, constatou maiores desvios para os micronutrientes Fe, Mn e Cu e menores para Zn e B. Em relação aos macronutrientes, exceção feita ao P, que apresentou desvios acentuados de 40 %, para mais ou para menos, os conteúdos de nutrientes estimados pelo Sistema desviaram-se daqueles observados em magnitude inferior a 20 %.

Lima (2004) comparou as doses estimadas pelo FERTCALC[®]-Soja para P e K com àquelas efetivamente aplicadas em talhões comerciais da cultura, no município de Campo Novo do Parecis – MT. Para P, houve coerência entre as recomendações

³ Carlos Hsiao Kurihara (Pesquisador da EMBRAPA) - Comunicação pessoal

feitas pelo Sistema e aquelas efetivamente aplicadas nos talhões, tendo o Sistema se mostrado sensível às variações na produtividade, no teor de P disponível do solo e à capacidade tampão, havendo diferenças nas estimativas de acúmulo de P na parte aérea e nos grãos. Para K, o Sistema mostrou-se mais sensível à análise de solo, em razão do pequeno efeito tampão do solo sobre K e, ao contrário das recomendações praticadas, não recomendou K para teores acima de 60 mg/dm^3 . Houve boa coerência entre as quantidades de K acumuladas observadas e estimadas pelo Sistema, que, em média, recomendou metade da dose efetivamente aplicada nos talhões.

2.3. Análise econômica das recomendações

A análise econômica é uma informação importante para subsidiar as recomendações de adubação e estabelecer as doses, que visam otimizar a produção sob o ponto de vista técnico, econômico, nutricional e qualitativo (van Raij, 1991).

Embora nem sempre seja possível determinar as relações econômicas mais importantes entre doses de nutrientes e produção, deve-se recorrer pelo menos a procedimentos mais simplificados de análise, de modo a obter alguma indicação sobre a viabilidade econômica das recomendações (Colwell, 1994).

O estabelecimento das doses de máxima eficiência física (MEF) e de máxima eficiência econômica (MEE) na função de produção está fundamentado nas relações entre produção total (PT), produtividade (Pd) e produtividade marginal (PFMa), originadas a partir da função de produção, na qual se expressam os efeitos da adição de um ou mais fatores variáveis (X_i) sobre o rendimento físico, mantendo-se os demais constantes (K_n) (Debertini, 1986).

As doses de MEF e de MEE referem-se às doses do nutriente que promovem a produção máxima e a produção de máxima eficiência econômica, respectivamente. As doses de MEF são obtidas, ao igualar a zero a produtividade física marginal ($\text{PFMa}^4 = 0$), enquanto para determinação da dose de MEE, iguala-se o valor da PFMa à relação de preços entre fator e produto ($\text{PFMa} = P_x/P_y$). Isso ocorre no ponto que se verifica a

⁴ A produtividade física marginal (PFMa) representa a taxa de transformação da quantidade do fator X no produto y, e indica a variação da função decorrente do acréscimo da variável quando esse acréscimo tende a um valor limite. Em termos matemáticos, a PFMa corresponde à primeira derivada da função de produção igualada a zero e, em outras palavras, representa o aumento na produção decorrente do emprego de uma unidade adicional do fator variável ($\text{PFMa} = dy/dx$).

maior distância entre a curva de produção e a curva de custos (C), ou seja, quando as inclinações do PFMa e da Pd⁵ são iguais a zero, representando, portanto, o ponto de maior lucro (Zagato & Gomes, 1960; Vieira, 1980; Ozsabuncuoglu, 1998).

Para a maximização das doses, adotam-se três relações básicas, da teoria da produção, as quais envolvem a distribuição/alocação dos recursos, a relação fator/produto, a relação fator/fator e a relação produto/produto. Entretanto, para análise de ensaios de adubação, as duas primeiras são utilizadas de forma mais recorrente (Teixeira et al., 1971; Silva, 1972; Vieira, 1980; Scollari et al., 1982; Tarsitano, 1983).

A relação fator/produto caracteriza-se pela relação técnica entre o produto total e a quantidade dos fatores necessária à sua obtenção, sendo que, em sua forma geral, pode ser algebricamente representada pela seguinte expressão:

$$\hat{y} = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n),$$

em que, $\hat{y}$ é a produção total ou a variável dependente; e $x_1, x_2 \dots x_n$ representa a quantidade de fatores utilizados ou as variáveis independentes. Neste tipo de equação, tem-se um único valor de produto para cada combinação de fatores e parte-se da premissa que a mesma seja contínua para permitir sua diferenciação.

Nos casos em que os rendimentos são resultantes da ação conjunta de dois ou mais fatores, fato comum nos ensaios de adubação, avaliam-se os efeitos da interação entre fatores, caracterizando, assim, a relação fator-fator, expressa em sua forma geral pela seguinte expressão:

$$\hat{y} = f(x_1, x_2 / x_3, \dots, x_n)$$

em que, $\hat{y}$ é a produção total ou a variável dependente; x_1 e x_2 são as quantidades dos fatores estudados ou as variáveis independentes; e $x_3, \dots, x_n$ são os demais fatores mantidos constantes.

Ao contrário da relação fator/produto, na relação fator/fator existem diferentes combinações de quantidades de fatores, que produzem a mesma quantidade de produto. Quando unidos e interligados, esses pontos geram linhas, denominadas de isoquantas. Todo e qualquer ponto sobre a linha da isoquanta apresenta o mesmo rendimento, mas cada ponto sobre a linha também representa

⁵ A produtividade (Pd) representa o retorno físico por unidade de investimento realizado, e pode ser obtida, dividindo-se a produção total pelo total de fator (PMe = y/x).

uma combinação diferente de dois fatores variáveis (Debertini, 1993; Zoebi, 2000; Tvrtón, 2003).

Muitos estudos econométricos realizados nos ensaios de adubação têm alertado para a importância de se escolher, adequadamente, o modelo que representa a relação funcional entre os fatores em estudo, priorizando aqueles que permitam conciliar boa descrição do fenômeno e as facilidades de interpretação e derivação dos coeficientes (Guinard, 1982; Ozsabcuncuoglu, 1998; Carranza & Gomes, 1999). Outras ressalvas importantes dizem respeito à necessidade de se utilizar, nas análises, os preços médios pagos aos produtores, descontando-se destes os custos variáveis resultantes da colheita e de considerar na formação dos preços dos insumos os custos com transporte, aplicação do fertilizante e ainda os juros equivalentes ao período compreendido entre as aplicações e a colheita (Vieira, 1980). A disponibilidade de capital e os riscos a serem enfrentados durante a produção e a comercialização devem ser, também, considerados (Alvarez V., 1994).

A abacaxicultura é uma atividade bastante lucrativa, quando comparada a outras atividades agrícolas, mesmo àquelas de ciclo mais curto e que propiciam maior rotatividade do capital (Reinhardt, 1980; Barreiro Neto et al., 2002). A taxa de retorno é elevada, em geral acima de 80 % (Couto, 1991; Takagui et al., 1996) e os maiores dispêndios no custeio referem-se às despesas com mudas (19 %), tratamentos culturais (16 %), adubação (13 %) e colheita (12,5 %), ou seja, depois das mudas os fertilizantes representam entre os insumos, o maior percentual no custo operacional efetivo do cultivo.

Sobre este assunto, Sousa (1999) sugere gastos com fertilizantes da ordem de 10 a 20 % da renda bruta estimada, considerando a taxa de 15 % como razoável para a maioria dos produtores de abacaxi. Contudo, a definição do percentual a ser adotado depende dos riscos a serem enfrentados, os quais são influenciados pelas variações entre os diferentes sistemas de produção ou por determinadas situações específicas como, por exemplo, a oscilação nos preços dos fertilizantes, nos preços do produto pagos ao produtor, utilização de irrigação, destino da produção e, ainda, a geração de novos resultados experimentais obtidos na região produtora.

Embora a literatura nacional (Teixeira et al., 1971; Silva, 1972; Scollari et al., 1982; Tarsitano, 1983) e internacional (Guinard, 1982; Oreskes et al., 1994; Stastná et al., 2002) apresente vários exemplos da aplicação de estudos econométricos para ensaios de adubação de diferentes grupos de cultura, as informações concernentes à

análise econômica dos ensaios de adubação na cultura do abacaxizeiro, são bastante escassas.

Nas condições edafoclimáticas do Estado de Alagoas, Carvalho & Oliveira (1992) observaram que a máxima produção física (65,0 t/ha) foi obtida com 480 kg/ha de N, 50 kg/ha de P_2O_5 e 240 kg/ha de K_2O . A dose de máxima eficiência econômica para N foi de 240 kg/ha, enquanto para P e K foram recomendadas as mesmas doses estabelecidas para a máxima produção física (50 kg/ha de P_2O_5 e 240 kg/ha de K_2O).

2.4. Nutrição e adubação mineral do abacaxizeiro

As informações referentes à adubação e nutrição mineral do abacaxizeiro provêm, em sua maioria, da literatura francesa e foram geradas, durante as décadas de 60 e 70, nas condições edafoclimáticas das ex-colônias da França no continente africano (Martin-Prével, 1959; Martin-Prével, 1961 abcd; Gaillard, 1970; Lacoëuilhe, 1971; Lacoëuilhe & Gicquiaux, 1971 abc; Marchal, 1971 a; Marchal, 1971b; Tay, 1972; Lacoëuilhe, 1978; Py et al., 1984). Tais informações têm orientado e embasado grande parte das pesquisas realizadas com a cultura, nas principais regiões produtoras do mundo, inclusive no Brasil, havendo, no entanto, predomínio na quantidade das informações para os cultivares do grupo Cayenne, em relação aos demais cultivares (Rohrbach et al., 2003).

No Brasil, com exceção de Minas Gerais e São Paulo que cultivam o Smooth Cayenne, há amplo predomínio do cultivar Pérola, considerado quase exclusivamente brasileiro (Reinhardt & Medina, 1992). Há, contudo, poucas informações disponíveis sobre os aspectos nutricionais desses cultivares nas diferentes regiões produtoras do País, caracterizando-se lacunas a serem preenchidas pela pesquisa no sentido de orientar o manejo nutricional da cultura e subsidiar o desenvolvimento e o aperfeiçoamento do Sistema.

As generalizações feitas em relação à baixa exigência nutricional do abacaxizeiro e sua capacidade para produzir satisfatoriamente, mesmo em solos de baixa fertilidade, são improcedentes, haja visto que o cultivo sucessivo de uma mesma área, sem a reposição adequada dos nutrientes removidos pela cultura, pode resultar, ao longo dos anos, em reduções na produção. Desse modo, o sucesso da abacaxicultura depende de um programa bem orientado de reposição dos nutrientes

extraídos pela planta e exportados pelos frutos e mudas (Paula et al., 1998; Silva et al., 2004; Silva et al., 2005).

As quantidades de nutrientes absorvidas pelo abacaxizeiro são elevadas e dependem além dos fatores edafoclimáticos, da densidade de plantio, do manejo adotado, do destino da produção, da produtividade esperada e do cultivar utilizado (Paula et al., 1998; Malézieux & Bartholomew, 2003).

Estimativas feitas por Paula et al. (1985), para produtividade de 41,0 t/ha com o cultivar Pérola, revelaram as seguintes quantidades extraídas, em kg/ha: 238 de N; 13,5 de P; 1.234 de K; 253 de Ca; 157 de Mg; 17 de S; 0,4 de Zn; 0,27 de B; 2,7 de Fe; 0,14 de Cu e 5,5 de Mn. Para o cultivar Smooth Cayenne, as estimativas das quantidades extraídas para a mesma produtividade foram: 252 de N; 13 de P; 441 de K; 161 de Ca; 33 de Mg; 35 de S; 0,22 de Zn; 0,1 de B; 0,20 de Fe; 0,47 de Cu e 6,2 de Mn.

Em geral, as maiores quantidades de nutrientes absorvidas e acumuladas encontram-se nas folhas e as menores nas raízes. As quantidades exportadas pelo abacaxizeiro são, relativamente, altas e referem-se àquelas imobilizadas nos frutos e nos órgãos propagativos (coroas e mudas do tipo filhote, filhote rebentão e rebentões) (Malézieux & Bartholomew, 2003).

Em relação ao total acumulado, a exportação de nutrientes em frutos e mudas, pelos cultivares Pérola e Smooth Cayenne, é respectivamente de: N (16 %), P (35 e 28 %), K (16 e 38 %), Ca (13 e 23 %), Mg (9 e 17 %), S (22 e 9 %), B (27 e 12 %), Cu (25 e 20 %), Fe (13 e 18 %), Mn (17 e 19 %) e Zn (34 e 40 %). De acordo com os resultados, o cultivar Smooth Cayenne exporta maiores quantidades de K, Ca e Mg em relação ao cultivar Pérola que, por sua vez, exporta maiores quantidades de S e B (Paula et al., 1985).

O acúmulo de N, P e K pelo abacaxizeiro é, em geral, baixo nos três primeiros meses após o plantio, sendo observados maiores incrementos na taxa de acúmulo entre o sexto e o nono mês após o plantio. No décimo quinto mês, os valores são superiores a 70 %, passando a declinar de forma acentuada no estágio de maturação dos frutos (Py et al., 1984). França (1976) observou que a maior exigência de N, P e K pelo cultivar Pérola ocorreu entre o 10º e 11º, enquanto, para o cultivar Smooth Cayenne, Paula et al. (1985) reportaram maiores incrementos na absorção de N entre o 10º e 12º e para P e K entre o 14º e 16º mês após o plantio.

As folhas do abacaxizeiro são categorizadas em seis tipos, sendo denominadas de senis (A e B), maduras (C), ativas (D) e em crescimento (E e F) (Malézieux & Bartholomew, 2003) (Figura 1). Entretanto, a diagnose foliar do abacaxizeiro é feita utilizando-se a folha D, considerada a que melhor representa o estado nutricional da planta, podendo-se utilizar tanto o terço mediano não clorofilado da porção basal (técnica havaiana) quanto a folha inteira (técnica francesa) (Py et al., 1984; Malézieux & Bartholomew, 2003).

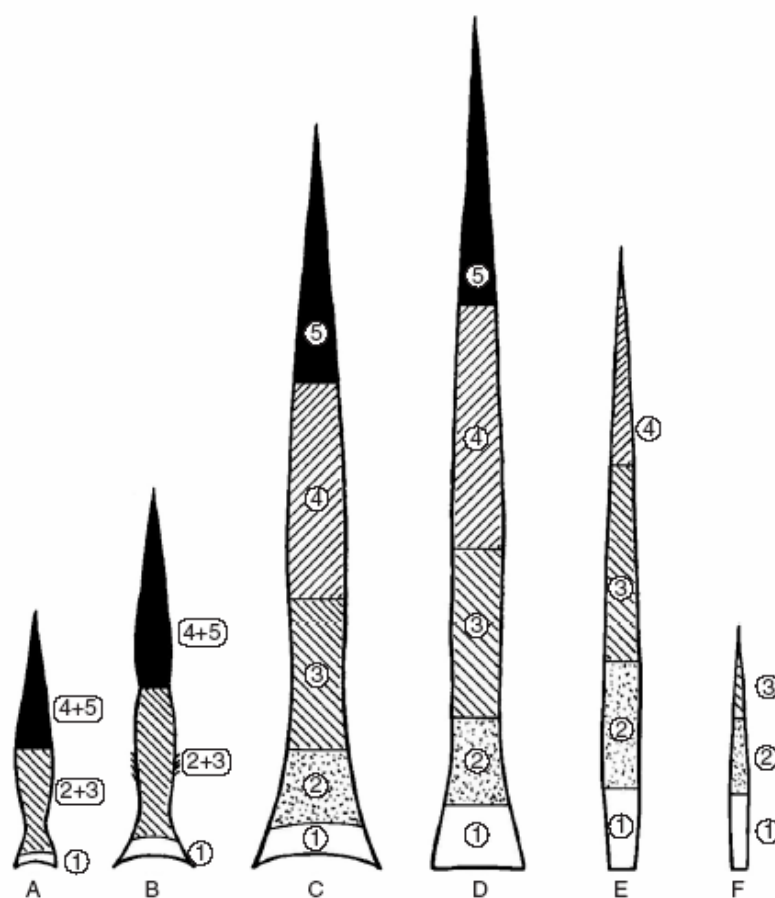


Figura 1. Categorias de folhas do abacaxizeiro. A seção numerada em cada folha refere-se aos seguintes tecidos: 1 – basal não clorofilada; 2 – transicional subclorofilada; 3 – clorofilada inferior; 4 - clorofilada intermediária; 5 – clorofilada terminal.

Fonte: Sideris & Krauss (1936) citados por (Malézieux & Bartholomew, 2003).

Para o cultivar Smooth Cayenne, Iuchi & Iuchi (1992) observaram que, contanto que os teores adequados sejam conhecidos, torna-se indiferente usar a parte clorofilada ou aclorofilada da folha D para determinar os teores de N, P, Ca e Mg, sendo que para K o melhor local de amostragem é a parte clorofilada. Para o cultivar

Pérola, Siebeneichler et al. (2002) encontraram variações entre os teores de macro e de micronutrientes ao longo da folha D, restringindo, assim, a possibilidade de comparações com diferentes porções da folha. No entanto, afirmaram que comparações confiáveis podem ser feitas entre os teores na folha inteira e na porção acolorofilada.

Em virtude da falta de padronização quanto à parte da folha a ser amostrada e da época de amostragem, há na literatura, variações nos níveis críticos foliares para o abacaxizeiro. Na literatura consultada foi encontrada a seguinte amplitude de variação: N (1,5-3,0 dag/kg), P (0,05-0,35 dag/kg), K (2,2-6,5 dag/kg), Ca (0,2-1,2 dag/kg), Mg (0,2-0,6 dag/kg), S (0,07-0,3 dag/kg), B (20-40 mg/kg), Cu (5-50 mg/kg), Fe (80-200 mg/kg), Mn (50-400 mg/kg) e Zn (5-70 mg/kg) (Py et al., 1984; Angeles et al., 1990; Jones Jr. et al., 1991; Boaretto et al., 1999; Malavolta et al., 1997; Malézieux & Bartholomew, 2003).

A produtividade, a qualidade e os retornos econômicos da produção dependem também das relações nutricionais tanto no solo quanto na planta (Iuchi, 1978; Paula et al., 1991; Silva et al., 2004). De acordo com Angeles et al. (1990), a relação nutricional ótima entre N:P:K é 6:1:13. Iuchi (1978) reportou que a relação K:P, no solo, igual a 12:1 indica a necessidade de adubação fosfatada. A relação N:K adequada para aplicação de fertilizantes é 1:2 e a relação K/N na folha D visando à produção de frutos de melhor qualidade deve ser igual a três, no momento da indução floral (Owusu-Bennoah *et al.*, 1994; Sipronello *et al.*, 2004).

A resposta do abacaxizeiro às adubações NPK é bastante divergente na literatura, mas há um consenso de que a exploração econômica da cultura depende de um programa adequado de adubação, contemplando o fornecimento de todos os nutrientes em quantidades, épocas e fontes adequadas, previamente definidas de acordo com os objetivos da produção (Teixeira et al., 2002; Spironello et al., 2004).

Em geral, a produtividade do abacaxizeiro é comandada pelo N, que exerce efeito mais pronunciado sobre o peso do fruto, atribuindo-se ao K influência marcante na qualidade da produção (Soares et al., 2005; Spironello et al., 2004). Contudo, na definição da estratégia de adubação, torna-se importante contabilizar a influência dos nutrientes tanto no peso quanto na qualidade dos frutos, considerando as exigências dos mercados e as variações regionais do sistema de produção (Silva et al., 2005).

Compilando dados obtidos em diferentes regiões do Brasil, Souza (1999) observou que, em 18 trabalhos avaliados, 14 apresentou efeito positivo das doses de N sobre o peso dos frutos e produção total, em doses que variaram entre 0 até 500 kg/ha de N. Para P, foram encontradas respostas positivas em 10 dos 18 trabalhos consultados, nos quais se avaliaram doses entre 0 e 250 kg/ha de P_2O_5 . Apesar da demanda elevada, o K foi o nutriente que menos influenciou o peso dos frutos, mesmo quando se utilizaram doses elevadas (1.000 kg/ha de K_2O), o que ocorreu provavelmente, devido aos teores altos de K nos solos (16-136 mg/dm³).

Nas principais regiões produtoras de abacaxi no mundo, incluindo o Brasil, verifica-se que, na maioria das situações, as recomendações têm variado de 6 a 10 g/planta de N, 1 a 4 g/planta de P_2O_5 e 4 a 15 g/planta de K_2O . A calagem não tem promovido, em geral, efeitos positivos sobre a produção de abacaxi, embora tenha resultado efeito benéfico na utilização de K pela cultura, principalmente em solos ácidos e pobres em Ca e Mg (Paula et al., 1991; Veloso et al., 2001). A resposta do abacaxizeiro aos micronutrientes e ao S tem sido pouco estudada em ensaios de adubação realizados tanto no Brasil, quanto no exterior (Marchal, 1971b; França, 1976; Buzetti et al., 1986; Rodrigues, 2005).

Para produção de frutos de melhor qualidade, tanto as doses de N quanto de K têm se mostrado superiores às tradicionalmente recomendadas (Teixeira et al., 2002; Spironello et al., 2004). Em virtude da demanda nutricional elevada, torna-se importante o parcelamento das doses no sentido de aumentar a eficiência de absorção pela planta e, dessa forma, elevar a produtividade, a qualidade dos frutos e o retorno econômico da cultura (Couto, 1991; Teixeira et al., 2002).

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ESTRUTURA DO SISTEMA

Para estruturar e desenvolver o FERTCALC[®] - Abacaxi adotou-se a estratégia sugerida por Oliveira et al. (2005), em que modelos mecanísticos e empíricos são combinados, utilizando-se a menor quantidade possível de informações para alimentá-lo, sem, contudo comprometer a exatidão das recomendações. Além disso, o Sistema foi estruturado de modo a permitir sua constante atualização e, ou o desenvolvimento de novas versões à medida que as informações e os dados por ele requeridos forem apresentados na literatura, ou geradas pelos próprios usuários.

O FERTCALC[®] - Abacaxi está subdividido em dois subsistemas: o subsistema requerimento (REQ), que contempla a demanda pela planta, considerando a eficiência de recuperação dos nutrientes aplicados e uma dose para atender o critério de “sustentabilidade”⁶; e o subsistema suprimento (SUP), que compreende a oferta de nutrientes pela calagem, pelo solo, pela matéria orgânica e pelos resíduos orgânicos.

3.1.Recomendação de adubação

As recomendações feitas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi estão fundamentadas no princípio do balanço nutricional entre as perdas e os ganhos de nutrientes no sistema solo-planta. O balanço nutricional é obtido pela diferença entre o requerimento do nutriente pela cultura e o suprimento pelo solo e pelos resíduos orgânicos. Caso o balanço seja positivo (requerimento maior que suprimento), recomenda-se a aplicação de fertilizantes; caso o mesmo seja negativo ou nulo (requerimento menor ou igual ao suprimento), não se recomenda a aplicação de fertilizantes.

⁶ No FERTCALC[®] - Abacaxi, o critério de sustentabilidade adotado refere-se a quantidade de nutriente a ser mantida no solo, ou mesmo a ser adicionada, para garantir uma produtividade mínima desejada de frutos, em cultivos subseqüentes, ou seja, a sustentabilidade da produção.

O requerimento de nutrientes é obtido com base na demanda da cultura para atingir uma produtividade esperada e atender o critério de sustentabilidade estabelecido. O suprimento de nutrientes é calculado, a partir do teor do nutriente obtido pela análise de solo e da mineralização dos resíduos da cultura anterior, quando houver, e a partir do segundo ciclo da mineralização dos resíduos culturais do abacaxizeiro. No FERTCALC[®] - Abacaxi, tanto o requerimento quanto o suprimento de nutrientes são expressos em termos de dose, sendo a diferença igual à dose de nutriente a ser recomendada (DR).

3.1.1. Subsistema requerimento

Para desenvolver o subsistema requerimento, buscaram-se na literatura informações sobre crescimento e desenvolvimento, acúmulo e partição de matéria seca e de nutrientes nas diversas partes da planta de abacaxizeiro, priorizando, sempre que possível, a categorização das informações e dos dados por cultivar.

Para desenvolver-se e produzir, o abacaxizeiro precisa acumular quantidades elevadas de nutrientes nos tecidos dos compartimentos a serem restituídos e exportados. Na ocasião da colheita, parte desses nutrientes é exportada nos frutos e nas mudas, enquanto outra parte é restituída ao solo por meio dos resíduos culturais constituídos por folhas, caule, pedúnculo e raízes.

O requerimento total de nutrientes representa a soma do requerimento pela planta para alcançar a produtividade esperada e o requerimento para satisfazer o critério de sustentabilidade adotado, podendo ser expresso da seguinte forma:

$$REQ_{total} = REQ_{planta} + REQ_{sust.} \quad (Eq. 2)$$

em que,

REQ_{total} = requerimento total do nutriente pela planta para a produtividade esperada e o critério de sustentabilidade adotado, em kg/ha;

REQ_{planta} = requerimento de nutrientes pela planta para alcançar a produtividade esperada, em kg/ha; e

$REQ_{sust.}$ = requerimento de nutrientes para atender o critério de sustentabilidade adotado, em kg/ha.

3.1.1.1. Requerimento pela planta

O requerimento de nutrientes pelo abacaxizeiro para determinada produtividade envolve o conhecimento de cinco informações básicas: o teor de água dos frutos, o índice de colheita⁷, a partição de matéria seca entre os componentes restituídos e exportados, os valores de coeficiente de utilização biológica (CUB) e a taxa de recuperação pela planta do nutriente aplicado via fertilizante.

O requerimento pela planta é a quantidade de nutriente requerida para viabilizar uma determinada produtividade de frutos, obtido a partir da demanda da cultura para cada nutriente, considerando-se a eficiência de recuperação pela planta dos nutrientes aplicados ao solo (Equação 3).

$$REQ_{planta} = DEM_{planta} \times 100 / ER_{planta} \quad (Eq. 3)$$

em que,

REQ_{planta} = requerimento do nutriente pela planta para definida produtividade, em kg/ha;

DEM_{planta} = quantidade total do nutriente demandada pela planta, em kg/ha; e

ER_{planta} = eficiência de recuperação pela planta do nutriente aplicado, em %.

Demanda pela planta

A demanda nutricional pelo abacaxizeiro é estimada, utilizando-se a seguinte expressão:

$$DEM_{planta} = DEM_{exportado} + DEM_{restituído} \quad (Eq. 4)$$

sendo

$$DEM_{exportado} = (MS_{fruto} \times T_{fruto} + MS_{OP} \times T_{OP}) / f$$

$$DEM_{restituído} = (MS_{raízes} \times T_{raízes} + MS_{caule} \times T_{caule} + MS_{pedúnculo} \times T_{pedúnculo} + MS_{folhas} \times T_{folhas}) / f$$

em que,

DEM_{planta} = quantidade total do nutriente “X” demandada pela cultura, em kg/ha;

$DEM_{exportado}$ = quantidade total do nutriente “X” demandada pela cultura na biomassa a ser exportada pelos frutos e mudas (filhote, filhote rebentão e rebentão), em kg/ha;

⁷ O índice de colheita, tanto de matéria seca quanto de nutrientes, é uma informação que permite avaliar, respectivamente, a partição das reservas de carbono e de nutrientes pela planta (Neves, 2000). Seus valores resultam do quociente entre a produção de matéria seca e o acúmulo de nutrientes no fruto e a produção de matéria seca e o acúmulo de nutrientes em toda a planta.

$DEM_{\text{restituído}}$ = quantidade total do nutriente “X” demandada pela cultura na biomassa a ser restituída por raízes, caule, pedúnculo e folhas, em kg/ha;

MS_{fruto} = matéria seca do fruto, em kg/ha;

MS_{OP} = matéria seca dos órgãos propagativos (coroas e mudas), em kg/ha;

$MS_{\text{raízes}}$ = matéria seca das raízes, em kg/ha;

MS_{caule} = matéria seca do caule, em kg/ha;

$MS_{\text{pedúnculo}}$ = matéria seca do pedúnculo, em kg/ha;

MS_{folhas} = matéria seca das folhas, em kg/ha;

T_{fruto} = teor do nutriente “X” na matéria seca do fruto, em dag/kg para macronutrientes e mg/kg para micronutrientes;

T_{OP} = teor do nutriente “X” na matéria seca dos órgãos propagativos, em dag/kg para macronutrientes e mg/kg para micronutrientes;

$T_{\text{raízes}}$ = teor do nutriente “X” na matéria seca das raízes, em dag/kg para macronutrientes e mg/kg para micronutrientes;

T_{caule} = teor do nutriente “X” na matéria seca do caule, em dag/kg para macronutrientes e mg/kg para micronutrientes;

$T_{\text{pedúnculo}}$ = teor do nutriente “X” na matéria seca do pedúnculo, em dag/kg para macronutrientes e mg/kg para micronutrientes;

T_{folha} = teor do nutriente “X” na matéria seca da folha, em dag/kg para macronutrientes e mg/kg para micronutrientes; e

f = fator de correção de unidades, para macronutrientes $f = 10^2$ e para micronutrientes $f = 10^6$.

A informação básica para se determinar o requerimento de nutrientes pelo abacaxizeiro é a produtividade esperada. Diferentemente dos demais Sistemas, o FERTCALC[®]-Abacaxi busca definir de forma mais realística este valor, contabilizando a influência dos seguintes fatores: cultivar, peso do fruto, destino da produção, sistema e densidade de plantio e nível tecnológico adotado no sistema de produção.

A produtividade do abacaxizeiro é influenciada pelo peso médio do fruto, o qual depende, além das especificidades genéticas, ambientais e tecnológicas, da dimensão temporal capaz de imprimir mudanças em um ou mais desses fatores. No Brasil, o peso do abacaxi é classificado em seis categorias, partindo desde os mais

leves, os da classe 1, com peso entre 0,9 e 1,2 kg, até os mais pesados com peso superior a 2,4 kg (Almeida et al., 2005).

O plantio do abacaxizeiro pode ser feito em fileiras simples, duplas e triplas, sendo a grande preferência mundial pelas fileiras duplas. Em geral, são utilizadas fileiras duplas para os cultivares de folhas sem espinhos, a exemplo das pertencentes ao grupo Cayenne, em cultivos irrigados e para frutos destinados à indústria de sucos. O plantio no sistema de fileiras simples é adotado, principalmente, para o cultivar Pérola, devido as maiores facilidades nos tratos culturais (Botrel & Siqueira 1985).

A densidade de plantio influencia, diretamente, a produtividade e o retorno econômico da cultura, pois, via de regra, ao mesmo tempo em que o aumento da densidade de plantio contribui para elevar a produtividade, concorre para diminuir o peso individual dos frutos (Kist et al., 1991). Há amplas variações nas densidades de plantio adotadas nas principais regiões produtoras do mundo, com densidades populacionais variando entre 10 e 100 mil plantas/ha, sendo mais comuns, no Brasil, as densidades entre 20 e 50 mil plantas/ha. Altas densidades de plantio são importantes para melhorar a eficiência de uso dos fatores de produção e alcançar determinados atributos de qualidade dos frutos exigidos pelo mercado (Santana et al., 2001).

No Quadro 2, são sumariadas as classes de peso para os frutos dos cultivares Pérola e Smooth Cayenne, assim como as principais densidades de plantio adotadas, nos sistemas de plantio em fileiras simples e duplas nas principais regiões produtoras do País. Com base nestes dados, é possível determinar de maneira mais criteriosa a produtividade esperada, introduzindo no Sistema, ainda que de modo indireto e preliminar, uma abordagem sobre qualidade da produção e economicidade das recomendações.

Quadro 2 - Classes de peso dos frutos e principais densidades de plantio utilizadas no sistema de fileiras simples e duplas, nas principais regiões produtoras de abacaxi no País

Cultivar	Classe de peso ^{1/}	Espaçamento/Densidade			
		Simplex	Densidade ^{2/}	Dupla	Densidade ^{3/}
		-----m-----	plantas/ha	-----m-----	plantas/ha
Pérola	I (0,9-1,2 kg)	0,80 ^a × 0,30 ^b	41.666	0,90 ^c × 0,40 ^d × 0,35 ^e	43.960
		0,80 × 0,40	31.250	0,90 × 0,40 × 0,40	38.460
	II (1,2-1,5 kg)	0,90 × 0,30	37.040	1,00 × 0,40 × 0,40	35.710
	III (1,5-1,8 kg)	0,90 × 0,35	31.700	1,20 × 0,40 × 0,30	41.670
	IV (1,8-2,1 kg)	0,90 × 0,40	27.780	1,20 × 0,40 × 0,40	31.250
Smooth Cayenne	I (0,9-1,2 kg)				
	II (1,2-1,5 kg)	0,80 × 0,30	41.666	0,90 × 0,40 × 0,35	43.960
		0,80 × 0,40	31.250	0,90 × 0,40 × 0,40	38.460
	III (1,5-1,8 kg)	0,90 × 0,30	37.040	1,00 × 0,40 × 0,40	35.710
	IV (1,8-2,1 kg)	0,90 × 0,35	31.700	1,20 × 0,40 × 0,30	41.670
	V (2,1 -2,4 kg)	0,90 × 0,40	27.780	1,20 × 0,40 × 0,40	31.250
	VI (> 2,4 kg)				

^{1/} Adaptado de Almeida et al. (2005); ^{2/} Densidade teórica calculada para o sistema de plantio em fileiras simples pela expressão $10.000 / (a \times b)$, em que a = espaçamento entre fileiras, em m; e b = espaçamento entre plantas dentro das fileiras simples, em m; ^{3/} Densidade teórica calculada para o sistema em fileiras duplas pela expressão $10.000 / e [(c + d)/2]$, em que c = espaçamento entre as fileiras duplas, em m; d = espaçamento entre as plantas dentro das fileiras simples; e = espaçamento entre fileiras simples dentro da fileira dupla, em m.

A produtividade esperada passa a ser denominada no FERTCALC[®]-Abacaxi de Produtividade a ser Efetivamente Alcançada (PEF) e pode, independentemente do cultivar, ser estabelecida por meio das informações e dados apresentados no Quadro 2, mediante as expressões apresentadas a seguir:

a) Para o sistema de plantio em fileiras simples

$$PEF = PM_e F \times 10 / (a \times b) \times \alpha \times \beta \quad (\text{Eq. 5})$$

em que,

PEF = produtividade a ser efetivamente alcançada, em t/ha;

PMF = peso médio do fruto a ser produzido, em kg;

a = espaçamento entre as fileiras simples, em m;

b = espaçamento entre as plantas dentro das fileiras simples, em m;

α = fator de correção de densidade⁸, variável em função do nível tecnológico adotado, sendo 0,7 para sistemas de produção com baixo nível tecnológico; 0,8 para sistemas com nível tecnológico médio e 0,9 para sistemas com alto nível tecnológico; e
 β = fator de correção para classe de fruto a ser produzido⁹, 1,3

b) Para o sistema de plantio em fileiras duplas

$$PEF = PM_eF \times \{10 / c [(a + b) / 2]\} \times \alpha \times \beta \quad (\text{Eq. 6})$$

em que,

PEF = produtividade a ser efetivamente alcançada, em t/ha;

PM_eF = peso médio do fruto a ser produzido, em kg;

a = espaçamento entre as fileiras duplas, em m;

b = espaçamento entre as fileiras simples dentro das fileiras duplas, em m;

c = espaçamento entre as plantas dentro das fileiras simples, em m;

α = fator de correção de densidade, variável em função do nível tecnológico, sendo 0,7 para sistemas de produção de baixo nível tecnológico; 0,8 para sistema de produção de nível tecnológico médio e 0,9 para sistema de produção de alto nível tecnológico; e

β = fator de correção do tipo de fruto a ser produzido, 1,3

⁸ O fator de correção de densidade resulta da constatação de que, sob condições práticas, a densidade efetiva da cultura do abacaxizeiro, ou seja, o stand final do cultivo é sempre inferior a densidade teórica, havendo em função do grau de tecnificação adotado perdas que variam entre 10 e 30 %. O nível tecnológico a ser adotado nesta primeira versão do FERTCALC[®]-Abacaxi engloba ainda que de forma arbitrária as condições do sistema de produção quanto aos seguintes aspectos: acesso à crédito e assistência técnica, mecanização do cultivo e da colheita e forma de comercialização da produção. São considerados com alto nível tecnológico alto (0,9) àqueles sistemas que os produtores possuem capital próprio, apresentam mecanização do cultivo e da colheita, recebem orientação técnica e comercializam a produção diretamente sem intermediários. Para sistemas de produção cujo acesso de crédito é financiado, e que apresentam o cultivo e a colheita sem mecanização, sem assistência técnica e que a comercialização é feita por meio de intermediários, adota-se o fator de correção 0,7. As combinações diferentes das apresentadas, são incluídas dentro do nível tecnológico médio e, portanto, correspondem ao valor do fator de nível tecnológico 0,8.

⁹ A heterogeneidade no peso dos frutos do abacaxizeiro por ocasião da colheita é bastante comum devido a influência dos fatores edafoclimáticos e do manejo adotado, especialmente no que concerne aos aspectos de adubação, nutrição mineral, indução floral e ainda da heterogeneidade das mudas utilizadas no plantio. Assim, haverá invariavelmente por ocasião da colheita frutos com peso superior e inferior aos da categoria escolhida. Por isso, na primeira versão do Sistema será considerado que apenas 70 % dos frutos da produtividade efetiva enquadram-se na classe de peso definida inicialmente. Deve-se ressaltar, porém, que os frutos apresentando peso diferente da categoria pretendida podem alcançar valorização igual ou superior aos da categoria principal, dependendo da oferta e da qualidade do produto na época de colheita, do mercado consumidor e dos custos de transporte (Eliazar Felipe de Oliveira - Pesquisador da EMEPA) - Comunicação Pessoal.

Utilizando os valores extremos para fator de correção de densidade, ou seja, 0,7 para sistemas com baixo grau de tecnificação e 0,9 para sistemas altamente tecnificados, bem como os dados apresentados no Quadro 2, foram geradas faixas de produtividade a serem efetivamente alcançadas para os dois cultivares nos sistemas de fileiras simples e duplas (Quadros 3, 4, 5 e 6).

Quadro 3 - Faixas de produtividade esperadas para abacaxizeiros Pérola, estabelecidas em função do peso dos frutos e da densidade de plantio, no sistema de fileiras simples

Peso do fruto	Espaçamento (m)				
	0,80 × 0,30	0,80 × 0,40	0,90 × 0,30	0,90 × 0,35	0,90 × 0,40
---kg---	-----t/ha -----				
0,8	23,3 - 30,0	17,5 - 22,5	20,7 - 26,7	17,8 - 22,9	15,6 - 20,0
0,9	26,3 - 33,8	19,7 - 25,3	23,3 - 30,0	20,0 - 25,7	17,5 - 22,5
1,0	29,2 - 37,5	21,9 - 28,1	25,9 - 33,3	22,2 - 28,6	19,4 - 25,0
1,1	32,1 - 41,3	24,1 - 30,9	28,5 - 36,7	24,4 - 31,4	21,4 - 27,5
1,2	35,0 - 45,0	26,3 - 33,8	31,1 - 40,0	26,7 - 34,3	23,3 - 30,0
1,3	37,9 - 48,8	28,4 - 36,6	33,7 - 43,3	28,9 - 37,1	25,3 - 32,5
1,4	40,8 - 52,5	30,6 - 39,4	36,3 - 46,7	31,1 - 40,0	27,2 - 35,0
1,5	43,8 - 56,3	32,8 - 42,2	38,9 - 50,0	33,3 - 42,9	29,2 - 37,5
1,6	46,7 - 60,0	35,0 - 45,0	41,5 - 53,3	35,6 - 45,7	31,1 - 40,0
1,7	49,6 - 63,8	37,2 - 47,8	44,1 - 56,7	37,8 - 48,6	33,1 - 42,5
1,8	52,5 - 67,5	39,4 - 50,6	46,7 - 60,0	40,0 - 51,4	35,0 - 45,0
1,9	55,4 - 71,3	41,6 - 53,4	49,3 - 63,3	42,2 - 54,3	36,9 - 47,5
2	58,3 - 75,0	43,8 - 56,3	51,9 - 66,7	44,4 - 57,1	38,9 - 50,0
2,1	61,3 - 78,8	45,9 - 59,1	54,4 - 70,0	46,7 - 60,0	40,8 - 52,5
2,2	64,2 - 82,5	48,1 - 61,9	57,0 - 73,3	48,9 - 62,9	42,8 - 55,0
2,3	67,1 - 86,3	50,3 - 64,7	59,6 - 76,7	51,1 - 65,7	44,7 - 57,5
2,4	70,0 - 90,0	52,5 - 67,5	62,2 - 80,0	53,3 - 68,6	46,7 - 60,0
2,5	72,9 - 93,8	54,7 - 70,3	64,8 - 83,3	55,6 - 71,4	48,6 - 62,5

Quadro 4 - Faixas de produtividade esperada para abacaxizeiros Pérola, em função do peso dos frutos e da densidade de plantio no sistema de fileiras duplas

Peso do fruto		Espaçamento (m)													
--kg--	0,90 × 0,40 × 0,35			0,90 × 0,40 × 0,40			1,00 × 0,40 × 0,40			1,20 × 0,40 × 0,30			1,20 × 0,40 × 0,40		
	-----t/ha-----														
0,8	24,6	-	31,6	21,5	-	27,7	20,0	-	25,7	23,3	-	30,0	17,5	-	22,5
0,9	27,7	-	35,6	24,2	-	31,2	22,5	-	28,9	26,3	-	33,8	19,7	-	25,3
1,0	30,8	-	39,6	26,9	-	34,6	25,0	-	32,1	29,2	-	37,5	21,9	-	28,1
1,1	33,8	-	43,5	29,6	-	38,1	27,5	-	35,4	32,1	-	41,3	24,1	-	30,9
1,2	36,9	-	47,5	32,3	-	41,5	30,0	-	38,6	35,0	-	45,0	26,3	-	33,8
1,3	40,0	-	51,4	35,0	-	45,0	32,5	-	41,8	37,9	-	48,8	28,4	-	36,6
1,4	43,1	-	55,4	37,7	-	48,5	35,0	-	45,0	40,8	-	52,5	30,6	-	39,4
1,5	46,2	-	59,3	40,4	-	51,9	37,5	-	48,2	43,8	-	56,3	32,8	-	42,2
1,6	49,2	-	63,3	43,1	-	55,4	40,0	-	51,4	46,7	-	60,0	35,0	-	45,0
1,7	52,3	-	67,3	45,8	-	58,8	42,5	-	54,6	49,6	-	63,8	37,2	-	47,8
1,8	55,4	-	71,2	48,5	-	62,3	45,0	-	57,9	52,5	-	67,5	39,4	-	50,6
1,9	58,5	-	75,2	51,2	-	65,8	47,5	-	61,1	55,4	-	71,3	41,6	-	53,4
2,0	61,5	-	79,1	53,8	-	69,2	50,0	-	64,3	58,3	-	75,0	43,8	-	56,3
2,1	64,6	-	83,1	56,5	-	72,7	52,5	-	67,5	61,3	-	78,8	45,9	-	59,1
2,2	67,7	-	87,0	59,2	-	76,2	55,0	-	70,7	64,2	-	82,5	48,1	-	61,9
2,3	70,8	-	91,0	61,9	-	79,6	57,5	-	73,9	67,1	-	86,3	50,3	-	64,7
2,4	73,8	-	94,9	64,6	-	83,1	60,0	-	77,1	70,0	-	90,0	52,5	-	67,5
2,5	76,9	-	98,9	67,3		86,5	62,5		80,4	72,9		93,8	54,7		70,3

Quadro 5 - Faixas de produtividade esperada para abacaxizeiros Smooth Cayenne, em função do peso dos frutos e da densidade de plantio, no sistema de fileiras simples

Peso do fruto	Espaçamento (m)				
	0,80 × 0,30	0,80 × 0,40	0,90 × 0,30	0,90 × 0,35	0,90 × 0,40
---kg---	-----t/ha-----				
0,9	26,3 - 33,8	19,7 - 25,3	23,3 - 30,0	20,0 - 25,7	17,5 - 22,5
1,0	29,2 - 37,5	21,9 - 28,1	25,9 - 33,3	22,2 - 28,6	19,4 - 25,0
1,1	32,1 - 41,3	24,1 - 30,9	28,5 - 36,7	24,4 - 31,4	21,4 - 27,5
1,2	35,0 - 45,0	26,3 - 33,8	31,1 - 40,0	26,7 - 34,3	23,3 - 30,0
1,3	37,9 - 48,8	28,4 - 36,6	33,7 - 43,3	28,9 - 37,1	25,3 - 32,5
1,4	40,8 - 52,5	30,6 - 39,4	36,3 - 46,7	31,1 - 40,0	27,2 - 35,0
1,5	43,8 - 56,3	32,8 - 42,2	38,9 - 50,0	33,3 - 42,9	29,2 - 37,5
1,6	46,7 - 60,0	35,0 - 45,0	41,5 - 53,3	35,6 - 45,7	31,1 - 40,0
1,7	49,6 - 63,8	37,2 - 47,8	44,1 - 56,7	37,8 - 48,6	33,1 - 42,5
1,8	52,5 - 67,5	39,4 - 50,6	46,7 - 60,0	40,0 - 51,4	35,0 - 45,0
1,9	55,4 - 71,3	41,6 - 53,4	49,3 - 63,3	42,2 - 54,3	36,9 - 47,5
2,0	58,3 - 75,0	43,8 - 56,3	51,9 - 66,7	44,4 - 57,1	38,9 - 50,0
2,1	61,3 - 78,8	45,9 - 59,1	54,4 - 70,0	46,7 - 60,0	40,8 - 52,5
2,2	64,2 - 82,5	48,1 - 61,9	57,0 - 73,3	48,9 - 62,9	42,8 - 55,0
2,3	67,1 - 86,3	50,3 - 64,7	59,6 - 76,7	51,1 - 65,7	44,7 - 57,5
2,4	70,0 - 90,0	52,5 - 67,5	62,2 - 80,0	53,3 - 68,6	46,7 - 60,0
2,5	72,9 - 93,8	54,7 - 70,3	64,8 - 83,3	55,6 - 71,4	48,6 - 62,5
2,6	75,8 - 97,5	56,9 - 73,1	67,4 - 86,7	57,8 - 74,3	50,6 - 65,0
2,7	78,8 - 101,3	59,1 - 75,9	70,0 - 90,0	60,0 - 77,1	52,5 - 67,5
2,8	81,7 - 105,0	61,3 - 78,8	72,6 - 93,3	62,2 - 80,0	54,4 - 70,0
2,9	84,6 - 108,8	63,4 - 81,6	75,2 - 96,7	64,4 - 82,9	56,4 - 72,5
3,0	87,5 - 112,5	65,6 - 84,4	77,8 - 100,0	66,7 - 85,7	58,3 - 75,0

Quadro 6 - Faixas de produtividade esperada para abacaxizeiros Smooth Cayenne, em função do peso dos frutos e da densidade de plantio, no sistema de fileiras duplas

Peso do fruto	Espaçamento (m)									
	0,90 × 0,40 × 0,35		0,90 × 0,40 × 0,40		1,00 × 0,40 × 0,40		1,20 × 0,40 × 0,30		1,20 × 0,40 × 0,40	
	-----t/ha-----									
0,9	27,7	- 35,6	24,2	- 31,2	22,5	- 28,9	26,3	- 33,8	19,7	- 25,3
1,0	30,8	- 39,6	26,9	- 34,6	25,0	- 32,1	29,2	- 37,5	21,9	- 28,1
1,1	33,8	- 43,5	29,6	- 38,1	27,5	- 35,4	32,1	- 41,3	24,1	- 30,9
1,2	36,9	- 47,5	32,3	- 41,5	30,0	- 38,6	35,0	- 45,0	26,3	- 33,8
1,3	40,0	- 51,4	35,0	- 45,0	32,5	- 41,8	37,9	- 48,8	28,4	- 36,6
1,4	43,1	- 55,4	37,7	- 48,5	35,0	- 45,0	40,8	- 52,5	30,6	- 39,4
1,5	46,2	- 59,3	40,4	- 51,9	37,5	- 48,2	43,8	- 56,3	32,8	- 42,2
1,6	49,2	- 63,3	43,1	- 55,4	40,0	- 51,4	46,7	- 60,0	35,0	- 45,0
1,7	52,3	- 67,3	45,8	- 58,8	42,5	- 54,6	49,6	- 63,8	37,2	- 47,8
1,8	55,4	- 71,2	48,5	- 62,3	45,0	- 57,9	52,5	- 67,5	39,4	- 50,6
1,9	58,5	- 75,2	51,2	- 65,8	47,5	- 61,1	55,4	- 71,3	41,6	- 53,4
2,0	61,5	- 79,1	53,8	- 69,2	50,0	- 64,3	58,3	- 75,0	43,8	- 56,3
2,1	64,6	- 83,1	56,5	- 72,7	52,5	- 67,5	61,3	- 78,8	45,9	- 59,1
2,2	67,7	- 87,0	59,2	- 76,2	55,0	- 70,7	64,2	- 82,5	48,1	- 61,9
2,3	70,8	- 91,0	61,9	- 79,6	57,5	- 73,9	67,1	- 86,3	50,3	- 64,7
2,4	73,8	- 94,9	64,6	- 83,1	60,0	- 77,1	70,0	- 90,0	52,5	- 67,5
2,5	76,9	- 98,9	67,3	- 86,5	62,5	- 80,4	72,9	- 93,8	54,7	- 70,3
2,6	80,0	- 102,9	70,0	- 90,0	65,0	- 83,6	75,8	- 97,5	56,9	- 73,1
2,7	83,1	- 106,8	72,7	- 93,5	67,5	- 86,8	78,8	- 101,3	59,1	- 75,9
2,8	86,2	- 110,8	75,4	- 96,9	70,0	- 90,0	81,7	- 105,0	61,3	- 78,8
2,9	89,2	- 114,7	78,1	- 100,4	72,5	- 93,2	84,6	- 108,8	63,4	- 81,6
3,0	92,3	- 118,7	80,8	- 103,8	75,0	- 96,4	87,5	- 112,5	65,6	- 84,4

A produtividade do abacaxizeiro relaciona-se de forma positiva com o acúmulo de matéria seca pelas plantas, havendo forte relação entre o peso da folha D no momento da indução floral e o peso dos frutos na colheita (Hepton, 2003). A compilação de dados e informações sobre produção de frutos e de matéria seca pelas plantas dos cultivares Pérola e Smooth Cayenne, obtidos sob diferentes condições edafoclimáticas, permitiram ajustar funções¹⁰ entre produção de frutos e da matéria seca pela planta (Quadro 7).

Quadro 7 - Equações de regressão para estimar a produção de matéria seca de abacaxizeiros Pérola e Smooth Cayenne, em função da produtividade esperada

Equação	R ²	n
Pérola ^{1/}		
$\forall X < 17,3 \text{ t/ha}, \hat{y} = 10,0 \text{ t/ha}$		
$\forall \text{ Prod } 17,3 \leq X \leq 78,3 \text{ t/ha}, \hat{y} = 6,79 + 0,23 \cdot X$	0,71	15
$\forall X > 78,3 \text{ t/ha}, \hat{y} = 25,0 \text{ t/ha}$		
Smooth Cayenne ^{2/}		
$\forall X < 36,0 \text{ t/ha}, \hat{y} = 12,0 \text{ t/ha}$		
$\forall \text{ Prod } 36,0 \leq X \leq 89,0 \text{ t/ha}, \hat{y} = 5,72 + 0,18 \cdot X$	0,85	16
$\forall X > 89,0 \text{ t/ha}, \hat{y} = 22,0 \text{ t/ha}$		

^{1/} França (1976), Gadelha (1992), Reinhard & Medina (2002), Rodrigues (2005); ^{2/} Couto (1991)

* significativo a 5 %

¹⁰ As equações apresentadas precisam ser aperfeiçoadas em futuras versões, principalmente no sentido de ampliar o limite de abrangência de produtividades para ambos os cultivares. Um aspecto importante a ser também considerado nas futuras versões é a relação da produção e partição de matéria seca pela planta com os fatores ambientais, o que poderá ser melhor avaliado integrando o FERTCALC® com modelos de crescimento fenológico para a cultura.

Além da produção total, o FERTCALC[®]-Abacaxi necessita de informações referentes ao acúmulo e à partição de matéria seca pelos diferentes compartimentos da planta, as quais variam em função dos cultivares, das condições edafoclimáticas e das práticas de manejo adotadas, incluindo a adubação (Reinhardt & Medina, 1992).

Embora o sistema radicular do abacaxizeiro possa atingir profundidades de até 1,3 m para as plantas do cultivar Pérola e de 0,85 m para as plantas do cultivar Smooth Cayenne, cerca de 90 % das raízes do abacaxizeiro estão concentradas nos 20 cm superficiais (Inforzatto et al., 1968). A maior emissão de raízes coincide com o período de maior crescimento vegetativo da planta (Reinhardt & Medina, 1992), sendo o sistema radicular do cultivar Smooth Cayenne mais denso em relação ao do cultivar Pérola, havendo pequeno efeito da densidade de plantio sobre o número de raízes (Senanayae & Fernando, 1977)

As plantas do cultivar Smooth Cayenne apresentam, em geral, maior produção de matéria fresca e seca do caule, em relação às plantas do cultivar Pérola, devido aos maiores teores de carboidratos, principalmente amido no caule deste cultivar. Por outro lado, o pedúnculo das plantas do cultivar Pérola é geralmente mais longo e cerca de 40 % mais pesado em relação ao do cultivar Smooth Cayenne (Reinhardt et al., 2002).

Em geral, as plantas do cultivar Pérola apresentam folhas D mais compridas e largas, embora em menor número do que as do cultivar Smooth Cayenne, havendo mesmo assim superioridade na produção de matéria seca para o cultivar Pérola. (Reinhardt et al., 2002). De acordo com Rodrigues (2005), a relação entre a massa de matéria seca das folhas A, B, C e D para o cultivar Pérola é de 1 : 2 : 4 : 6, enquanto para o cultivar Smooth Cayenne a relação é de 1 : 1,2 : 2,8 : 6,5.

A baixa oferta de mudas de qualidade é um dos principais fatores, que limitam a expansão da abacaxicultura no País (Reinhardt et al., 1996). Para o plantio do abacaxi Pérola, utilizam-se mudas do tipo filhote, as mais abundantes para esse cultivar (5 a 9 mudas/planta, pesando entre 100 e 300 g), enquanto para o Smooth Cayenne predominam mudas do tipo rebentão (1 muda/planta, pesando 500 g) (Reinhardt et al., 2002).

A emissão e o crescimento das mudas variam tanto em função das condições ambientais, durante a diferenciação floral, quanto das práticas culturais realizadas durante o ciclo da cultura, sendo estes fatores influenciados positivamente pela adubação e negativamente pelo aumento da densidade (Reinhardt et al., 1996). Após a colheita, as mudas permanecem aderidas à planta, em processo denominado “ceva das mudas”, funcionando como dreno de nutrientes, sendo removidas após alguns meses para a implantação de novos abacaxizais. As mudas do cultivar Pérola também funcionam como aparato de proteção, durante o transporte dos frutos (Reinhardt & Cunha, 1999).

Informações relacionando produção de frutos com partição de matéria seca pelas diferentes partes da planta de abacaxizeiro são, comparativamente, em maior quantidade para o cultivar Smooth Cayenne (Iuchi, 1978; Py et al., 1984; Couto, 1991; Reinhardt & Medina, 1992; Selamat, 1993; Zhang & Bartholomew, 1993; Malézieux et al., 2003; Rodrigues, 2005) em relação ao cultivar Pérola (França, 1976; Gadelha, 1992; Gadelha & Vasconcelos, 1980; Reinhardt & Medina, 1992; Rodrigues, 2005). Dados compilados a partir dos referidos trabalhos auxiliaram o estabelecimento da proposta de distribuição percentual de matéria seca pelas diferentes partes da planta de abacaxizeiro (Quadro 8).

Quadro 8 - Distribuição percentual da matéria seca em abacaxizeiros dos cultivares Pérola e Smooth Cayenne

Parte da planta	Pérola	Smooth Cayenne
	-----%-----	
Raízes	4,0	6,0
Caule	18,0	22,0
Pedúnculo	4,0	3,0
Folhas	68,0	64,0
Mudas	6,0	5,0

Utilizando as equações que relacionam produtividade e acúmulo de matéria seca pela planta (Quadro 7) e adotando-se os percentuais de alocação de matéria seca nos diferentes componentes (Quadro 8), determina-se a produção de matéria seca de cada componente a partir das seguintes expressões:

$$MS_{\text{raízes}} = MS_{\text{total}} \times FMS_{\text{alocada-raízes}} / 100 \quad (\text{Eq. 7})$$

em que,

$MS_{\text{raízes}}$ = matéria seca das raízes, em kg/ha;

MS_{total} = matéria seca total, em kg/ha; e

$FMS_{\text{alocada-raízes}}$ = fração de matéria seca alocada nas raízes, em %.

$$MS_{\text{caule}} = MS_{\text{total}} \times FMS_{\text{alocada-caule}} / 100 \quad (\text{Eq. 8})$$

em que,

MS_{caule} = matéria seca do caule, em kg/ha;

MS_{total} = matéria seca total, em kg/ha; e

$FMS_{\text{alocada-caule}}$ = fração de matéria seca alocada no caule, em %.

$$MS_{\text{pedúnculo}} = MS_{\text{total}} \times FMS_{\text{alocada-pedúnculo}} / 100 \quad (\text{Eq. 9})$$

em que,

$MS_{\text{pedúnculo}}$ = matéria seca do pedúnculo, em kg/ha;

MS_{total} = matéria seca total, em kg/ha ; e

$FMS_{\text{alocada-pedúnculo}}$ = fração de matéria seca alocada no pedúnculo, em %.

$$MS_{\text{folhas}} = MS_{\text{total}} \times FMS_{\text{alocada-folha}} / 100 \quad (\text{Eq. 10})$$

em que,

MS_{folhas} = matéria seca das folhas, em kg/ha;

MS_{total} = matéria seca total, em kg/ha; e

$FMS_{\text{alocada-folhas}}$ = fração de matéria seca alocada nas folhas, em %.

$$MS_{\text{mudas}} = MS_{\text{total}} \times FMS_{\text{alocada-mudas}} / 100 \quad (\text{Eq. 11})$$

em que,

MS_{mudas} = matéria seca das mudas, em kg/ha;

MS_{total} = matéria seca total, em kg/ha;

$FMS_{\text{alocada-mudas}}$ = fração de matéria seca alocada nas mudas, em %.

Para converter a produção de frutos em matéria seca, utiliza-se o fator de correção de umidade dos frutos. Na primeira versão do FERTCALC[®]-Abacaxi, considerou-se que o teor de água nos frutos para os dois cultivares é de 85 %, o que resulta na seguinte expressão:

$$MS_{\text{frutos}} = PEF \times f \quad (\text{Eq. 12})$$

em que,

MS_{frutos} = matéria seca dos frutos, em kg/ha;

PEF = produtividade a ser efetivamente alcançada, em kg/ha; e

f = fator de correção de umidade dos frutos; 0,15.

Teores de nutrientes no abacaxizeiro

Para estabelecer a demanda nutricional pelo abacaxizeiro, torna-se necessário também conhecer a exigência nutricional da cultura, determinada pelos teores de nutrientes nos diferentes compartimentos da planta.

Apesar de a literatura ser relativamente farta quanto aos teores foliares de nutrientes considerados adequados para o abacaxizeiro, há predomínio de informações para o cultivar Smooth Cayenne. De modo similar ao constatado no desenvolvimento dos demais Sistemas FERTCALC[®], há comparativamente menor quantidade de informações referentes aos teores de nutrientes nos demais compartimentos da planta, particularmente no caso do abacaxizeiro, nas raízes, pedúnculo, mudas e frutos.

As dificuldades encontradas na obtenção de dados sobre a composição nutricional das diferentes partes morfológicas do abacaxizeiro, os quais são necessários para estruturar o FERTCALC[®]-Abacaxi, evidenciam uma maior necessidade dessas informações, visando ao aperfeiçoamento de futuras versões do Sistema.

Os teores de macro e micronutrientes, utilizados na primeira versão do FERTCALC[®]-Abacaxi (Quadro 9), foram basicamente extraídos do trabalho de França (1976) para o cultivar Pérola e dos trabalhos de Hiroce et al. (1977) e Couto (1991) para o cultivar Smooth Cayenne.

Inicialmente, cogitou-se adotar teores médios dos nutrientes em cada compartimento, determinados na época de indução floral, o que resultou em superestimativa da demanda nutricional pela cultura e, conseqüentemente, valores de DR muito elevados. Na segunda tentativa, foram utilizados os teores médios em cada componente da planta ao longo do ciclo, no sentido de contemplar as variações no acúmulo e partição de matéria seca pelos diferentes componentes e a intensa translocação de nutrientes, o que se mostrou uma alternativa mais realística para estimar a demanda nutricional pela cultura.

Adotando-se a mesma estratégia, determinaram-se os valores de Coeficiente de Utilização Biológica¹¹ (CUB), que permitem avaliar as variações ocorridas no acúmulo de nutrientes, nas diferentes partes da planta durante o ciclo (Quadro 10). Não foi possível relacionar, nesta primeira versão do Sistema, os valores de CUB com a capacidade tampão e com outros fatores que influenciam os valores desta variável, sendo que essas relações devem ser satisfatoriamente contempladas nas futuras versões.

Resguardadas as possíveis variações¹² a que estão sujeitos os valores de CUB para os dois cultivares, nos componentes a serem exportados e restituídos, ressalta-se que os valores sugeridos mais do que valores pontuais e estáticos servem para evidenciar as diferenças entre os cultivares na utilização de nutrientes e destacar a necessidade de maior geração de dados pela pesquisa.

¹¹ CUB é uma medida de eficiência de uso de nutriente pela planta, expresso em kg/kg, e é obtido pelo inverso da concentração do nutriente na matéria seca (Novais & Smyth, 1999). Na prática, o CUB determina a eficiência da planta em converter nutriente absorvido em matéria seca e representa a produção de matéria seca por unidade de nutriente acumulada (Barros et al., 1995). Os valores de CUB são influenciados pelos mesmos fatores que influenciam a taxa de recuperação de nutrientes pela planta e, em geral, pode-se afirmar que plantas com valor de CUB maior para determinado nutriente seriam teoricamente mais eficientes do que plantas com menores valores (Oliveira et al., 2005). Apesar de amplamente adotado nos Sistemas FERTCALC®, Neves (2000) alerta para a possível interferência dos efeitos de diluição e de concentração de nutrientes nos valores de CUB.

¹² Embora o termo variação nessa sentença se refira à possível amplitude de valores encontrada nas diversas condições edafoclimáticas e de manejo a que a cultura está submetida aproveita-se a oportunidade para se fazer uma analogia com o sentido mais amplo do termo que rege todas as “variações” existentes entre os seres. Em termos mais amplos, o conceito de CUB pode ser considerado como uma medida de adaptação ou de aclimação de determinada espécie ou cultivar a mudança de condições climáticas, de suprimento de nutrientes entre outras tantas limitações. Infelizmente, a falta de informação ainda é um obstáculo para determinar até que ponto e em que grau de magnitude agem de modo definido cada um desses fatores e como estes afetam as complexas relações entre nutrientes e C nesta cultura. A variabilidade está geralmente relacionada com as condições a que tem estado submetida cada espécie, durante várias gerações sucessivas e as mudanças de condições levam a resultados definidos e indefinidos. No primeiro caso, a natureza do organismo cede facilmente a determinadas condições e todos ou quase todos os indivíduos ficam modificados da mesma maneira. No último caso, o organismo parece tornar-se maleável o que resulta numa grande variabilidade flutuante (Darwin, 1860).

Quadro 9 - Teores médios de nutrientes nas diferentes partes da planta de abacaxizeiros Pérola e Smooth Cayenne

Parte da Planta	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----dag/kg-----						-----mg/kg-----				
	Pérola ^{1/}										
Raiz	0,65	0,04	0,39	0,12	0,05	0,06	5	1	16	40	3
Caule	1,29	0,13	2,01	0,81	0,28	0,81	10	13	73	26	13
Pedúnculo	0,63	0,06	1,73	0,50	0,18	0,03	8	5	91	20	12
Folha	1,56	0,10	2,48	0,28	0,20	0,14	25	5	80	200	15
Muda	1,38	0,16	2,66	0,35	0,21	0,14	12	5,6	79	69	14
Fruto	0,41	0,06	0,28	0,06	0,04	0,12	4,5	3	25	16	3,5
	Smooth Cayenne ^{2/}										
Raiz	0,76	0,04	0,44	0,10	0,04	0,06	2,2	1,2	50	23	2,8
Caule	1,51	0,10	1,30	1,67	0,23	0,54	10	13	73	26	13,3
Pedúnculo	0,63	0,06	1,73	0,05	0,18	0,03	8	5	91	20	12
Folha	1,52	0,07	2,34	0,89	0,48	0,06	11	5,8	248	113	13,6
Muda	1,24	0,15	2,2	0,74	0,46	0,15	12	6,1	108	110	14
Fruto	0,42	0,05	0,67	0,11	0,08	0,05	2,5	2,4	35	18	3,5

Fonte: ^{1/} Os teores de macronutrientes na raiz, caule e folhas foram extraídos de França (1976). Por falta de dados específicos adotaram-se os teores de macronutrientes nas mudas e pedúnculo obtidos por Hiroce et al. (1977) para o cultivar Smooth Cayenne. Os teores de nutrientes nos frutos foram estimados a partir do trabalho de Hiroce et al. (1977), após correções das relações entre os teores dos cultivares reportados por Paula et al. (1985). Os teores de micronutrientes nas folhas foram obtidos a partir de Siebeneichler et al. (2002). Nas mudas, caule e pedúnculo adotaram-se os teores obtidos por Hiroce et al. (1977) para o cultivar Smooth Cayenne enquanto que para os frutos utilizaram-se dados de Hiroce et al. (1977) com as modificações sugeridas por Paula et al. (1985). Os teores de micronutrientes nas raízes correspondem a 20 % do teor foliar (Hanafi & Halimah, 2004); ^{2/} Os teores de macronutrientes no caule, mudas, pedúnculo e frutos e de micronutrientes, com exceção de B, nessas mesmas partes e também nas folhas foram obtidos do trabalho de Hiroce et al. (1977). Os teores de P, Ca e Mg nas folhas foram extraídos de Hiroce et al. (1977), enquanto que os teores de N e de K foram extraídos nos trabalhos de Spironello et al. (2004) e Couto (1991). Os teores de macronutrientes nas raízes foram estimados a partir dos dados de França (1976) com o cultivar Pérola enquanto que para os teores de micronutrientes adotou-se a mesma relação de 20 % do teor foliar proposta por Hanafi & Halimah (2004).

Quadro 10 - Valores de CUB nos diferentes órgãos de abacaxizeiros Pérola e Smooth Cayenne, utilizados no FERTCALC[®]-Abacaxi^{1/}

Nutriente	Raiz	Caule	Folhas	Pedúnculo	Muda	Fruto
-----kg/kg-----						
Pérola						
N	154,0	77,5	64,1	158,7	72,5	243,9
P	2.500,0	769,2	1.000,0	1.666,7	625,0	1.666,7
S	1.666,7	123,4	714,3	3.333,3	714,2	833,3
K	256,4	49,7	40,3	57,8	37,6	257,1
Ca	833,3	123,5	357,1	200,0	285,7	1.666,7
Mg	2.000,0	357,1	500,0	555,5	476,2	2.500,0
B	200.000,0	100.000,0	40.000,0	125.000,0	83.333,3	222.222,2
Zn	333.333,3	75.188,0	66.666,7	83.333,3	71.428,6	200.000,0
Cu	1.000.000,0	76.923,1	20.000,0	200.000,0	178.571,0	333.333,3
Mn	25.000,0	38.461,5	5.000,0	50.000,0	14.492,7	62.500,0
Fe	62.500,0	13.698,6	12.500,0	10.989,1	12.658,2	40.000,0
Smooth Cayenne						
N	131,6	66,2	65,8	158,7	80,6	238,1
P	2.500,0	1.000,0	1.248,6	1.666,7	666,7	2.000,0
S	1.666,7	185,2	1.666,7	3.333,3	66,7	2.000,0
K	227,3	76,9	42,7	57,8	45,4	149,2
Ca	1.000,0	59,9	112,4	200,0	135,1	909,1
Mg	2.500,0	434,8	200,3	555,5	217,4	1.250,0
B	45.545,0	100.000,0	90.909,0	125.000,0	83.333,3	400.000,0
Zn	357.142,0	75.188,0	73.529,0	86.207,0	56.180,0	200.000,0
Cu	233.333,3	76.336,0	172.413,0	196.078,0	163.934,0	416.666,6
Mn	43.478,0	38.461,0	8.840,0	50.000,0	9.091,0	28.571,0
Fe	20.000,0	13.699,0	4.032,0	10.989,0	9.259,3	55.555,0

^{1/} Valores estimados a partir dos teores apresentados no Quadro 9

Eficiência de recuperação de nutrientes pela planta

Em razão de a planta não conseguir absorver toda a quantidade de nutrientes aplicada ao solo via fertilizantes, torna-se necessário determinar a eficiência de recuperação (ER_{planta}) de cada nutriente para, então, determinar a dose do nutriente a ser efetivamente aplicada.

A ER_{planta} , denominada no FERTCALC[®]-Abacaxi de taxa de recuperação pela planta (TR_{pl}) e expressa, em percentagem, indica a eficiência da planta em absorver nutrientes provenientes dos fertilizantes, podendo ser entendida, em termos práticos, como a quantidade de nutriente absorvida por unidade de nutriente aplicada.

Os valores da TR_{pl} são influenciados por fatores edáficos (pH, capacidade tampão, fertilidade, teor de matéria orgânica e de umidade do solo), climáticos (temperatura, radiação, precipitação), da própria planta (cultivar, idade, morfologia de raiz, balanço nutricional), biológicos (micorrização, plantas invasoras, pragas e doenças) e de manejo (ano, sistema de cultivo, dose, fonte e forma de aplicação de fertilizante), sendo a maior ou menor interferência de cada um destes fatores, também, variável em função do nutriente considerado (Santos, 2002).

Para o abacaxizeiro, apesar de os diferentes fatores influenciarem em maior ou menor magnitude os valores da TR_{pl} , acredita-se que os fatores edafoclimáticos, da planta e o manejo nutricional exerçam maior influência nos valores da TR_{pl} .

Em relação aos fatores edáficos, a capacidade tampão do solo (CT) influencia diretamente a TR_{pl} para P, S e Zn, uma vez que solos com maior CT tendem a apresentar maior adsorção destes elementos, reduzindo, assim, a absorção pela planta (Novais & Smyth, 1999). O teor do elemento no solo também altera a TR_{pl} , podendo-se afirmar que, em geral, solos com teores mais elevados de determinado elemento apresentam menores valores de TR_{pl} .

Os fatores relacionados à planta referem-se ao estágio de desenvolvimento da cultura e às características morfológicas de cada cultivar. A TR_{pl} é menor nos estágios iniciais, mas tende a aumentar com o desenvolvimento da planta e do sistema radicular (Prezotti, 2001; Rosa, 2002).

As fontes, as doses e o parcelamento destas são os fatores, relacionados ao manejo nutricional, que mais interferem nas taxas de recuperação de nutrientes pela cultura do abacaxizeiro. Apesar da indisponibilidade de informações específicas,

especula-se que, independentemente da fonte utilizada, as TR_{pl} são maiores quando se aplicam doses menores, parceladas em maior número de vezes. Esta hipótese respalda-se nos dados de Teixeira et al. (2002). Os autores verificaram maior peso e melhor qualidade dos frutos do cultivar Smooth Cayenne, mediante o parcelamento das doses de N e K em cinco aplicações, em relação aos tratamentos com três ou quatro aplicações.

Uma questão importante a ser considerada no manejo nutricional do abacaxizeiro refere-se à forma de aplicação dos fertilizantes. A localização dos fertilizantes na axila das folhas basais permite supor um maior aproveitamento das doses pelas plantas, aumentando, assim, os valores de TR_{pl} . Todavia, há escassez generalizada de informações sobre os valores de TR_{pl} pelo abacaxizeiro.

Como não foram encontrados dados que permitissem estimar o efeito dos diferentes fatores nos valores das TR_{pl} pelo abacaxizeiro, adotaram-se, nesta primeira versão do FERTCALC[®]-Abacaxi, equações para N, P e K em função da dose a ser aplicada (Quadro 11). Para Ca, Mg e S, foram utilizados valores médios obtidos no trabalho de Gadelha (1980) com o cultivar Pérola, nas condições edafoclimáticas do Estado da Paraíba. Devido à falta de informações específicas para os micronutrientes, utilizaram-se as equações ajustadas para B e Zn por Possamai (2003) e estipularam-se valores médios arbitrários, definidos com base no conhecimento atual e das informações disponíveis na literatura, para Cu, Mn e Fe.

Futuras versões do FERTCALC[®]-Abacaxi devem contemplar de forma mais detalhada o estabelecimento das taxas de recuperação de nutrientes pelo abacaxizeiro, considerando a influência de maior número de fatores na definição desses valores. Para isso, há necessidade de a pesquisa agrícola gerar informações específicas, em quantidade e qualidade suficientes, que possibilitem definir de forma mais adequada e confiável os valores dessas taxas, haja visto o papel relevante que as mesmas têm na modulação das doses recomendadas pelo Sistema.

Quadro 11 - Taxas de recuperação (kg/kg) dos nutrientes aplicados via fertilizantes (TRP_{NF}) adotadas no FERTCALC[®]-Abacaxi

Nutriente	Equação/Taxa	R ²
Nitrogênio	$\forall D_N < 300, \text{TRP}_{\text{NF}}(\text{N}) = 0,68$	-
	$\text{TRP}_{\text{NF}}(\text{N}) = 0,8686 - 0,0006 * D_N, \forall 300 \leq D_N \leq 840$ ^{1/}	0,43
	$\forall D_N > 840, \text{TRP}_{\text{NF}}(\text{N}) = 0,36$	-
Fósforo	$\forall D_P < 80, \text{TRP}_{\text{NF}}(\text{P}) = 0,42$	-
	$\text{TRP}_{\text{NF}}(\text{P}) = 45,0 - 0,1218 * D_P, \forall 80 \leq D_P \leq 320$ ^{2/}	0,84
	$\forall D_P > 320, \text{TRP}_{\text{NF}}(\text{P}) = 0,10$	-
Enxofre	$\text{TRP}_{\text{NF}}(\text{S}) = 0,59$ ^{2/}	-
Potássio	$\forall D_K < 180, \text{TRP}_{\text{NF}}(\text{K}) = 0,70$	-
	$\text{TRP}_{\text{NF}}(\text{K}) = 75,67 - 0,0317 * D_K, \forall 180 \leq D_K \leq 857$ ^{3/}	0,86
	$\forall D_K > 857, \text{TRP}_{\text{NF}}(\text{K}) = 0,48$	-
Cálcio	$\text{TRP}_{\text{NF}}(\text{Ca}) = 0,60$ ^{2/}	-
Magnésio	$\text{TRP}_{\text{NF}}(\text{Mg}) = 0,52$ ^{2/}	-
Boro	$\text{TRP}_{\text{NF}}(\text{B}) = 5,282755 / (1 - 0,82839397 e^{-0,34760374 D_B})$ ^{4/}	0,89
Zinco	$\text{TRP}_{\text{NF}}(\text{Zn}) = 4,11 + 0,0775 * P_{\text{rem}}$ ^{3/}	0,93
Cobre	$\text{TRP}_{\text{NF}}(\text{Cu}) = 0,10$ ^{4/}	-
Manganês	$\text{TRP}_{\text{NF}}(\text{Mn}) = 0,10$ ^{4/}	-
Ferro	$\text{TRP}_{\text{NF}}(\text{Fe}) = 0,20$ ^{4/}	-

Fonte: ^{1/} Adaptado de Arzolla (1960), Couto (1991), Bhugaloo (1998); Spironello et al. (2004); ^{2/} Gadelha (1992); ^{3/} Possamai (2003); ^{4/} Valores sugeridos; D_N, D_P, D_K e D_B representam, respectivamente doses de N, P, K e B a serem aplicadas, e correspondem aos valores de demanda pela planta, em kg/ha.

* significativo a 5 %

Dose de segurança ou de sustentabilidade

Embora na proposta original do Sistema FERTCALC[®] (Novais & Smyth, 1999) esteja prevista a utilização de uma dose de sustentabilidade, os critérios adotados nos diversos Sistemas desenvolvidos não têm sido comuns. Entre os diferentes critérios adotados, destacam-se a manutenção de um teor mínimo do nutriente no solo para alcançar determinada produtividade (Prezotti, 2001; Santos, 2002; Rosa, 2002) e a utilização de doses suplementares equivalentes às quantidades exportadas pelas colheitas (Raffaeli, 2000; Oliveira et al., 2005). Em ambos critérios, o termo sustentabilidade está associado à manutenção de uma “reserva técnica”, representada por uma “dose de segurança”, na tentativa de evitar o esgotamento das reservas dos nutrientes no solo ao longo do tempo (Tomé Jr., 2004).

Sobre o critério de sustentabilidade a ser adotado nos Sistemas FERTCALC[®], Tomé Jr. (2004) destaca que o mesmo não deve se restringir apenas à preocupação com a manutenção da fertilidade, pois, devem ser também considerados os fatores relacionados aos riscos de erosão, rentabilidade da exploração e destino da produção. Além disso, o caráter arbitrário das doses de sustentabilidade, definidas com base em qualquer um dos critérios adotados, tem como agravante o fato de as mesmas não possuírem respaldo econômico.

A utilização do critério de sustentabilidade no FERTCALC[®]-Abacaxi torna-se indispensável, haja visto as quantidades consideráveis de nutrientes exportadas pela colheita dos frutos e pelas mudas, as quais podem representar 18, 27 e 17 %, respectivamente, da quantidade total de N, P e K absorvida para o cultivar Pérola (França, 1976) e 44, 62 e 48 %, respectivamente, para o cultivar Smooth Cayenne (Hiroce et al., 1977).

O critério de sustentabilidade adotado na primeira versão do FERTCALC[®]-Abacaxi, para todos os nutrientes, está fundamentado em doses suplementares de nutrientes a serem acrescidas à demanda nutricional da planta. A dose de sustentabilidade corresponde a 60 % do valor obtido nas estimativas da demanda nutricional pela planta, nos compartimentos a serem exportados (frutos e mudas). Para N, embora as eventuais perdas do nutriente no sistema solo-planta-atmosfera (lixiviação, volatilização, etc.), foi adotado o percentual de 40 %, por considerar a demanda elevada pela cultura e a possibilidade dessa dose adicional ser convertida

em quantidade adicional de matéria seca e, portanto, permanecer no sistema, sendo contabilizada no balanço nutricional de futuros cultivos.

Ressalta-se, porém, a necessidade de as futuras versões do FERTCALC[®]-Abacaxi contemplarem mais detalhadamente, o estabelecimento da dose de sustentabilidade, adotando uma abordagem mais prática deste critério, abrangendo os efeitos relacionados à fertilidade do solo, qualidade da produção, densidade populacional e nível tecnológico adotado.

3.1.2. Subsistema suprimento

Na maioria dos solos, a fração mineral constitui a principal fonte de nutrientes para as plantas, cabendo à fração orgânica funções importantes no que se refere a manutenção ou melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo, além de contribuir para o aumento da CTC, especialmente nos solos de regiões tropicais (Sanchez & Logan, 1992).

No FERTCALC[®]-Abacaxi, convencionou-se que a mineralização da matéria orgânica do solo serve como fonte de N¹³, apenas e que a fração mineral do solo serve de fonte supridora para os demais nutrientes. Convencionou-se, também nessa primeira versão, não contabilizar no balanço nutricional o fornecimento de nutrientes provenientes da adubação orgânica (esterco de bovinos, aves e, ou compostos orgânicos), devendo-se incluir nas recomendações geradas, doses adequadas desses materiais (Souza, 1999).

Os resíduos orgânicos provenientes de cultivos anteriores tanto do abacaxizeiro quanto de outras culturas constituem importante fonte de nutrientes para a cultura e, portanto, serão contabilizados no suprimento total. A calagem, quando realizada, além de corrigir o pH fornece Ca e Mg para a cultura e será, portanto, também considerada no cálculo do suprimento total.

¹³ Embora a fração humificada, “substâncias húmicas”, da matéria orgânica do solo (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina) seja uma fonte potencial de nutrientes para as plantas, ainda existem questionamentos sobre a taxa de liberação e os fatores que influenciam a liberação de nutrientes por essas frações. Em geral, a relação C:N:P:S na maioria dos solos é de 140:10:1,3:1,3, mas nos solos tropicais as formas orgânicas desses nutrientes, especialmente P e S encontram-se em equilíbrio com as formas desses nutrientes em solução e no complexo de troca, ou seja, nas formas adsorvidas e precipitadas afetando a sua disponibilidade para as plantas. Por falta de informações que subsidiem de forma adequada e segura a contribuição da fração humificada para o suprimento de todos os nutrientes contabiliza-se na primeira versão do Sistema apenas o fornecimento de N.

Pelo exposto, o suprimento total de nutrientes pelo FERTCALC[®]-Abacaxi é representado pela seguinte expressão:

$$\text{SUP}_{\text{total}} = \text{SUP}_{\text{calagem}} + \text{SUP}_{\text{MOS}} + \text{SUP}_{\text{solo}} + \text{SUP}_{\text{res.org}} \quad (\text{Eq. 13})$$

em que,

$\text{SUP}_{\text{total}}$ = suprimento total de nutrientes, em kg/ha;

$\text{SUP}_{\text{calagem}}$ = suprimento de Ca e de Mg pela calagem, em kg/ha; para os demais nutrientes o valor de $\text{SUP}_{\text{calagem}}$ será igual a zero;

SUP_{MOS} = suprimento de nutrientes (exclusivamente N) pela matéria orgânica do solo, em kg/ha; para os demais nutrientes o valor de SUP_{MOS} será igual a zero;

SUP_{solo} = suprimento de nutrientes pelo solo, em kg/ha; para N o valor de SUP_{solo} será igual a zero; e

$\text{SUP}_{\text{res.org}}$ = suprimento de nutrientes (todos) pelos resíduos orgânicos, em kg/ha.

Suprimento pela calagem

O abacaxizeiro desenvolve-se bem em solos ácidos, sendo a faixa de pH entre 4,5 a 5,5 considerada a mais adequada para a cultura. No entanto, o abacaxizeiro apresenta boa adaptabilidade a uma faixa ampla de pH (4,2 - 7,1) e mostra-se bastante tolerante ao Al trocável (Sousa, 1999).

O desenvolvimento e produção do abacaxizeiro são bastante influenciados pelas relações entre as bases trocáveis no solo (Boyer, 1978 citado por Sousa, 1999). A cultura é bastante exigente em Mg, sendo a relação Ca/Mg adequada próxima a 1, enquanto os teores de Ca e Mg adequados são iguais ou superiores a 0,6 cmol_c/dm³. A relação K/Mg no solo deve ser maior que 1,0, devido ao forte antagonismo entre estes nutrientes durante a absorção pela planta (Py et al., 1984).

Na determinação da necessidade de calagem (NC) para o abacaxizeiro, deve-se considerar essas peculiaridades, no sentido de assegurar teores e relações adequadas entre os nutrientes. Quando necessária, a calagem deve ser baseada nos resultados da análise de solo de amostra, coletada antes do estabelecimento da cultura, na profundidade de 0-20 cm, de modo a possibilitar a correção no prazo mínimo de 60 dias antes do plantio (Sousa, 1999; Alvarez V. & Pereira, 2005).

Além dos fatores mencionados, o método escolhido deve considerar a manutenção dos valores de pH na faixa mais adequada para a cultura (4,5 a 5,5), pois, valores de pH elevados favorecem o desenvolvimento de microrganismos patogênicos, a exemplo de fungos do gênero *Phytophthora* (Silva, 1999), além de contribuírem para redução da disponibilidade e absorção de micronutrientes catiônicos (Sousa et al., 1986).

As recomendações de calagem para o abacaxizeiro nas diferentes regiões produtoras do País são feitas, utilizando-se diferentes métodos. Todavia, na primeira versão do FERTCALC[®]-Abacaxi, serão utilizados os métodos da neutralização do Al^{3+} e da elevação dos teores de Ca^{2+} e de Mg^{2+} (Alvarez V. & Ribeiro, 1999) e da saturação por bases (Quaggio & van Raij, 1996).

No primeiro método, são consideradas características do solo e as exigências da cultura, sendo a NC obtida a partir da seguinte expressão:

$$\text{NC} = Y [\text{Al}^{3+} - (m_t \cdot t/100)] + [X - [(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]] \quad (\text{Eq. 14})$$

em que,

NC = necessidade de calagem, em t/ha;

Y = valor relacionado à capacidade tampão do solo;

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

m_t = saturação por Al^{3+} tolerada pela cultura, em %;

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

X = valor relacionado à exigência da cultura em Ca e Mg, em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$.

Procura-se corrigir a acidez do solo, considerando-se a susceptibilidade ou a tolerância da cultura à acidez trocável, bem como a máxima saturação por Al^{3+} tolerada pela cultura (m_t) e a capacidade tampão do solo (Y); objetiva-se, também, elevar a disponibilidade de Ca e de Mg de modo a suprir as exigências da cultura (X).

Para o abacaxizeiro, o valor de m_t adotado é de 15 % e X é igual a 2,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. O valor de Y é variável com a capacidade tampão da acidez do solo, podendo ser estimado em função do P_{rem} (Alvarez V. & Ribeiro, 1999).

$$\hat{Y} = 4,002 - 0,125901 P_{\text{rem}} + 0,001205 (P_{\text{rem}})^2 - 0,00000362 (P_{\text{rem}})^3 \quad R^2 = 0,999 \quad (\text{Eq. 15})$$

em que, P_{rem} é expresso em mg/L.

Quando não se dispõe do valor de P_{rem} do solo, na análise, pode-se estimar esse valor em função do teor de argila, com base na equação obtida por Freire (2001).

$$P_{\text{rem}} = 52,44 - 0,9646^{**} \text{ Arg} + 0,005^{**} \text{ Arg}^2 \quad R^2 = 0,75 \quad (\text{Eq. 16})$$

em que, P_{rem} é expresso em mg/L e Arg é o teor de argila, em %.

No método da saturação por bases, procura-se elevar o valor de saturação por bases atual do solo (V_a) para um valor esperado (V_e), corrigindo-se, assim, o pH para um valor considerado adequado para a cultura. Para o abacaxizeiro, utiliza-se o valor de 50 % para V_e e procura-se manter o teor de Mg^{2+} acima de $0,6 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (Sousa, 1999).

O valor da NC por este método é determinado pela seguinte expressão:

$$\text{NC} = T(V_e - V_a)/100 \quad (\text{Eq. 17})$$

em que,

NC = necessidade de calagem, em t/ha;

$T = \text{CTC a pH } 7 = \text{SB} + (\text{H} + \text{Al})$, em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$;

SB = soma de bases = $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$, em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$;

V_a = saturação por bases atual do solo = $100 \times \text{SB}/T$, em %; e

V_e = saturação por bases esperada para a cultura.

Após determinar a NC pelos dois métodos, adota-se a estratégia apresentada a seguir, para escolha da NC para a cultura (Alvarez V. & Pereira, 2005)

- a) Define-se a menor recomendação entre os dois métodos (NCMEN);
- b) Define-se a maior recomendação entre os dois métodos (NCMAI);
- c) Determina-se a NC limitada pelo requerimento da cultura (RC) (NCRC). Para isto, a NCMEN deve ser $\geq$ NCRC. Se a $\text{NCMEN} < \text{NCRC}$, então, a NCRC será igual a NCMAI;
- d) Determina-se a NC limitada entre o requerimento da cultura (NCRC) e a CTC pH 7 (T) (NCERCT). Para isto a NCRC deve ser $< T$. Se a $\text{NCLRC} \geq T$ escolhe-se T.

Para estimar o incremento nos valores de pH para cada t/ha de CaCO₃ aplicada, utiliza-se a equação ajustada por Mello (2000).

$$\hat{y} = -0,0234647 + 1,49415^{**} (1/x) \quad R^2 = 0,81 \quad (\text{Eq. 18})$$

em que, $\hat{y}$ é o incremento estimado no valor de x em decorrência da adição de cada t/ha de CaCO₃ (PRNT = 100 %); e X é a acidez potencial do solo (H + Al), expressa em cmol_c/dm³. O pH final do solo é obtido, multiplicando o valor de $\hat{y}$ pelo valor de NC e, depois, somando-se o resultado ao valor inicial de pH.

O suprimento de Ca e, ou de Mg no FERTCALC[®]-Abacaxi pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\text{SUP}_{\text{calagem}} = \text{QC} \times \text{T(Ox.)}_{\text{calcário}} \times f \times 1.000 \quad (\text{Eq. 19})$$

em que,

SUP_{calagem} = quantidade de Ca e de Mg suprida pela calagem, em kg/ha;

QC = quantidade de calcário utilizada, em t/ha;

T(Ox.)_{calcário} = teor de CaO ou de MgO no calcário, em %;

f = fator de conversão da forma de óxido para a forma elementar, sendo igual a 0,7142 e 0,6029 para Ca e Mg, respectivamente; e

1.000 = fator de conversão de unidades, de t/ha para kg/ha.

Suprimento pelo solo

Para quantificar o suprimento de nutrientes pelo solo, o FERTCALC[®]-Abacaxi necessita de informações sobre a profundidade efetiva do sistema radicular do abacaxizeiro e da taxa de recuperação dos nutrientes aplicados ao solo.

O sistema radicular do abacaxizeiro é, em geral, superficial e compacto, com 95 % das raízes localizadas nos 20 cm superficiais do solo (Inforzato et al., 1968), sendo, portanto, esta profundidade adotada no FERTCALC[®]-Abacaxi.

Em relação às taxas de recuperação pelos extratores, existe grande influência da capacidade tampão do solo para P, S e Zn e, eventualmente, para K, B e P extraídos pela resina (Possamai, 2003). Por outro lado, as taxas de Ca, Mg sofrem pequena ou desprezível influência da capacidade tampão do solo, enquanto, para os micronutrientes, as taxas de recuperação relacionam-se com os valores de P-rem, teores de argila e de matéria orgânica (Quadro 12).

Quadro 12 - Equações e taxas de recuperação pelo extrator do nutriente aplicado ao solo (TR), em mg/dm³/mg/dm³, variável, ou não, com o extrator, teor de argila (Arg), em %, teor de matéria orgânica (MO), em dag/kg, e valores de P_{rem}, em mg/L

Nutriente	Extrator	Equação	R ²
Fósforo ^{1/}	Mehlich-1	TR _P = 0,0672821 + 0,012165** P-rem	0,68
	Resina	TR _P = 0,419*** P _{rem} ^{0,128099}	0,69
Potássio ^{1/}	Mehlich-1	TR _K = 0,6555 + 0,0068**P-rem, $\forall 1 \leq P\text{-rem} \leq 40$	0,74
	Resina	TR _K = 0,6619 + 0,014355* P-rem - 0,00364° P-rem ²	0,75
Cálcio ^{1/}	KCl 1 mol/L	TR _{Ca} = 0,7661	-
Magnésio ^{1/}	KCl 1 mol/L	TR _{Mg} = 0,7990	-
Enxofre ^{1/}	Ca(H ₂ PO ₄) + HOAc	TR _S = 0,04 + 0,0057**P-rem	0,95
Boro ^{1/}	Água quente	TR _B = 0,1726 + 0,02693 P-rem ^{0,5} + 0,00696188*P-rem - 0,0007568* P-rem ^{1,5}	0,63
	CaCl ₂	TR _B = 0,49 - 0,0441***MO + 0,0045*P-rem	0,61
Cobre ^{2/}	Mehlich-1	TR _{Cu} = 1,05 - 0,0046** Arg - 0,0851***MO	0,84
	DTPA	TR _{Cu} = 0,81 - 0,0058***Arg - 0,0347*MO	0,76
Ferro ^{3/}	Mehlich-1	TR _{Fe} = 0,409	-
	DTPA	TR _{Fe} = 0,192	-
Manganês ^{3/}	Mehlich-1	TR _{Mn} = 0,881	-
	DTPA	TR _{Mn} = 0,694	-
Zinco ^{2/}	Mehlich-1	TR _{Zn} = 0,360254 - 0,002338 P-rem + 0,0001198** P-rem ²	0,93
	DTPA	TR _{Zn} = 0,48 - 0,0040**Arg	0,31

Fonte: ^{1/}Possamai (2003), ^{2/}Santos Neto (2003) e ^{3/}Aspiázú (2004)
 °, *, **, *** significativo a 10, 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

O suprimento de nutrientes pelo solo pode ser determinado, utilizando-se a seguinte expressão:

$$\text{SUP}_{\text{solo}} = (\text{TAS}/\text{TR}) \times \text{PER} \quad (\text{Eq. 20})$$

em que,

SUP_{solo} = quantidade do nutriente suprida pelo solo na camada delimitada pela profundidade efetiva do sistema radicular do abacaxizeiro, em kg/ha;

TAS = teor na análise de solo do nutriente disponível, em mg/dm^3 ;

TR = estimativa da taxa de recuperação pelo extrator do nutriente “X” aplicado ao solo via fertilizante, em $\text{mg}/\text{dm}^3 / \text{mg}/\text{dm}^3$; e

PER = profundidade efetiva do sistema radicular, em dm.

Suprimento pela matéria orgânica do solo

Para estimar o suprimento de N pela matéria orgânica do solo, utiliza-se a equação de cinética de mineralização da matéria orgânica para os solos brasileiros, desenvolvida por Parentoni et al. (1988) e Vasconcelos et al. (1999).

$$\text{SUP (N)}_{\text{solo}} = (\text{M}_{\text{solo}} \times \text{N}_{\text{total}} \times 1,48/100) e^{0,006t} \quad (\text{Eq. 21})$$

$$\text{M}_{\text{solo}} = 1.000 \times 1.000 \times \text{PER} \times \text{d.s.} \quad \text{e} \quad \text{N}_{\text{total}} = [\text{T}_{\text{MOS}} (58/100)/20]/1.000$$

em que,

$\text{SUP (N)}_{\text{solo}}$ = suprimento de N pelo solo durante o ciclo do abacaxizeiro, em kg/ha;

M_{solo} = massa de solo na camada delimitada pela profundidade efetiva do sistema radicular do abacaxizeiro, em kg/ha;

N_{total} = nitrogênio total do solo, em kg/kg de solo;

1,48 = fração do N potencialmente mineralizável a partir do N total, em %;

PER = profundidade do sistema radicular do abacaxizeiro, em dm;

d.s. = densidade do solo, em kg/dm^3 ;

T_{MOS} = teor de matéria orgânica do solo, em g/kg; e

t = tempo, em dias.

A maior demanda de N pelo abacaxizeiro ocorre entre o 6º e 12º mês após o plantio, período em que 53 % do N total é absorvido, coincidindo com o crescimento do sistema radicular da planta, havendo queda acentuada na absorção entre 15 e 18 meses após o plantio (França, 1976). No FERTCALC®-Abacaxi, será adotado o tempo de 210 dias, considerando-se que, em média, até sete meses, a absorção de N pela cultura ainda é suprida em grande parte pela fração orgânica do solo. Após este período, ocorre intensificação do crescimento vegetativo da planta, o que coincide com o aumento no fornecimento de N via fertilizantes minerais.

Suprimento pelos resíduos orgânicos

No FERTCALC®-Abacaxi, contabiliza-se a contribuição dos resíduos orgânicos do abacaxizeiro como fonte supridora de nutrientes para os cultivos subsequentes. Todavia, existe diferença no suprimento de nutrientes para a cultura pelos resíduos orgânicos em função dos cultivos, pois, somente a partir do segundo ciclo é que surgem os resíduos da própria cultura, que fornecerão nutrientes para os ciclos posteriores.

No primeiro ciclo, os resíduos não são do abacaxizeiro e, assim, para estimar o suprimento de nutrientes pelos resíduos orgânicos, deve-se conhecer a quantidade de matéria seca da cultura antecessora que foi restituída ao solo, o teor de nutrientes na matéria seca e a fração de cada nutriente nos resíduos que poderá ser, potencialmente, mineralizada durante o ciclo do abacaxizeiro.

Na primeira versão do FERTCALC® - Abacaxi, serão utilizadas informações sobre produção de matéria seca, teores e taxas de liberação de nutrientes na matéria seca para leguminosas, gramíneas e espontâneas, compilados a partir dos trabalhos de Freire (2001), Santos (2002), Oliveira (2002) e Possamai (2003) (Quadros 13 e 14). Acrescentam-se informações sobre os resíduos culturais da cana-de-áçúcar, devido à predominância da abacaxicultura em solos de Tabuleiros Costeiros, ocupando, em sucessão, áreas tradicionalmente destinadas à atividade canavieira. Futuras versões do FERTCALC®-Abacaxi deverão contemplar a contribuição dos resíduos provenientes de espécies arbóreas, tendo em vista a inclusão do abacaxizeiro, em sistemas agroflorestais, como cultura intercalar.

Apesar da importância dos resíduos orgânicos do abacaxizeiro para manter a fertilidade do solo e como fonte de nutrientes, as recomendações técnicas em algumas regiões do País, sugerem, por motivos de ordem fitossanitária e para facilitar o preparo do solo para o cultivo subsequente, a remoção e posterior queima dos resíduos orgânicos da cultura (Almeida et al., 2004).

Quadro 13 - Produção de matéria seca e teores médios de macro e de micronutrientes de resíduos orgânicos de gramíneas, leguminosas, cana de açúcar e vegetação espontânea

Cultura	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	t/ha	-----dag/kg-----						-----mg/kg-----				
Gramíneas ^{2,3,4/}	7,40	1,2	0,17	1,9	0,3	0,2	0,2	19,5	9,8	383	144	25
Leguminosas ^{2,3,4/}	6,63	2,2	0,2	1,9	1,2	0,5	0,3	50	15	154	114	35
Cana planta ^{1/}	30,0	0,61	0,07	0,89	0,50	0,15	0,18	11	12	981	150	28
Cana soca ^{1/}	35,0	0,63	0,08	1,02	0,33	0,14	0,17	11	12	981	150	28
Veg. Espont ^{2,3,4/}	4,00	0,8	0,15	1,5	1,2	0,4	0,3	50	15	154	115	35

Fonte: ^{1/}Freire (2001), ^{2/}Santos (2002), ^{3/}Oliveira (2002); ^{4/}Possamai (2003)

Quadro 14 - Taxa de liberação dos nutrientes dos resíduos orgânicos (TL), por ciclo, para gramíneas, leguminosas e cana de açúcar

Valor	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----kg/kg-----										
TL gramíneas ^{2,3,4/}	0,75	0,60	0,85	0,53	0,47	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
TL leguminosas ^{2,3,4/}	0,95	0,80	0,95	0,73	0,67	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
TL cana planta ^{1/}	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
TL cana soca ^{1/}	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
TL espontâneas ^{2,3,4/}	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Fonte: ^{1/}Freire (2001), ^{2/}Santos (2002), ^{3/}Oliveira (2002); ^{4/}Possamai (2003)

A quantidade de nutrientes imobilizada nos resíduos orgânicos do abacaxizeiro é alta, pois, mais de 90 % da matéria seca da porção vegetativa retornará ao solo após a colheita dos frutos e mudas, por meio da incorporação de raízes, caule, pedúnculo e folhas (Py et al., 1984), sendo estas quantidades influenciadas, em parte, pela aplicação de fertilizantes durante o ciclo da cultura (Malézieux & Bartholomew, 2003). A quantidade de resíduos orgânicos produzida pela cultura do abacaxizeiro pode variar entre 70 e 240 t/ha, com base em massa de matéria fresca e entre 40 e 60 t/ha com base na matéria seca (Bezerra et al., 1995).

Para estimar o suprimento de nutrientes pelos resíduos orgânicos do abacaxizeiro a partir do segundo ciclo, é necessário fornecer ao Sistema a quantidade de resíduos incorporada ao solo após o ciclo anterior, os teores de nutrientes na matéria seca dos resíduos e a fração desses nutrientes, que será mineralizada no período entre o final do ciclo anterior e o atual ciclo de produção.

Para determinar a quantidade de resíduos produzida no ciclo anterior, substitui-se nas equações, que relacionam produtividade e matéria seca (Quadro 7), a produtividade obtida no ciclo anterior, multiplicando-se o valor obtido pelo fator 0,95, visando descontar a contribuição da matéria seca das mudas. A quantidade de nutrientes restituída pelos resíduos orgânicos é obtida, multiplicando-se a quantidade de matéria seca dos resíduos pelos respectivos teores de nutrientes (Quadro 15).

A próxima variável a ser incluída no Sistema é a fração dos nutrientes que será mineralizada no período entre os ciclos. Dados obtidos por Malézieux & Bartholomew (2003) indicam que, aproximadamente, 89 % dos resíduos depositados na superfície do solo mineralizam num período de 35 semanas sem, no entanto, referirem à taxa de liberação dos nutrientes. Assim, devido à carência de dados específicos, serão utilizados na primeira versão os valores adotados por Oliveira et al. (2005) para a cultura da bananeira (Quadro 15). Esta é outra lacuna a ser preenchida pela pesquisa, visando refinar as recomendações em futuras versões.

Multiplicando-se a quantidade de nutrientes na matéria seca dos resíduos a ser restituída ao solo pelo seu valor de mineralização (FM), obtém-se a quantidade desse nutriente proveniente dos resíduos orgânicos do abacaxizeiro a ser fornecida ao solo.

Quadro 15 - Teor e fração de mineralização (FM) de nutrientes nos resíduos orgânicos adotados no FERTCALC[®]-Abacaxi

Nutriente	Teor ^{1/}	FM ^{2/}	Nutriente	Teor ^{1/}	FM ^{2/}
	----dag/kg-----	---kg/kg---		----mg/kg-----	-----kg/kg----
N	1,03	0,65 ± 0,13	B ^{3/}	26,0	0,50 ± 0,10
P	0,19	0,60 ± 0,12	Cu	10,0	0,25 ± 0,10
K	1,94	0,85 ± 0,17	Fe	180,0	0,25 ± 0,10
Ca	0,31	0,55 ± 0,11	Mn	270,0	0,25 ± 0,10
Mg	0,19	0,55 ± 0,11	Zn	30,0	0,30 ± 0,06
S ^{4/}	0,23	0,60 ± 0,12			

Fonte: ^{1/} Ingamels (1981); ^{2/} Oliveira et al. (2005); ^{3/} Almeida et al. (2004); ^{4/} Wayman et al. (1976)

3.1.3. Balanço nutricional

Estabelecidos o requerimento de nutrientes pela cultura do abacaxizeiro, para atingir a produtividade a ser efetivamente alcançada e o suprimento de nutrientes provenientes do solo, dos resíduos orgânicos, da matéria orgânica (apenas para N) e da calagem (para Ca e Mg), gera-se um balanço nutricional, que definirá a necessidade ou não de se aplicar fertilizantes. Caso o balanço seja negativo ou igual a zero ($REQ \leq SUP$), não se recomenda aplicar fertilizantes, mas se o mesmo for positivo ($REQ > SUP$), recomenda-se a aplicação de fertilizantes.

$$BN = REQ_{total} - SUP_{total} \quad (Eq. 22)$$

em que,

BN = balanço nutricional para o nutriente “X”, em kg/ha;

REQ_{total} = requerimento total do nutriente “X” para a produtividade a ser efetivamente alcançada e dose de sustentabilidade, em kg/ha;

SUP_{total} = suprimento total do nutriente “X”, em kg/há.

3.1.4. Adubação das socas

Em razão do caráter semiperene, o abacaxizeiro emite, ao final do primeiro ciclo, uma ou mais muda do tipo rebentão, as quais mantêm-se aderidas à planta-mãe e, ao crescerem se desenvolve, formam a soca, isto é, uma nova planta que passa por um novo ciclo, produzindo, ao final deste, um novo fruto e mudas (Cunha & Cabral, 1999).

O aproveitamento da soca do abacaxizeiro nas principais regiões produtoras do País, é bastante reduzido e limita-se às áreas destinadas ao cultivar Smooth Cayenne, embora haja viabilidade econômica da soca do cultivar Pérola (Alves et al., 1998). A redução do ciclo e dos custos de produção são os principais aspectos atrativos à exploração das socas (Siqueira & Botrel, 1985).

Os aspectos determinantes que motivam, ou não, o aproveitamento da soca na cultura do abacaxizeiro, são: produção e qualidade de frutos inferiores ao primeiro cultivo, desuniformidade na emissão de rebentões, problemas fitossanitários, outros destinos aos restos culturais de interesse mais imediato para os produtores, a exemplo

da utilização como ração animal, além da forma de acesso à terra pelos produtores (Py et al., 1984; Choairy, 1992).

A viabilidade econômica das socas depende da boa condução da cultura, das condições fitossanitárias e da produção elevada no primeiro ciclo. As práticas culturais são as mesmas dispensadas para o primeiro cultivo, com ênfase especial no controle fitossanitário e na adubação (Alves et al., 1998).

As recomendações gerais para a adubação das socas indicam redução de 50 % das doses e prioridade para a adubação nitrogenada (Siqueira & Botrel, 1985). Py et al. (1984) sugerem que as doses aplicadas nas socas devem representar 60 % daquelas utilizadas no primeiro, embora Model & Sander (2000) não observaram respostas da soca do abacaxizeiro Pérola, em função da adubação NPK.

A densidade de plantio e a produtividade a ser alcançada no segundo cultivo são aspectos, também, importantes a serem considerados na adubação das socas. Segundo Abraão et al. (1980), há redução de 25 % no número de plantas da primeira soca, em relação ao primeiro cultivo. Quanto à produtividade, Reinhardt et al. (2002) afirmam que ocorre, em média, redução de 51 % na produtividade para o cultivar Pérola e de 67 % para o cultivar Smooth Cayenne. Siqueira & Botrel (1985) consideram percentual satisfatório, quando a produtividade da soca situa-se entre 60 e 70 % daquela obtida no primeiro cultivo.

No FERTCALC[®]-Abacaxi, a recomendação de adubação para a soca é feita, utilizando-se a mesma estrutura e a seqüência de cálculos apresentada para o primeiro cultivo, com pequenas alterações, relacionadas às reduções na produtividade e na densidade, durante o segundo cultivo.

A produtividade a ser alcançada no cultivo da soca é obtida, multiplicando-se a densidade efetiva no primeiro cultivo pelo fator 0,75, que representa o percentual de redução na população de plantas das socas em relação ao primeiro cultivo. Em seguida, multiplica-se o número de plantas a serem conduzidas na soca pelo peso dos frutos que se deseja produzir, obtendo-se a produtividade a ser efetivamente alcançada. Não são adotadas correções para a classe de frutos, por considerar que existe um efeito compensatório entre este fator e as reduções na produtividade, os quais são da ordem de 30 a 40 % (Siqueira & Botrel, 1985; Reinhardt et al., 2002).

Obviamente, os fatores de correção sugeridos para a primeira versão não são fixos e necessitam futura avaliação, podendo o usuário alterá-los de acordo com uma inspeção, feita após a primeira colheita, na qual devem-se averiguar os aspectos referentes à uniformidade, vigor e sanidade das plantas, assim como a viabilidade econômica do segundo cultivo.

Os teores de nutrientes nos diferentes órgãos do abacaxizeiro, a serem adotados na soca, são os mesmos utilizados no primeiro cultivo, assim como os valores das taxas de recuperação de nutrientes pela planta e pelos extratores (Quadros 11 e 12). Entretanto, no cálculo do balanço nutricional para a soca, o fornecimento de nutrientes pelos resíduos orgânicos da cultura não é contabilizada, uma vez que os frutos serão produzidos na mesma planta que originou a produção no primeiro cultivo.

O suprimento de nutrientes pelo solo deverá ser quantificado, a partir dos resultados de uma nova análise de solo após a primeira colheita. A amostragem deve ser feita a uma profundidade de 0-20 cm e as unidades de amostras deverão estar distanciadas a 5 cm da base da planta a ser conduzida no segundo ciclo. Em razão do ciclo mais curto da soca, em relação ao primeiro cultivo, o tempo de absorção de N será reduzido para 100 dias. As recomendações não contemplam a calagem por considerar-se que a mesma foi realizada no cultivo anterior, porém, adota-se, adota o mesmo critério de sustentabilidade utilizado para o primeiro cultivo.

4. UTILIZAÇÃO DO SISTEMA

A utilização do FERTCALC[®]-Abacaxi baseou-se em simulações com o Sistema, desenvolvido de modo a avaliar sua estrutura e desempenho. As simulações consistiram de: exemplos de cálculos, incluindo as variações dos fatores cultivares, peso do fruto, sistema e densidade de plantio; comparação das doses recomendadas pelo Sistema com aquelas das tabelas de adubação dos principais Estados produtores; e análise de sensibilidade para identificar variáveis, que promovem as maiores alterações nas doses recomendadas pelo Sistema.

4.1.Exemplo de cálculos

Para efeito de cálculos e obtenção das recomendações pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, foram utilizados, como exemplo, resultados analíticos da amostra de solo apresentados no Quadro 16.

No primeiro exemplo, objetiva-se produzir frutos do cultivar Pérola, pesando 1,2 kg, numa área sob terceiro cultivo, que produziu na safra anterior 35 t/ha. O plantio foi feito em sistema de fileira simples e espaçamento de 0,80 × 0,30 m, adotando-se nível tecnológico médio.

Utilizando as relações entre peso do fruto, sistema e densidade de plantio (Quadro 2) e a Equação 5, determina-se a produtividade a ser alcançada, 52 t/ha, o que resulta numa produção de matéria seca de 7,8 t/ha.

Quadro 16 - Resultados analíticos de uma amostra de solo realizada no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa

Característica	Resultado	Extrator
pH	4,70	Água (1:2,5)
P (mg/dm ³)	3,80	Mehlich-1
K (mg/dm ³)	21,0	Mehlich-1
Ca (cmol _c /dm ³)	1,50	KCl 1 mol/L
Mg (cmol _c /dm ³)	0,38	KCl 1 mol/L
Al (cmol _c /dm ³)	1,30	KCl 1 mol/L
H + Al (cmol _c /dm ³)	8,90	Acetato de Ca 0,5 mol/L – pH 7,0
SB (cmol _c /dm ³)	1,93	-
t (cmol _c /dm ³)	3,23	-
T (cmol _c /dm ³)	10,83	-
V (%)	17,82	-
m (%)	36,0	-
S (mg/dm ³)	2,50	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ em HOAc (1:2,5)
B (mg/dm ³)	0,40	Água quente
Cu (mg/dm ³)	0,10	Mehlich-1
Fe (mg/dm ³)	50,8	Mehlich-1
Mn (mg/dm ³)	8,50	Mehlich-1
Zn (mg/dm ³)	1,10	Mehlich-1
P _{rem-60} (mg/L)	33,3	CaCl ₂ 10 mmol/L
M.O. (g/kg)	20,0	Método Walkley-Black

4.1.1. Requerimento de nutrientes

O requerimento de nutrientes pela cultura é determinado com base na demanda nutricional da planta e na demanda de sustentabilidade.

Demanda nutricional

Substituindo o valor da produtividade a ser efetivamente alcançada (52 t/ha), na equação que relaciona produtividade e produção de matéria seca total (Quadro 7), estima-se a quantidade de matéria seca a ser produzida pela planta para alcançar essa produtividade.

$$\text{MST} = 6,79 + 0,23 \times 52 = 18,75 \text{ t/ha} = 18.750 \text{ kg/ha}$$

Adotando as relações percentuais de distribuição de matéria seca entre as diferentes partes da planta de abacaxizeiro para o cultivar Pérola (Quadro 8), determina-se a matéria seca alocada em cada componente:

$$MS_{\text{raízes}} = MS_{\text{total}} \times FMS_{\text{alocada-raízes}} / 100$$

$$MS_{\text{raízes}} = 18.750 \times 4,0 / 100$$

$$MS_{\text{raízes}} = 750 \text{ kg/ha}$$

$$MS_{\text{caule}} = MS_{\text{total}} \times FMS_{\text{alocada-caule}} / 100$$

$$MS_{\text{caule}} = 18.750 \times 18,0 / 100$$

$$MS_{\text{caule}} = 3.375 \text{ kg/ha}$$

$$MS_{\text{folhas}} = MS_{\text{total}} \times FMS_{\text{alocada-folhas}} / 100$$

$$MS_{\text{folhas}} = 18.750 \times 68,0 / 100$$

$$MS_{\text{folhas}} = 12.750 \text{ kg/ha}$$

$$MS_{\text{pedúnculo}} = MS_{\text{total}} \times FMS_{\text{alocada-pedúnculo}} / 100$$

$$MS_{\text{pedúnculo}} = 18.750 \times 4,0 / 100$$

$$MS_{\text{pedúnculo}} = 750 \text{ kg/ha}$$

$$MS_{\text{mudas}} = MS_{\text{total}} \times FMS_{\text{alocada-mudas}} / 100$$

$$MS_{\text{mudas}} = 18.750 \times 6,0 / 100$$

$$MS_{\text{mudas}} = 1.125 \text{ kg/ha}$$

$$MS_{\text{frutos}} = PEF \times f$$

$$MS_{\text{frutos}} = 52.000 \times 0,15$$

$$MS_{\text{frutos}} = 7.800 \text{ kg/ha}$$

Multiplicando a quantidade de matéria seca de cada compartimento da planta pelos teores de macro e micronutrientes (Quadro 9), determina-se a demanda nutricional para alcançar a produtividade esperada. A soma das demandas de nutrientes na raiz, caule, folhas e pedúnculo resulta na demanda de nutrientes pelos componentes a serem restituídos ao solo, enquanto a soma das demandas de nutrientes pelos frutos e pelas mudas representa a demanda por componentes a serem exportados.

Somando as demandas de nutrientes dos componentes a serem restituídos e exportados, têm-se as quantidades de nutrientes imobilizados pela cultura para atingir a produtividade estabelecida, ou seja, a demanda pela planta:

$$\begin{aligned} \text{DEM (X)}_{\text{planta}} &= \text{DEM}_{\text{restituída}} + \text{DEM}_{\text{exportada}} \\ \text{DEM (N)}_{\text{planta}} &= 252,04 + 47,51 = 299,54 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (P)}_{\text{planta}} &= 17,89 + 6,48 = 24,37 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (S)}_{\text{planta}} &= 45,86 + 10,94 = 56,80 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (K)}_{\text{planta}} &= 399,94 + 51,76 = 451,70 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (Ca)}_{\text{planta}} &= 67,69 + 8,62 = 76,31 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (Mg)}_{\text{planta}} &= 36,68 + 5,48 = 42,16 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (B)}_{\text{planta}} &= 0,362 + 0,049 = 0,411 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (Zn)}_{\text{planta}} &= 0,247 + 0,055 = 0,302 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (Cu)}_{\text{planta}} &= 0,112 + 0,029 = 0,141 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (Mn)}_{\text{planta}} &= 2,683 + 0,202 = 2,885 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (Fe)}_{\text{planta}} &= 1,347 + 0,284 = 1,631 \text{ kg/ha} \end{aligned}$$

Demanda de sustentabilidade

O requerimento de nutrientes pela planta depende, também, da demanda de sustentabilidade (DEM_{sust}), que corresponde, na primeira versão do FERTCALC[®]-Abacaxi, à fração da demanda para os componentes da planta a serem exportados (frutos e mudas) ($\text{FDEM}_{\text{exportada}}$), ou seja, 40 % no caso de N e 60 % para os demais nutrientes.

$$\begin{aligned} \text{DEM (N)}_{\text{sust}} &= \text{DEM}_{\text{exportada}} \times \text{FDEM}_{\text{exportada}}/100 \\ \text{DEM (N)}_{\text{sust}} &= 47,51 \times 40/100 = 19,0 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (P)}_{\text{sust}} &= 6,48 \times 60/100 = 4,61 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (S)}_{\text{sust}} &= 10,94 \times 60/100 = 6,56 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (K)}_{\text{sust}} &= 51,77 \times 60/100 = 31,06 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (Ca)}_{\text{sust}} &= 8,62 \times 60/100 = 5,17 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (Mg)}_{\text{sust}} &= 5,48 \times 60/100 = 3,28 \text{ kg/ha} \\ \text{DEM (B)}_{\text{sust}} &= 0,049 \times 60/100 = 0,029 \text{ kg/ha} \end{aligned}$$

$$\text{DEM (Zn)}_{\text{sust}} = 0,055 \times 60/100 = 0,032 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (Cu)}_{\text{sust}} = 0,029 \times 60/100 = 0,014 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (Mn)}_{\text{sust}} = 0,202 \times 60/100 = 0,121 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (Fe)}_{\text{sust}} = 0,284 \times 60/100 = 0,170 \text{ kg/ha}$$

A demanda total de nutrientes pela cultura resulta da soma dos valores de $\text{DEM}_{\text{planta}}$ e DEM_{sust}

$$\text{DEM (N)}_{\text{total}} = 299,54 + 19,0 = 318,54 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (P)}_{\text{total}} = 24,37 + 4,61 = 28,98 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (S)}_{\text{total}} = 56,80 + 6,56 = 63,36 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (K)}_{\text{total}} = 451,70 + 31,06 = 482,76 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (Ca)}_{\text{total}} = 76,31 + 5,17 = 81,48 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (Mg)}_{\text{total}} = 42,16 + 3,28 = 45,44 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (B)}_{\text{total}} = 0,411 + 0,029 = 0,440 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (Zn)}_{\text{total}} = 0,302 + 0,032 = 0,334 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (Cu)}_{\text{total}} = 0,141 + 0,014 = 0,155 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (Mn)}_{\text{total}} = 2,885 + 0,121 = 3,006 \text{ kg/ha}$$

$$\text{DEM (Fe)}_{\text{total}} = 1,631 + 0,170 = 1,801 \text{ kg/ha}$$

Como a planta de abacaxizeiro não consegue absorver toda essa quantidade de nutrientes, isso significa que o requerimento precisa ser maior que a demanda, razão pela qual torna-se necessário estimar a taxa de recuperação de nutrientes pela planta. Para isso, utilizam-se as taxas de recuperação pela planta (Quadro 11) e os valores de demanda nutricional obtidos anteriormente.

A relação entre a demanda pela planta mais a de sustentabilidade e a taxa de recuperação de nutrientes determina o requerimento total pela planta, representando,

assim, a quantidade de nutriente necessária para atender a demanda total pela cultura, a fim de atingir a produtividade a ser efetivamente alcançada.

$$\text{REQ (N)}_{\text{total}} = 318,54 \times 100 / 67,77 = 470,10 \text{ kg/ha}$$

$$\text{REQ (P)}_{\text{total}} = 28,25 \times 100 / 42,00 = 67,28 \text{ kg/ha}$$

$$\text{REQ (S)}_{\text{total}} = 63,35 \times 100 / 59,0 = 107,38 \text{ kg/ha}$$

$$\text{REQ (K)}_{\text{total}} = 482,76 \times 100 / 60,37 = 799,71 \text{ kg/ha}$$

$$\text{REQ (Ca)}_{\text{total}} = 81,47 \times 100 / 60,00 = 135,79 \text{ kg/ha}$$

$$\text{REQ (Mg)}_{\text{total}} = 45,44 \times 100 / 52,00 = 87,39 \text{ kg/ha}$$

$$\text{REQ (B)}_{\text{total}} = 0,440 \times 100 / 18,00 = 2,44 \text{ kg/ha}$$

$$\text{REQ (Zn)}_{\text{total}} = 0,334 \times 100 / 7,00 = 5,00 \text{ kg/ha}$$

$$\text{REQ (Cu)}_{\text{total}} = 0,159 \times 100 / 10,00 = 1,59 \text{ kg/ha}$$

$$\text{REQ (Mn)}_{\text{total}} = 3,000 \times 100 / 20,00 = 15,00 \text{ kg/ha}$$

$$\text{REQ (Fe)}_{\text{total}} = 1,800 \times 100 / 10,00 = 18,00 \text{ kg/ha}$$

4.1.2. Suprimento de nutrientes

Os valores de $\text{REQ}_{\text{total}}$ correspondem às doses dos nutrientes que deveriam ser aplicadas, caso o fertilizante fosse a única fonte de nutrientes para a cultura. Porém, como a planta pode também absorver nutrientes oriundos de outras fontes, o FERTCALC[®]-Abacaxi estima a quantidade de nutrientes suprida pela calagem, pela matéria orgânica, pelo solo e pelos resíduos orgânicos, que juntos representam o suprimento total de nutrientes.

Calagem

Inicialmente o FERTCALC[®]-Abacaxi calcula a NC pelos métodos da neutralização do Al^{3+} e da elevação dos teores de Ca e de Mg^{2+} (Alvarez V. & Ribeiro, 1999) e da saturação por bases (Quaggio & van Raij, 1996).

Pelo primeiro método, a NC é dada por

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

Para o valor de P_{rem} do solo em questão igual a 33,3 mg/L, o valor de Y é 1,21 e, adotando-se os valores de $m_t = 15 \%$, $X = 2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, encontra-se um valor de $CA = 0,99 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e de $CD = 0,12 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Como ambos valores são positivos, a NC é obtida, somando-se os respectivos valores, resultando em $1,11 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, o que corresponde a 1,11 t/ha de calcário com $PRNT = 100 \%$.

Pelo método da saturação por bases, a NC é dada por $NC = 0,5 T - SB$, pois, considera-se $V_e = 50 \%$, o que resulta um valor de $NC = 3,48 \text{ t/ha}$ de calcário com $PRNT = 100 \%$.

O valor de NC a ser adotado no FERTCALC[®] - Abacaxi será aquele que, além de satisfazer os critérios estabelecidos, mantém o pH do solo abaixo de 5,5. Pelos critérios adotados, recomenda-se para esse solo, pelo método da saturação de bases, uma $NC = 3,48 \text{ t/ha}$. Utilizando a equação $\hat{y} = -0,0234647 + 1,49415/8,90$, estimou-se um incremento em 0,1444 unidade de pH para cada t/ha de calcário adicionada e obteve-se um valor final de pH igual a 5,2.

Admitindo que será utilizado um calcário com $PRNT = 81 \%$ a ser aplicado em área total e incorporado na profundidade de 20 cm, a quantidade de calcário a ser aplicada (QC) será:

$QC = NC \times SC/100 \times PF/20 \times 100/PRNT = 3,48 \times 100/100 \times 20/20 \times 100/85 = 4,30 \text{ t/ha}$
 SC é a superfície do solo coberta pela calagem e PF é a profundidade de incorporação do calcário.

Considerando que, o calcário a ser usado, apresenta em sua composição 38 % de CaO e 12 % de MgO, serão adicionados ao solo, respectivamente:

$$SUP (Ca)_{calagem} = QC \times T(Ox.)_{calcário} \times f \times 1.000$$

$$SUP (Ca)_{calagem} = 4,30 \times 38/100 \times 0,7142 \times 1.000$$

$$SUP (Ca)_{calagem} = 1.167 \text{ kg/ha de Ca}$$

$$SUP (Mg)_{calagem} = QC \times T(Ox.)_{calcário} \times f \times 1.000$$

$$SUP (Mg)_{calagem} = 4,30 \times 12/100 \times 0,6029 \times 1.000$$

$$SUP (Mg)_{calagem} = 311 \text{ kg/ha de Mg}$$

Suprimento pela matéria orgânica

Para determinar o suprimento de N pela matéria orgânica do solo, considerou-se: a profundidade do sistema radicular de 2 dm; densidade do solo (d.s.) de 1,2 kg/dm³; e os resultados da análise de solo (Quadro 16).

Deste modo, a quantidade de N estimada a partir do teor de matéria orgânica do solo e do tempo de mineralização de 210 dias será:

$$\text{SUP (N)}_{\text{matéria orgânica}} = (M_{\text{solo}} \times N_{\text{total}} \times 1,48/100) e^{0,006t}$$

$$\text{SUP (N)}_{\text{matéria orgânica}} = (2.400.000 \times 1.044 \times 1,48/100) e^{0,006 \times 210}$$

$$\text{SUP (N)}_{\text{matéria orgânica}} = 72,63 \text{ kg/ha}$$

Suprimento pelo solo

Para os demais nutrientes, a quantidade de nutriente suprida pelo solo é determinada, utilizando-se o teor de nutriente no solo, a taxa de recuperação pelo extrator e a camada de solo explorada efetivamente pelas raízes. Adotando as equações e as taxas de recuperação pelo extrator (Quadro 12) e considerando-se a profundidade efetiva do sistema radicular do abacizeiro de 2 dm, estima-se o suprimento de nutrientes pelo solo.

$$\text{SUP}_{\text{solo}} = (\text{TAS} \times \text{PER}) / \text{TR}$$

$$\text{SUP (N)}_{\text{solo}} = 0$$

$$\text{SUP (P)}_{\text{solo}} = 3,80 \times 2 / 0,47 = 16,10 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (S)}_{\text{solo}} = 2,50 \times 2 / 0,23 = 21,73 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (K)}_{\text{solo}} = 21,0 \times 2 / 0,88 = 47,62 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Ca)}_{\text{solo}} = 1,50 \times 200 \times 2 / 0,76 = 783,19 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Mg)}_{\text{solo}} = 0,38 \times 125 \times 2 / 0,79 = 86,44 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (B)}_{\text{solo}} = 0,40 \times 2 / 0,38 = 2,04 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Zn)}_{\text{solo}} = 1,10 \times 2 / 0,41 = 5,30 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Cu)}_{\text{solo}} = 0,10 \times 2 / 0,78 = 0,26 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Mn)}_{\text{solo}} = 8,50 \times 2 / 0,88 = 19,30 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Fe)}_{\text{solo}} = 50,8 \times 2 / 0,41 = 248,41 \text{ kg/ha}$$

Suprimento pelos resíduos orgânicos

Considerando a produtividade de 35 t/ha do ciclo anterior, a estimativa de produção de matéria seca pela planta (Quadro 7) e os dados referentes aos teores e taxas de mineralização dos nutrientes presentes nos resíduos do abacaxizeiro (Quadro 16), determina-se o suprimento de nutrientes pelos resíduos orgânicos da cultura.

$$\text{SUP (N)}_{\text{resíduos}} = \text{MS}_{\text{resíduos}} (\text{Teor}_{\text{resíduos}} / 100) \text{ FM}$$

$$\text{SUP (N)}_{\text{resíduos}} = 14.357,0 (1,03 / 100) 0,65 = 96,12 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (P)}_{\text{resíduos}} = 14.357,0 (0,19 / 100) 0,60 = 16,37 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (S)}_{\text{resíduos}} = 14.357,0 (0,23 / 100) 0,60 = 19,81 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (K)}_{\text{resíduos}} = 14.357,0 (1,94 / 100) 0,85 = 236,75 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Ca)}_{\text{resíduos}} = 114.357,0 (0,31 / 100) 0,55 = 24,48 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Mg)}_{\text{resíduos}} = 14.357,0 (0,19 / 100) 0,55 = 15,00 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (B)}_{\text{resíduos}} = 14.357,0 (26 / 1.000.000) 0,50 = 0,187 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Zn)}_{\text{resíduos}} = 14.357,0 (30 / 1.000.000) 0,30 = 0,129 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Cu)}_{\text{resíduos}} = 14.357,0 (10 / 1.000.000) 0,25 = 0,036 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Mn)}_{\text{resíduos}} = 14.357,0 (270 / 1.000.000) 0,25 = 0,969 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Fe)}_{\text{resíduos}} = 14.357,0 (180 / 1.000.000) 0,25 = 0,646 \text{ kg/ha}$$

Assim, o suprimento total de nutrientes é obtido, somando-se as quantidades de nutrientes supridas pela calagem, pela matéria orgânica, pelo solo e pelos resíduos orgânicos.

$$\text{SUP}_{\text{total}} = \text{SUP}_{\text{calagem}} + \text{SUP}_{\text{MOS}} + \text{SUP}_{\text{solo}} + \text{SUP}_{\text{res.org}}$$

$$\text{SUP (N)}_{\text{total}} = 0 + 72,63 + 0 + 96,12 = 168,75 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (P)}_{\text{total}} = 0 + 0 + 16,10 + 16,37 = 32,47 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (S)}_{\text{total}} = 0 + 0 + 21,73 + 19,81 = 41,57 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (K)}_{\text{total}} = 0 + 0 + 47,62 + 236,75 = 284,37 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Ca)}_{\text{total}} = 1.167 + 0 + 783,19 + 24,48 = 1.974,86 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Mg)}_{\text{total}} = 311,15 + 0 + 86,44 + 15,00 = 412,59 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (B)}_{\text{total}} = 0 + 0 + 2,09 + 0,187 = 2,28 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Zn)}_{\text{total}} = 0 + 0 + 5,30 + 0,129 = 5,43 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Cu)}_{\text{total}} = 0 + 0 + 0,26 + 0,036 = 0,29 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Mn)}_{\text{total}} = 0 + 0 + 19,30 + 0,969 = 20,27 \text{ kg/ha}$$

$$\text{SUP (Fe)}_{\text{total}} = 0 + 0 + 248,41 + 0,646 = 249,06$$

4.1.3. Balanço nutricional

O balanço nutricional resulta da diferença entre o requerimento total e o suprimento total. Valores positivos para o balanço indicam que o suprimento de nutrientes pelo solo, pelos resíduos orgânicos, pela calagem (para Ca e Mg) e pela matéria orgânica (para N) isoladamente não são suficientes para alcançar a produtividade esperada e, conseqüentemente, haverá necessidade de recomendação de fertilizantes. Valores negativos ou iguais a zero indicam que não há necessidade de recomendação de fertilizantes.

$$\text{BN}_N = 470,19 - 168,75 = 301,40 \text{ kg/ha}$$

$$\text{BN}_P = 67,28 - 32,46 = 34,82 \text{ kg/ha}$$

$$\text{BN}_S = 107,39 - 41,57 = 65,82 \text{ kg/ha}$$

$$\text{BN}_K = 799,72 - 284,37 = 515,35 \text{ kg/ha}$$

$$\text{BN}_{Ca} = 135,79 - 1.974,86 = -1.839,07 \text{ kg/ha}$$

$$\text{BN}_{Mg} = 87,40 - 412,59 = -325,19 \text{ kg/ha}$$

$$\text{BN}_B = 2,41 - 2,28 = 0,13 \text{ kg/ha}$$

$$\text{BN}_{Zn} = 5,01 - 5,43 = -0,42 \text{ kg/ha}$$

$$\text{BN}_{Cu} = 1,60 - 0,29 = 1,31 \text{ kg/ha}$$

$$\text{BN}_{Mn} = 15,03 - 20,27 = -5,24 \text{ kg/ha}$$

$$\text{BN}_{Fe} = 18,01 - 249,06 = -231,05 \text{ kg/ha}$$

No Quadro 17 são apresentados de forma sumariada os cálculos, feitos pelo Sistema para produzir 52 t/ha de frutos do cultivar Pérola, utilizando-se a análise de solo do Quadro 16.

Quadro 17 - Resumo dos cálculos feitos pelo FERTCALC[®] - Abacaxi, para recomendação de calagem e adubação para o abacaxizeiro Pérola em terceiro cultivo, no sistema de fileiras simples, com espaçamento de $0,80 \times 0,30$ m

Nutriente	Dem _{planta} ⁽⁵⁾	Dem _{sust} ⁽⁵⁾	Req _{tot} ⁽⁵⁾	NiCri ⁽¹⁾	Sup _{ror} ⁽⁵⁾	Sup _{cal} ⁽⁵⁾	Sup _{sol} ⁽⁵⁾	Sup _{tot} ⁽⁵⁾	Balanço	Dose ⁽²⁾
	-----kg/ha -----			mg/dm ³	-----kg/ha -----					
N	299,54	19,00	470,19	-	96,12	0	72,63 ⁽³⁾	168,75	301,40	301,0
P	24,37	4,61	67,28	15,9	16,37	0	16,09	32,46	34,82	80,0 ⁽⁴⁾
S	56,80	6,56	107,39	12,3	19,81	0	21,76	41,57	65,82	66,0
K	451,70	31,06	799,72	352,7	236,75	0	47,62	284,37	515,35	621,0 ⁽⁴⁾
Ca	76,31	5,17	135,79	0,26	24,48	1.167,0	783,19	1.974,86	-1.839,07	0
Mg	42,16	3,28	87,40	0,29	15,00	311,0	86,44	412,59	-325,19	0
B	0,41	0,02	2,41	0,46	0,187	0	2,09	2,28	0,13	0,13
Zn	0,30	0,03	5,01	1,04	0,129	0	5,30	5,43	-0,42	0
Cu	0,14	0,01	1,60	0,62	0,036	0	0,26	0,29	1,31	1,31
Mn	2,88	0,12	15,03	6,62	0,969	0	19,30	20,27	-5,24	0
Fe	1,63	0,17	18,01	3,68	0,646	0	248,41	249,06	-231,05	0

⁽¹⁾ O nível crítico no solo (NiCri) é obtido multiplicando-se o quociente entre requerimento pela planta e profundidade efetiva do sistema radicular (2 dm^3) pelos respectivos valores médios ou equações da taxa de recuperação pelo extrator do nutriente aplicado ao solo (Quadro 12); para N não foi possível o estabelecimento de nível crítico, uma vez que não está sendo considerada análise de solo; para Ca e Mg os níveis críticos são expressos em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$; ⁽²⁾ Dose recomendada para produtividade de 52 t/ha de frutos; ⁽³⁾ Suprimento pela matéria orgânica; ⁽⁴⁾ Dose de P_2O_5 e K_2O , respectivamente; ⁽⁵⁾ Dem_{planta} = Demanda pela planta; Dem_{sust} = Demanda de sustentabilidade; Req_{tot} = Requerimento total; Sup_{ror} = Suprimento pelos resíduos orgânicos; Sup_{sol} = Suprimento pelo solo; Sup_{cal} = Suprimento pela calagem; Sup_{tot} = Suprimento total.

Entretanto, considerando que se pretende produzir frutos do cultivar Smooth Cayenne, destinados a indústria, pesando 2,0 kg, a serem produzidos no sistema de fileiras duplas, em área de primeiro cultivo, no espaçamento de $1,20 \text{ m} \times 0,40 \times 0,30$ m, adotando-se o nível tecnológico médio e utilizando a análise de solo (Quadro 16), determinam-se as doses recomendadas (Quadro 18).

Quadro 18 - Resumo dos cálculos feitos pelo FERTCALC® - Abacaxi, para recomendação de calagem e adubação para o abacaxizeiro Smooth Cayenne, em primeiro cultivo, no sistema de fileiras duplas, com espaçamento de $1,20 \times 0,40 \times 0,30$ m

Nutriente	Dem _{planta} ⁽⁵⁾	Dem _{sust} ⁽⁵⁾	Req _{tot} ⁽⁵⁾	NiCri ⁽¹⁾	Sup _{ror} ⁽⁵⁾	Sup _{cal} ⁽⁵⁾	Sup _{sol} ⁽⁵⁾	Sup _{tot} ⁽⁵⁾	Balanço	Dose ⁽²⁾
	-----kg/ha-----			mg/dm ³	-----kg/ha-----					
N	290,32	20,70	456,04	-	0	0	72,63 ⁽³⁾	72,63	383,40	383,0
P	18,55	4,23	53,00	12,52	0	0	16,09	16,09	36,91	84,5 ⁽⁴⁾
S	34,35	3,71	64,51	7,41	0	0	21,76	21,76	42,75	43,0
K	408,83	50,69	752,04	331,63	0	0	47,62	47,62	704,42	849,0 ⁽⁴⁾
Ca	184,05	10,30	323,93	0,62	0	1.167,0	783,19	1.950,40	-1.626,45	0
Mg	75,49	7,08	158,80	0,52	0	311,0	62,63	373,80	-214,98	0
B	0,20	0,02	0,99	0,19	0	0	2,09	2,09	-1,10	0
Zn	0,27	0,03	4,62	0,96	0	0	5,30	5,30	-0,68	0
Cu	0,14	0,01	1,64	0,64	0	0	0,26	0,26	1,39	1,39
Mn	1,66	0,16	9,14	4,03	0	0	19,30	19,30	-10,16	0
Fe	3,58	0,26	38,41	7,85	0	0	248,41	248,41	-210,0	0

⁽¹⁾ O nível crítico no solo (NiCri) é obtido multiplicando-se o quociente entre requerimento pela planta e profundidade efetiva do sistema radicular (2 dm^3) pelos respectivos valores médios ou equações da taxa de recuperação pelo extrator do nutriente aplicado ao solo (Quadro 12); para N não foi possível o estabelecimento de nível crítico, uma vez que não está sendo considerada análise de solo; para Ca e Mg os níveis críticos são expressos em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$; O nível crítico no solo (NiCri) é obtido multiplicando-se o quociente entre requerimento pela planta e profundidade efetiva do sistema radicular (2 dm^3) pelos respectivos valores médios ou equações da taxa de recuperação pelo extrator do nutriente aplicado ao solo (Quadro 12); para N não foi possível o estabelecimento de nível crítico, uma vez que não está sendo considerada análise de solo; para Ca e Mg os níveis críticos são expressos em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$; ⁽²⁾ Dose recomendada para produtividade de 52 t/ha de frutos; ⁽³⁾ Suprimento pela matéria orgânica; ⁽⁴⁾ Dose de P_2O_5 e K_2O , respectivamente; ⁽⁵⁾ Dem_{planta} = Demanda pela planta; Dem_{sust} = Demanda de sustentabilidade; Req_{tot} = Requerimento total; Sup_{ror} = Suprimento pelos resíduos orgânicos; Sup_{sol} = Suprimento pelo solo; Sup_{ror} = Suprimento pela calagem; Sup_{tot} = Suprimento total.

Admitindo que se deseja aproveitar a soca do cultivo anterior para a produção frutos destinados à indústria, pesando 1,8 kg e adotando-se o resultado da análise de solo coletada após a primeira colheita (Quadro 19), determinam-se as doses a serem recomendadas para o cultivo da soca (Quadro 20).

Quadro 19 - Resultados analíticos de uma amostra de solo realizada no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa

Característica	Valor	Extrator
pH	4,7	Água (1:2,5)
P (mg/dm ³)	7,5	Mehlich-1
K (mg/dm ³)	42	Mehlich-1
Ca (cmol _c /dm ³)	1,9	KCl 1 mol/L
Mg (cmol _c /dm ³)	0,5	KCl 1 mol/L
Al (cmol _c /dm ³)	1,3	KCl 1 mol/L
H + Al (cmol _c /dm ³)	3,5	Acetato de Ca 0,5 mol/L – pH 7,0
SB (cmol _c /dm ³)	2,51	-
t (cmol _c /dm ³)	3,81	-
T (cmol _c /dm ³)	6,01	-
V (%)	41,8	-
m (%)	34,1	-
B (mg/dm ³)	0,50	Água quente
Cu (mg/dm ³)	0,30	Mehlich-1
Fe (mg/dm ³)	47,0	Mehlich-1
Mn (mg/dm ³)	10,0	Mehlich-1
Zn (mg/dm ³)	1,5	Mehlich-1
P _{rem-60} (mg/L)	33,3	CaCl ₂ 10 mmol/L
M.O. (g/kg)	22,0	Método Walkley-Black

Quadro 20 - Resumo dos cálculos feitos pelo FERTCALC[®] - Abacaxi, para recomendação de calagem e adubação para a soca do abacaxizeiro Smooth Cayenne

Nutriente	Dem _{planta} ⁽⁵⁾	Dem _{sust} ⁽⁵⁾	Req _{tot} ⁽⁵⁾	NiCri ⁽¹⁾	Sup _{ror} ⁽⁵⁾	Sup _{cal} ⁽⁵⁾	Sup _{sol} ⁽⁵⁾	Sup _{tot} ⁽⁵⁾	Balanço	Dose ⁽²⁾
	-----kg/ha -----			mg/dm ³	-----kg/ha -----					
N	190,11	11,43	296,38	-	0	0	41,29 ⁽³⁾	41,29	255,10	255,0
P	11,79	2,40	32,95	7,78	0	0	31,75	31,75	1,20	2,75
S	22,49	2,05	41,59	4,78	0	0	26,11	26,11	15,48	15,5 ⁽⁴⁾
K	266,50	28,14	444,20	195,88	0	0	95,24	95,24	348,96	420,0 ⁽⁴⁾
Ca	122,93	5,96	214,81	0,41	0	0	992,04	992,04	-777,23	0
Mg	48,89	4,06	103,74	0,34	0	0	117,49	117,49	-13,75	0
B	0,13	0,01	0,58	0,11	0	0	2,61	2,61	-2,03	0
Zn	0,17	0,02	2,95	0,61	0	0	7,23	7,23	-4,28	0
Cu	0,09	0,007	1,05	0,40	0	0	0,79	0,79	0,27	0,27
Mn	1,10	0,09	5,97	2,63	0	0	22,70	22,70	-16,73	0
Fe	2,37	0,14	25,15	5,14	0	0	229,83	229,83	-204,68	0

⁽¹⁾ O nível crítico no solo (NiCri) é obtido multiplicando-se o quociente entre requerimento pela planta e profundidade efetiva do sistema radicular (2 dm³) pelos respectivos valores médios ou equações da taxa de recuperação pelo extrator do nutriente aplicado ao solo (Quadro 12); para N não foi possível o estabelecimento de nível crítico, uma vez que não está sendo considerada análise de solo; para Ca e Mg os níveis críticos são expressos em cmol_c/dm³; O nível crítico no solo (NiCri) é obtido multiplicando-se o quociente entre requerimento pela planta e profundidade efetiva do sistema radicular (2 dm³) pelos respectivos valores médios ou equações da taxa de recuperação pelo extrator do nutriente aplicado ao solo (Quadro 12); para N não foi possível o estabelecimento de nível crítico, uma vez que não está sendo considerada análise de solo; para Ca e Mg os níveis críticos são expressos em cmol_c/dm³; ⁽²⁾ Dose recomendada para produtividade de 52 t/ha de frutos; ⁽³⁾ Suprimento pela matéria orgânica; ⁽⁴⁾ Dose de P₂O₅ e K₂O, respectivamente; ⁽⁵⁾ Dem_{planta} = Demanda pela planta; Dem_{sust} = Demanda de sustentabilidade; Req_{tot} = Requerimento total; Sup_{ror} = Suprimento pelos resíduos orgânicos; Sup_{sol} = Suprimento pelo solo; Sup_{ror} = Suprimento pela calagem; Sup_{tot} = Suprimento total.

As diferenças das doses estimadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, para os cultivares Pérola (Quadro 17) e Smooth Cayenne (Quadro 18), são explicadas pelas diferenças na demanda nutricional entre os cultivares, pelas diferenças no ciclo de produção e, adicionalmente, pelos efeitos promovidos por variações no peso do fruto e na densidade de plantio.

Para o cultivar Smooth Cayenne, embora não tenha sido contabilizada no balanço nutricional a contribuição dos resíduos orgânicos¹⁴, as doses de N e de K estimadas para este cultivar foram superiores em relação às daquelas do cultivar Pérola, demonstrando que a demanda nutricional é mais elevada para produção de frutos maiores e mais pesados. Tais resultados estão coerentes com as observações feitas por Spironello et al. (2004), que constataram ser necessárias maiores doses de N e de K para maximizar o peso médio dos frutos do cultivar Smooth Cayenne em relação às daquelas que maximizaram a produção. Para P, as diferenças foram comparativamente menores, enquanto no caso do S, as doses para o cultivar Pérola suplantaram aquelas recomendadas para o cultivar Smooth Cayenne (Quadros 17 e 18).

O cultivar Pérola apresentou maior demanda para N e K, valores intermediários para Ca e S e menores para Mg e P. Quanto aos micronutrientes, houve maior demanda para Mn e Fe. A demanda pelos frutos e pelas mudas foi maior para N, K e S, mas menor para P e Mg (Quadro 17). Os níveis críticos foram altos, principalmente para K, havendo, no entanto, importante contribuição de nutrientes pelos resíduos orgânicos, principalmente para N e K. De acordo com o balanço nutricional, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomendou a aplicação de N, P, S, K, B e Cu para o cultivar Pérola.

Para o cultivar Smooth Cayenne (Quadro 18), as maiores demandas tanto pela planta quanto para atender o critério de sustentabilidade foram observadas para N, K e Ca, havendo em relação aos micronutrientes maior requerimento para Fe e Mn. Para esse cultivar, o Sistema recomendou a aplicação de N, P, S, K e Cu. No cultivo da soca (Quadro 20), as doses recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os mesmos nutrientes foram inferiores às do primeiro cultivo.

4.2. Influência do peso do fruto, destino da produção e densidade de plantio

Para avaliar o comportamento do FERTCALC[®]-Abacaxi, diante das variações dos fatores peso do fruto, sistema e densidade de plantio, foram feitas simulações das doses recomendadas pelo Sistema para N, P, K e S, para os dois cultivares.

¹⁴ As doses de N e de K estimadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para as condições adotadas nos exemplos, sem considerar a contribuição dos resíduos orgânicos foram de 345 e 906 kg/ha para o cultivar Pérola e de 394 e 971 kg/ha para o cultivar Smooth Cayenne, respectivamente. Quando nas estimativas foi incluída a contribuição dos resíduos, as doses foram de 249 kg/ha de N e 621 kg/ha de K para o cultivar Pérola e de 297 kg/ha de N e de 685 kg/ha de K para o cultivar Smooth Cayenne.

Para fins de cálculo adotou-se um solo de referência apresentando as seguintes características: pH = 5,1; 4 mg/dm³ de P; 42 mg/dm³ de K, 2,5 mg/dm³ de S, 2,5 dag/kg de matéria orgânica; P-rem = 30 mg/L e 22 % de argila. Admitiu-se que a produção obtida no primeiro cultivo foi de 40 t/ha e adotaram-se, para os dois cultivares, tanto no sistema de fileiras simples quanto de fileiras duplas, as densidades teóricas constantes no Quadro 1, corrigidas pelo fator de nível tecnológico médio (0,8). Para fins de simulação, adotou-se a variação do peso dos frutos do cultivar Pérola entre 0,8 e 2,0 kg e do cultivar Smooth Cayenne entre 0,9 e 2,5 kg.

Em geral, as doses estimadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi apresentaram, tendência à elevação, independentemente do cultivar e do sistema de plantio adotado, com o aumento do peso do fruto e da densidade de plantio, fato justificado pelo aumento da demanda nutricional em função do número de plantas. Dessa forma, o FERTCALC[®]-Abacaxi estabelece maiores doses, para ambos os cultivares, para densidades mais elevadas e frutos mais pesados (Figuras 2, 3, 4 e 5).

A relação entre as doses de fertilizantes e os fatores peso do fruto, sistema e densidade de plantio, na cultura do abacaxizeiro, são bastante complexas e ainda não estão satisfatoriamente esclarecidas. Contudo, em geral, existe tendência de se aplicar maiores doses à medida que se aumenta a densidade de plantio e o peso do fruto, visando atender à maior demanda pela planta, em função da maior exigência de nutrientes pelo fato de frutos maiores constituírem-se em drenos com maior exigência nutricional (Souza et al., 1991). No entanto, esta é uma questão que merece ser discutida e aprofundada no sentido de esclarecer os efeitos da densidade de plantio sobre a eficiência de absorção de nutrientes pela planta e, por conseguinte na definição das doses.

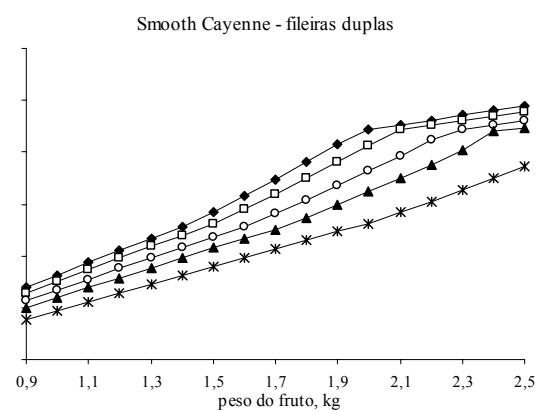
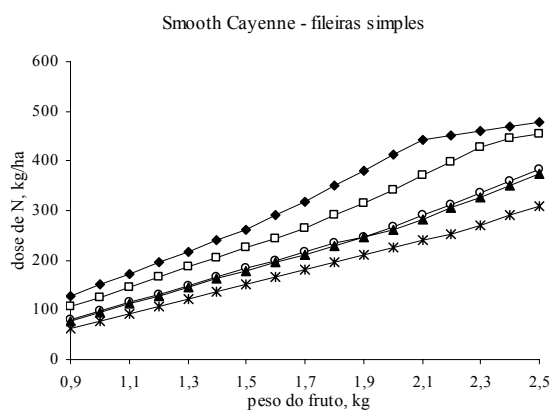
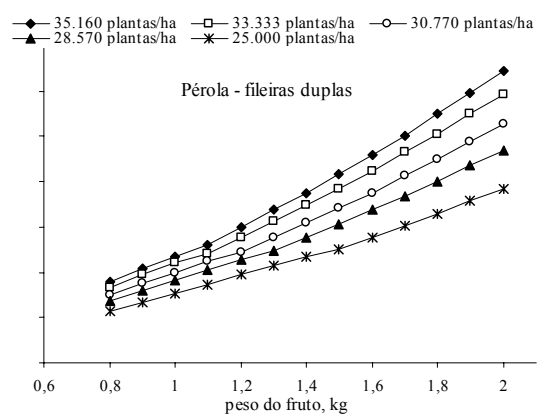
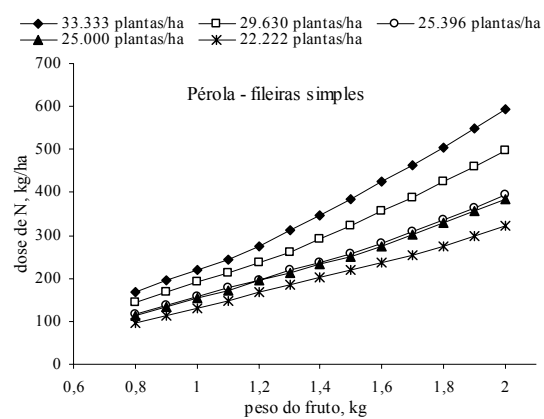


Figura 2 - Doses de N recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pêrola e Smooth Cayenne, em função do peso do fruto e da densidade de plantio, nos sistemas de fileiras simples e duplas.

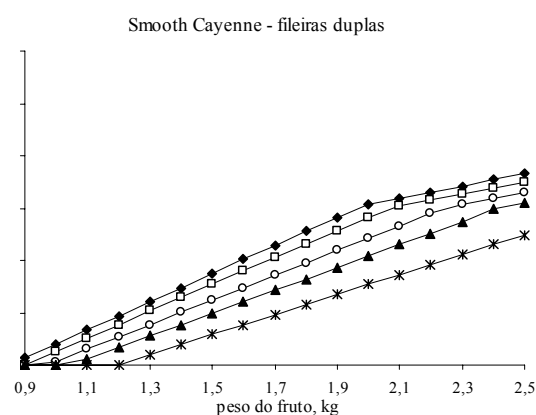
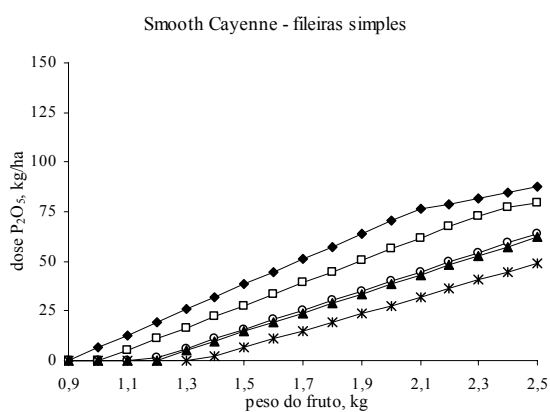
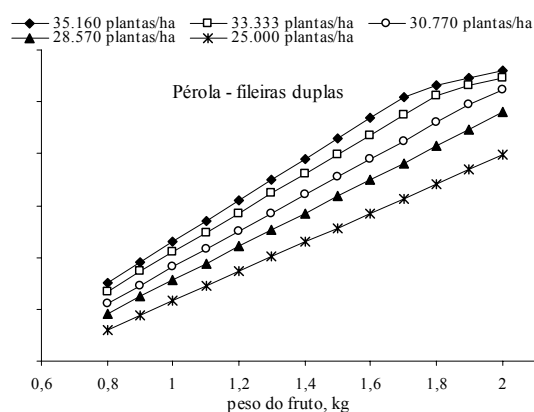
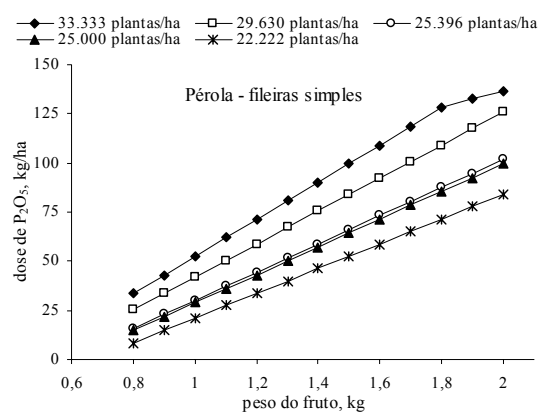


Figura 3 - Doses de P recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, em função do peso do fruto e da densidade de plantio, nos sistemas de fileiras simples e duplas.

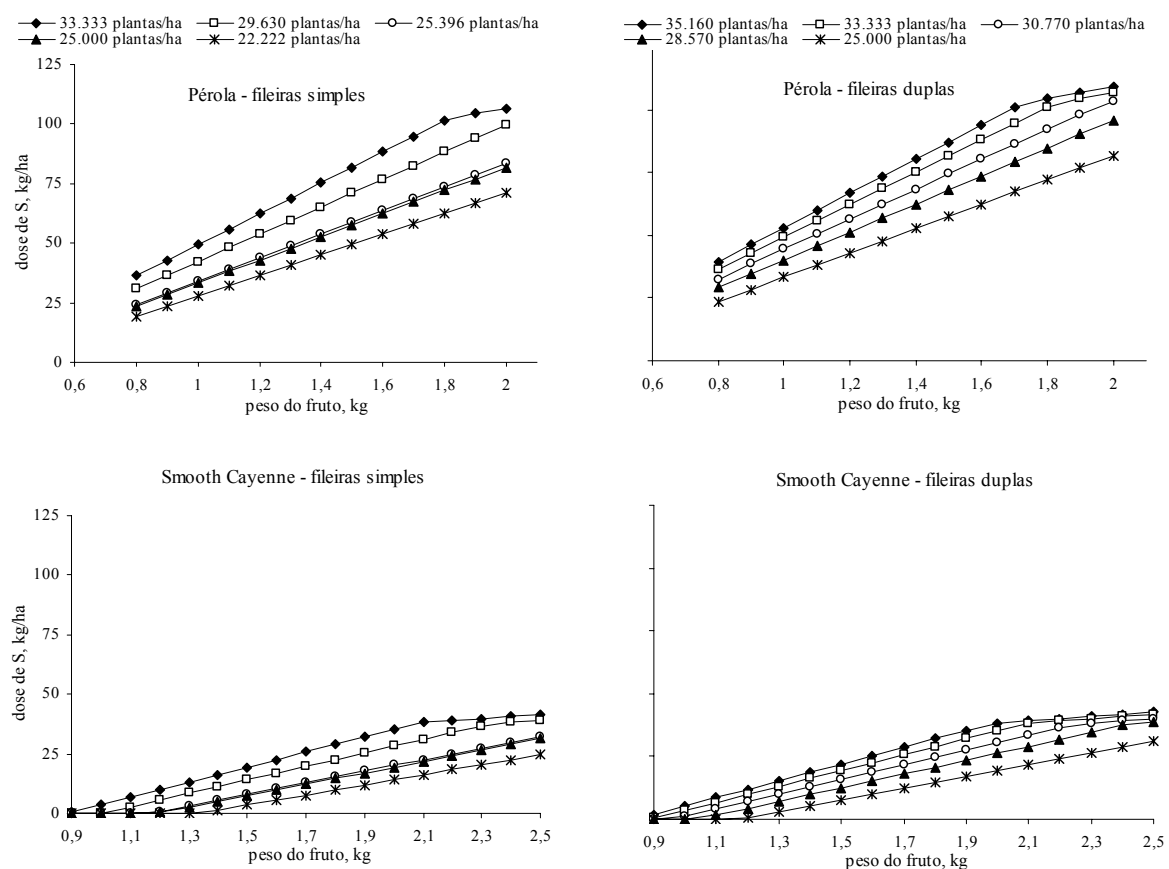


Figura 4 - Doses de S recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, em função do peso do fruto e da densidade de plantio, nos sistemas de fileiras simples e duplas.

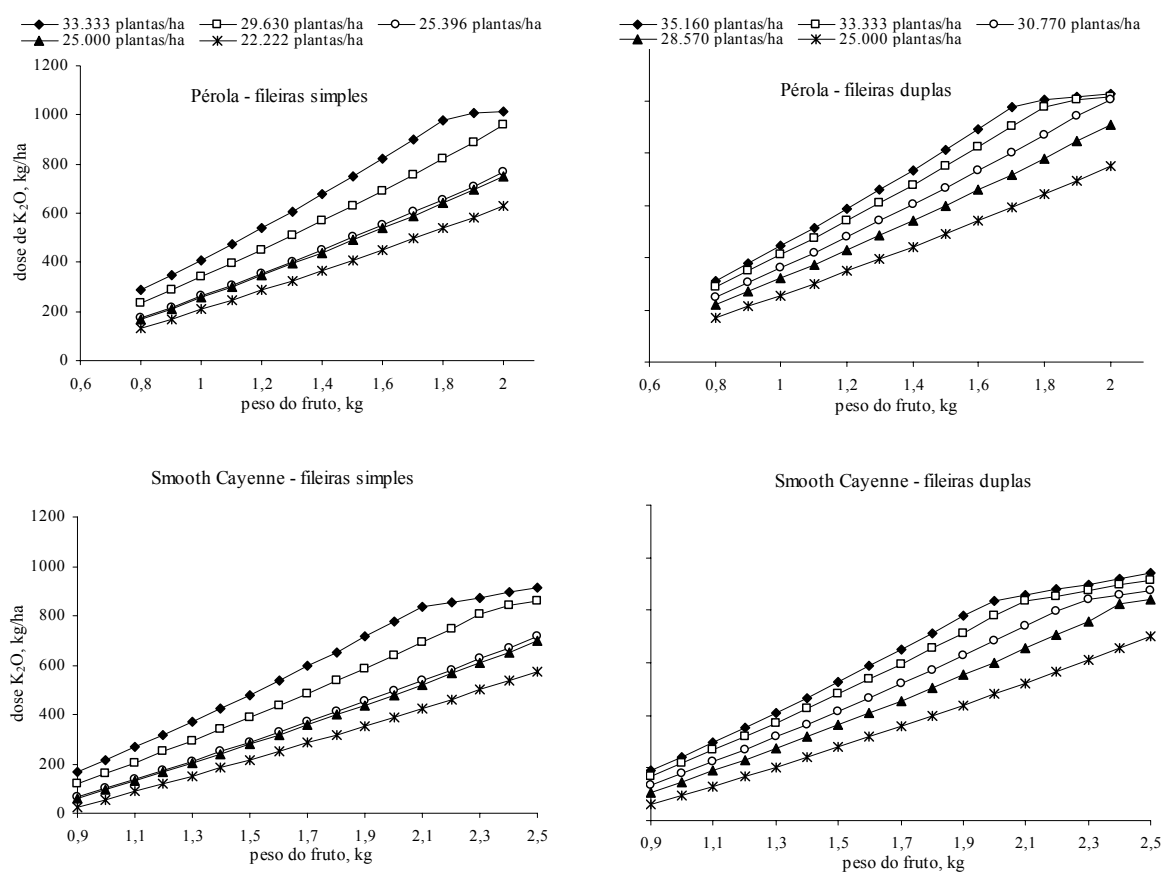


Figura 5 - Doses de K recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, em função do peso do fruto e da densidade de plantio, nos sistemas de fileiras simples e duplas.

Apesar da lógica envolvida na estrutura do FERTCALC[®]-Abacaxi, ou seja, as doses recomendadas variam em função do número de plantas, este critério nem sempre está claro e explícito na maioria das tabelas de adubação do País, havendo, ainda, incoerências e divergências quanto à forma de se recomendar fertilizantes para a cultura. Tais questões precisam ser satisfatoriamente solucionadas, visando melhoria da qualidade e à eficiência das recomendações, no sentido de otimizar a utilização dos insumos, elevar os rendimentos, melhorar a qualidade do produto e maximizar os retornos econômicos da cultura.

As doses de nutrientes estimadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, tanto no sistema de fileira simples quanto no de fileiras duplas (Figuras 2 a 5), foram maiores para o cultivar Pérola em relação ao cultivar Smooth Cayenne, o que pode ser explicado pela maior demanda nutricional do primeiro cultivar, devido as diferenças no acúmulo de matéria seca e de nutrientes, nos compartimentos a serem restituídos e exportados entre os dois cultivares (Quadros 7, 8 e 9). Embora Malézieux & Bartholomew (2003) assumam, por carência de dados específicos, que a exigência nutricional dos demais cultivares seja semelhante à do Smooth Cayenne, as doses para o cultivar Pérola demonstram superioridade das quantidades requeridas por este cultivar em relação ao Smooth Cayenne.

Independentemente do cultivar, as doses de nutrientes para as densidades de plantio intermediárias, em torno de 25.000 plantas/ha, apresentaram pouca variação no sistema de plantio em fileira simples (Figuras 2 a 5). No sistema de fileiras duplas, as diferenças foram mais acentuadas, principalmente para N e K.

As doses de N e de K, para o cultivar Pérola, apresentaram maiores incrementos para valores de peso do fruto >1,2 kg no sistema de fileiras simples e entre 1,2 e 1,4 kg no sistema de fileiras duplas. Para o cultivar Smooth Cayenne, os acréscimos nas doses destes nutrientes, tanto no sistema de fileira simples quanto no de fileiras duplas, foram mais pronunciados para valores de peso do fruto >1,5 kg. Para P e S, os acréscimos foram menos pronunciados e as diferenças foram, relativamente, menores (Figuras 3 e 4).

O FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda maiores doses de nutrientes, principalmente de N e de K quando se pretende produzir frutos maiores, pesando acima de 1,2 kg. No entanto, em geral, verifica-se para todos os nutrientes,

independentemente do cultivar e do sistema de plantio, tendência de menores diferenças entre as doses quando o peso do fruto aproxima-se do limite superior estabelecido. Isso se deve às limitações impostas pelas equações, que relacionam produção e matéria seca (Quadro 7), para as quais adotam-se valores fixos de matéria seca para produtividades $> 78,3$ t/ha para o cultivar Pérola e $> 89,0$ t/ha para o cultivar Smooth Cayenne. O ajuste de novas funções em futuras versões do Sistema torna-se necessário para contornar esta limitação.

Embora as doses previstas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi (Figuras 2 a 5) contemplem as variações de diversos fatores, estas representam o comportamento teórico do Sistema diante de valores hipotéticos atribuídos, estando as mesmas sujeitas às oscilações de um ou mais desses fatores. Assim, cabe ao usuário, com base em suas expectativas e condições específicas, optar pela estratégia que possibilite alcançar seus objetivos de forma mais segura e rentável.

4.3. Variações na fertilidade do solo

Devido a grande diversidade de solos à qual a cultura do abacaxizeiro está submetida, com desempenho adequado e satisfatório em diferentes condições edáficas, sem restrições geográficas, é necessário avaliar o comportamento do FERTCALC[®]-Abacaxi frente às variações nas características de fertilidade do solo.

Para este propósito, utilizaram-se os resultados analíticos de 10 amostras, apresentando ampla variação nas características químicas (Quadro 21). Adotou-se o cultivar Pérola, em terceiro cultivo, plantado no sistema de fileira simples, no espaçamento de $0,80 \times 0,30$ m e com produtividade esperada de 52 t/ha.

As doses estimadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi apresentaram ampla variação, em função das diferenças nas características químicas dos solos utilizados (Quadro 22). O FERTCALC[®]-Abacaxi recomendou doses de N entre 195 e 341 kg/ha, de P entre 0 e 112 kg/ha de P_2O_5 , de S entre 7 e 65 kg/ha e de K entre 129 e 664 kg/ha de K_2O . Quanto aos micronutrientes, o Sistema recomendou com maior frequência Cu, Mn e Zn, e dentre os dez solos utilizados, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomendou calagem para nove deles, com valores de NC entre 0,46 e 5,07 t/ha, média de 1,57 t/ha e quantidade de calcário (QC) de 1,94 t/ha (Quadro 22).

Quadro 21 – Resultados analíticos de 10 amostras de solo, obtidos no laboratório de rotina do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa^{1/}, utilizadas para simulações do FERTCALC[®] - Abacaxi

Solo	pH	P	S ^{2/}	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	t	CTC	V	B	Zn	Cu	Mn	Fe	MOS	P-rem
	H ₂ O	-----mg/dm ³ -----			-----cmol/dm ³ -----						-%-		-----mg/dm ³ -----				-g/kg-	-mg/L-
1	4,40	0,20	0,76	4,0	0,14	0,05	1,40	7,40	1,60	7,60	3,0	0,18	0,43	0,30	5,0	80,0	24,3	4,50
2	4,83	1,40	3,52	50,0	1,80	0,76	0,48	5,60	3,17	8,29	32,0	0,33	1,25	0,80	7,0	50,0	47,3	8,30
3	4,57	3,70	4,41	32,0	0,42	0,20	1,30	4,80	2,00	5,50	13,0	0,94	2,15	0,40	4,0	45,0	30,5	17,5
4	5,08	2,70	4,85	110,0	4,70	0,99	0,12	8,80	6,09	14,70	40,0	1,21	0,27	1,00	11,0	40,0	46,2	21,6
5	5,12	1,90	3,66	55,0	1,87	0,85	0,12	4,40	2,98	7,26	39,0	0,67	0,63	0,30	8,0	38,0	24,3	26,4
6	5,41	16,1	8,35	200,0	0,66	0,35	0	1,70	1,52	3,22	47,0	0,42	4,70	0,20	3,0	60,0	17,3	32,7
7	6,20	4,80	4,01	80,0	2,17	0,56	0	0,10	2,93	3,03	97,0	0,40	0,85	0,10	20,0	48,0	7,00	35,9
8	5,49	1,00	4,17	42,0	2,10	0,46	0,24	3,60	2,91	6,27	43,0	0,50	1,05	0,30	11,0	37,0	24,2	41,9
9	5,15	1,20	3,56	10,0	1,52	0,22	0,48	4,60	2,25	6,37	28,0	1,00	4,70	0,35	6,0	100,0	18,5	48,7
10	5,19	0,80	4,03	27,0	1,17	0,37	0,24	3,20	1,85	4,81	34,0	0,80	3,28	0,28	2,0	25,0	17,8	55,4

^{1/} K e P extraídos com Mehlich-1; Ca²⁺ e Mg²⁺ com KCl; S com Ca(H₂PO₄)₂ + HOAc; B com água quente; Zn, Cu, Mn e Fe com Mehlich-1

Fonte: Adaptado de Oliveira (2002) e Santos (2003)

Quadro 22 - Resumo das doses de nutrientes e de corretivos recomendadas pelo FERTCALC[®] - Abacaxi para o cultivar Pérola, visando uma produtividade esperada de 52,0 t/ha, em solos apresentando diferentes características químicas

Solo ^{1/}	N	P	S	K	Ca	Mg	B	Zn	Cu	Mn	Fe	NC ^{2/}	QC ^{3/}	Sup Ca ^{4/}	Sup Mg ^{4/}
	-----kg/ha-----											-----t/ha-----	-----kg/ha-----		
1	278,0	109,0	64,0	664,0	0	0	1,28	4,94	0,75	2,71	0,00	5,07	6,26	1.699,0	453,0
2	195,0	78,0	7,0	509,0	0	0	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	1,79	488,0	130,0
3	256,0	56,0	24,0	579,0	0	0	0,00	0,00	0,40	4,98	0,00	3,51	4,38	1.178,0	314,0
4	199,0	79,0	28,0	348,0	0	0	0,00	4,18	0,00	0,00	0,00	1,41	1,74	473,0	126,0
5	278,0	94,0	49,0	520,0	0	0	0,00	2,01	0,75	0,00	0,00	0,77	0,90	258,0	69,0
6	304,0	0	14,0	129,0	0	0	0,03	0,00	1,06	7,25	0,00	0,87	1,07	291,0	78,0
7	341,0	73,0	55,0	464,0	0	0	0,13	0,78	1,34	0,00	0,00	0	0	0	0
8	279,0	109,0	58,0	571,0	0	0	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,46	0,57	156,0	42,0
9	300,0	108,0	65,0	654,0	0	0	0,00	0,00	0,68	0,44	0,00	1,42	1,74	475,0	127,0
10	302,0	112,0	65,0	615,0	0	0	0,00	0,00	0,86	9,52	0,00	0,79	0,99	267,0	71,0
$\bar{y}$	273,0	82,0	43,0	505,0	0	0	0,19	1,19	0,66	2,49	0,00	1,57	1,94	528,5	141,0

^{1/} Solos caracterizados no Quadro 21; ^{2/} Necessidade de calagem; ^{3/} Quantidade de calcário a ser aplicada na profundidade de 0-20 cm, adotando-se um calcário com PRNT = 81 %, 38 % de CaO e 12 % de MgO; ^{4/} Suprimento de Ca e Mg pela calagem.

A variação nas doses recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi demonstra a versatilidade do Sistema para recomendar fertilizantes e corretivos em diferentes condições edafoclimáticas. No entanto, para uma avaliação mais completa do Sistema torna-se necessário avaliar seu comportamento em relação não apenas às variações nas características de fertilidade do solo, mas também diante das variações na produtividade esperada, que depende do cultivar, do peso do fruto, do destino da produção e dos ciclos de produção.

4.4. Variação da produtividade, do cultivar e do ciclo de produção

Em geral, as doses estimadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, para os dois cultivares, aumentaram com a produtividade esperada, sendo maiores no primeiro, em relação ao segundo cultivo e superiores nos solos com baixos teores de nutrientes (Figuras 6 a 14). As mudanças na declividade das curvas se devem às restrições apresentadas pelas equações, que relacionam produção de matéria seca e rendimento da cultura (Quadro 7). Para o cultivar Pérola, as declividades das equações diminuem para produtividades entre 60,0 e 67,0 t/ha e, para o cultivar Smooth Cayenne, para produtividades entre 70,0 e 88,0 t/ha.

Com relação à variação das doses em função dos cultivares, verificou-se que, em geral, o Sistema recomenda doses maiores para o cultivar Pérola, tanto no primeiro quanto no segundo cultivo. As diferenças são mais acentuadas, principalmente, para S, B e Mn (Figuras 9, 10 e 13), sendo que o Sistema recomenda maiores doses de Fe para o cultivar Smooth Cayenne (Figura 14).

Quanto às variações das doses em função dos teores dos nutrientes no solo e dos cultivos, observou-se que, em geral, independentemente do cultivar, as doses são maiores para o primeiro em relação ao segundo cultivo e superiores nos solos com teores baixos de nutrientes e de matéria orgânica e com alta capacidade tampão (CT) (para P, S e Zn) (Figuras 6 a 14).

Em razão da maior demanda pela cultura, as doses de N e de K são altas, nos dois ciclos, tanto no solo com teor baixo quanto alto de nutrientes (Figuras 6 e 8). Entretanto, para o segundo cultivo, o Sistema recomenda doses de K em solo com teor alto para produtividades > 30 t/ha para o cultivar Pérola e > 45 t/ha para o cultivar Smooth Cayenne (Figura 8).

Para P, o Sistema recomenda, para o cultivar Pérola, doses em toda a faixa de produtividade no primeiro cultivo em solo com teor baixo e para produtividade > 30 t/ha

em solo com teor alto e baixa CT. No segundo cultivo, o Sistema recomenda doses apenas para produtividades > 35 t/ha, no solo com teor baixo e > 45 t/ha em solo com teor alto (Figura 7).

Para o cultivar Smooth Cayenne, o Sistema recomenda no primeiro cultivo doses para produtividades a partir de 35 t/ha no solo com teor baixo e alta CT e a partir de 50 t/ha no solo com teor alto de P. No segundo cultivo, o Sistema recomenda doses, apenas, para produtividades > 55 t/ha no solo com teores baixos e alta CT de P e > 80 t/ha, no solo com teores de P altos e baixa CT. Tais resultados indicam que a pequena demanda de P pelo abacaxizeiro, associada à alta capacidade de utilização do nutriente pela cultura (Marchal, 1971a), foi assegurada, em parte, pelos resíduos orgânicos dos ciclos anteriores e pela fração mineral do solo. Contudo, este é um ponto que precisa ser melhor explorado em futuras versões do Sistema.

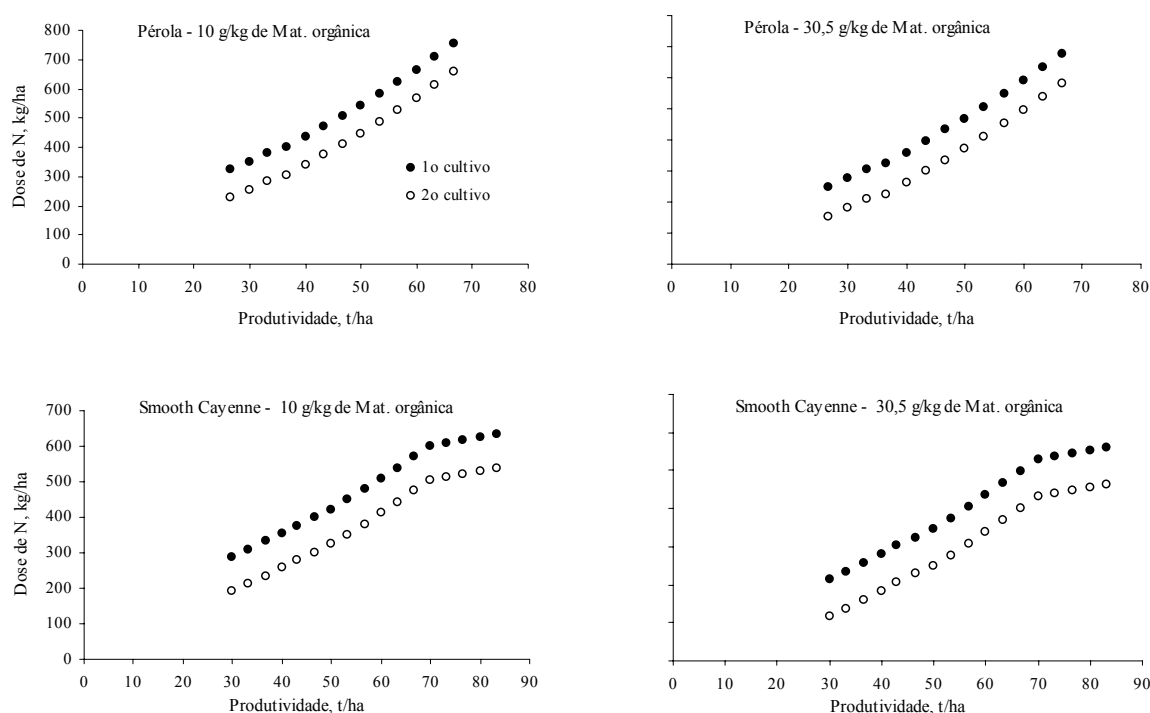


Figura 6 - Doses de N recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi em função da produtividade esperada, para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e no segundo cultivo, em dois solos.

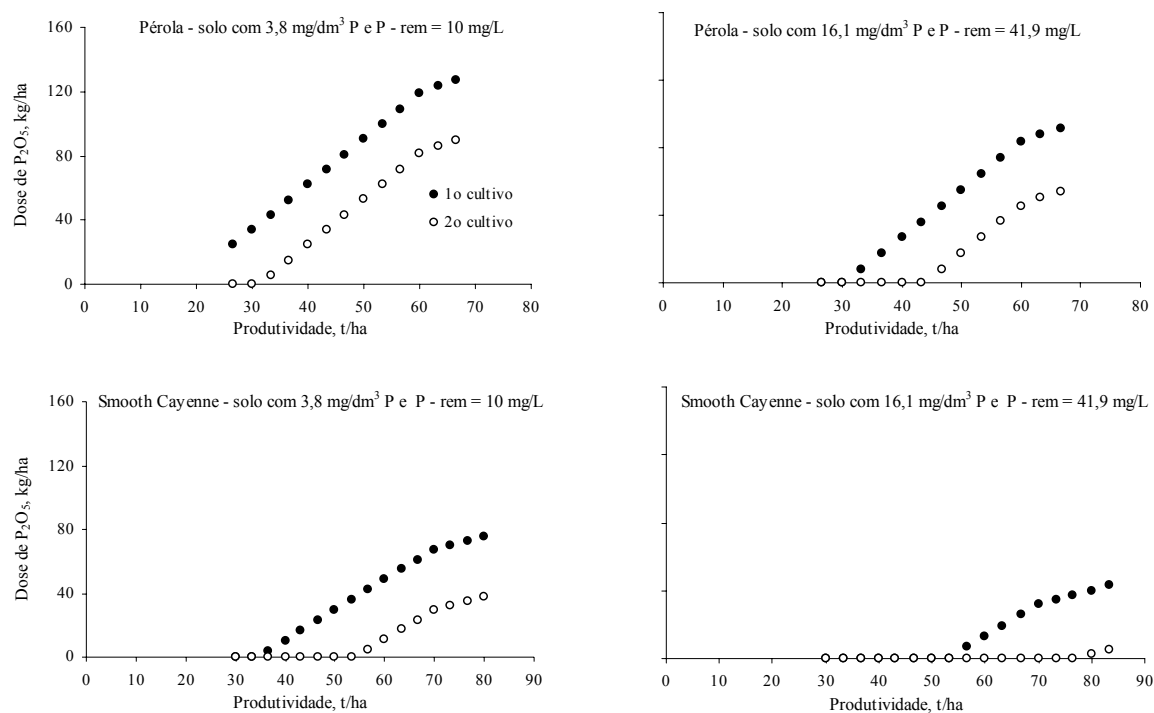


Figura 7 - Doses de P recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi em função da produtividade esperada, para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e no segundo cultivo, em dois solos.

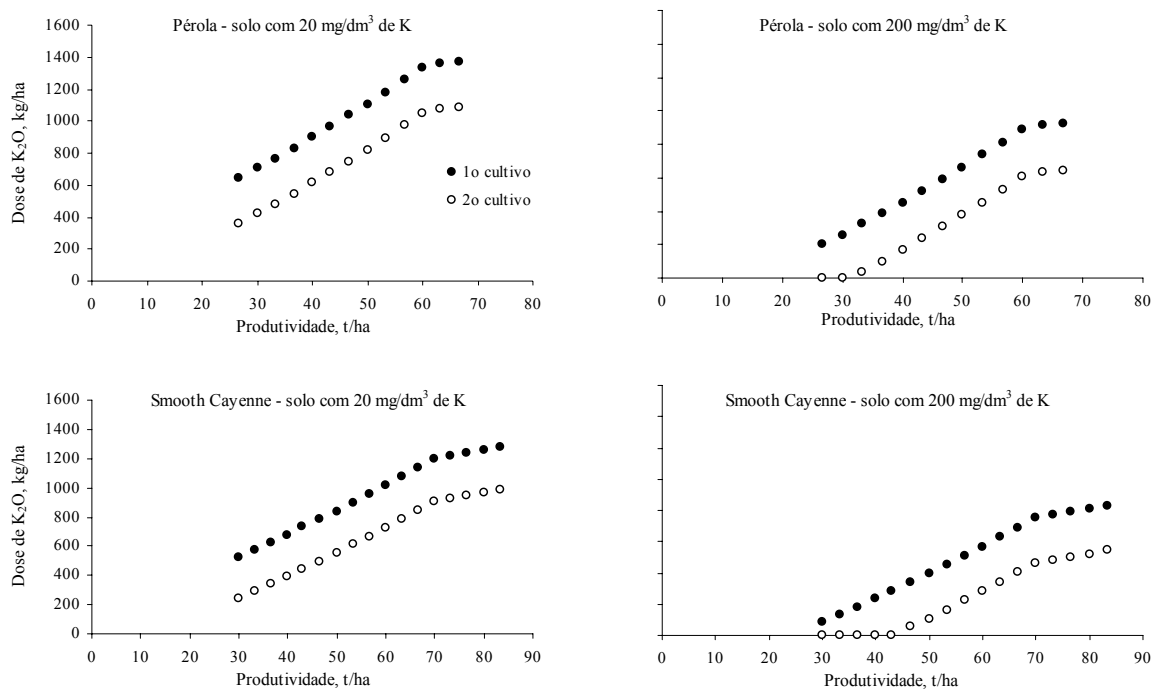


Figura 8 - Doses de K recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi em função da produtividade esperada, para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e no segundo cultivo, em dois solos.

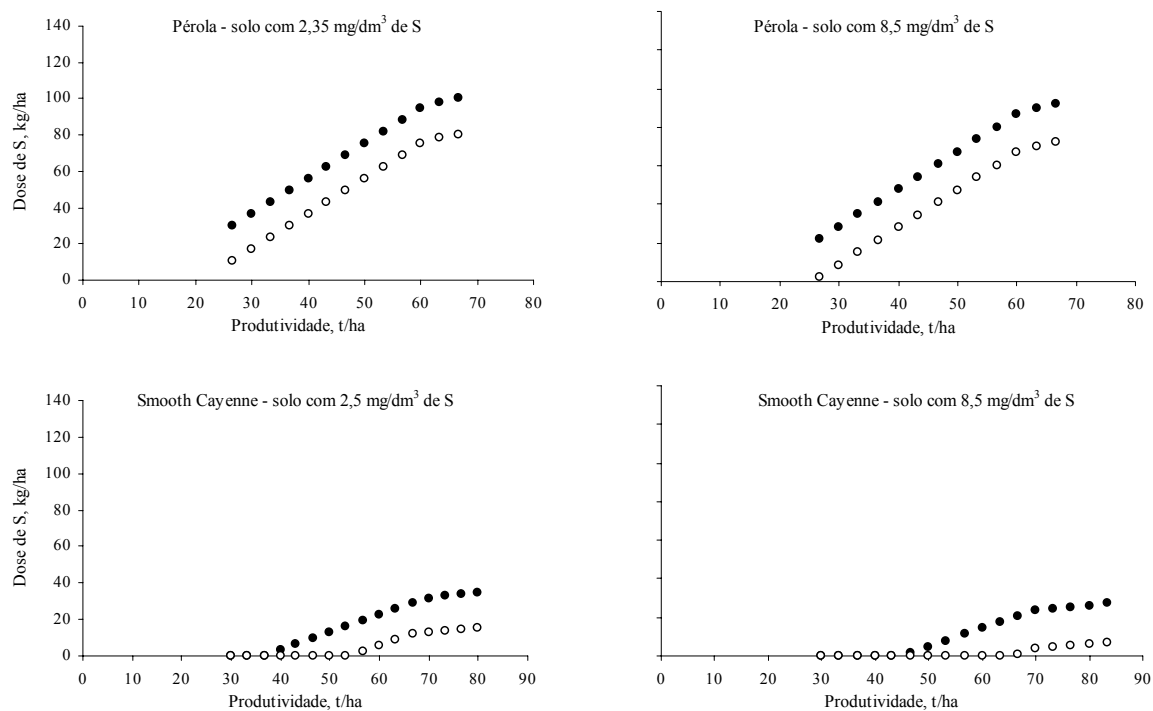


Figura 9 - Doses de S recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi em função da produtividade esperada, para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e no segundo cultivo, em dois solos.

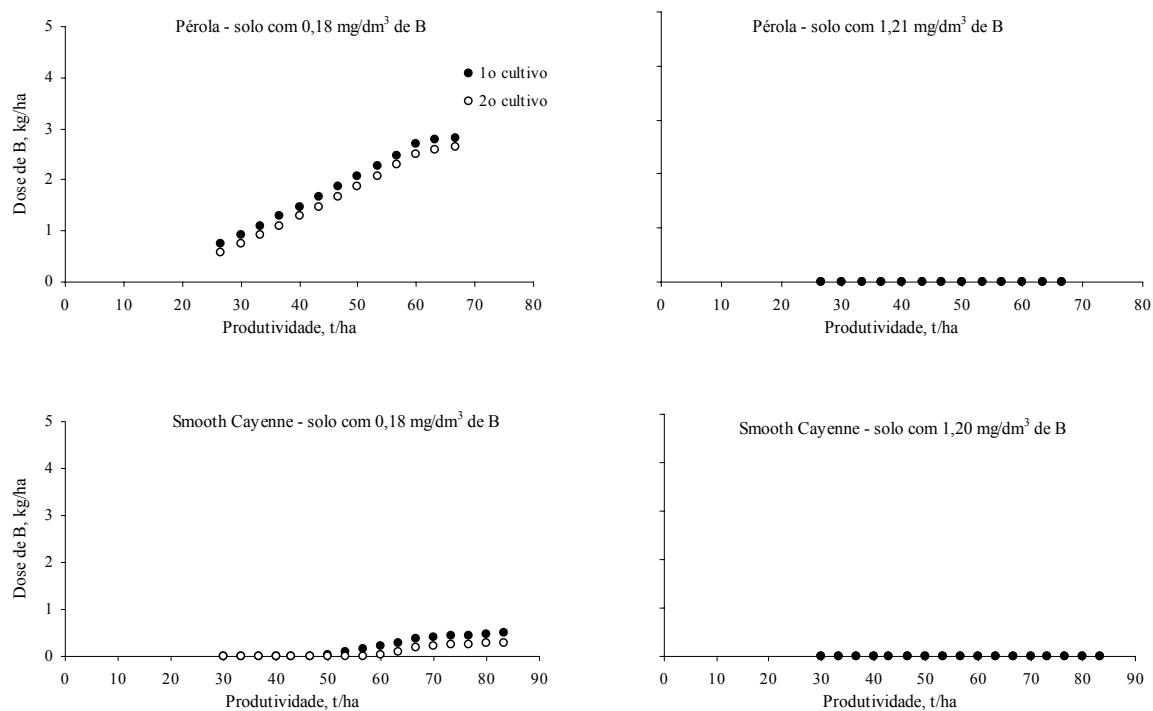


Figura 10 - Doses de B recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi em função da produtividade esperada, para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e no segundo cultivo, em dois solos.

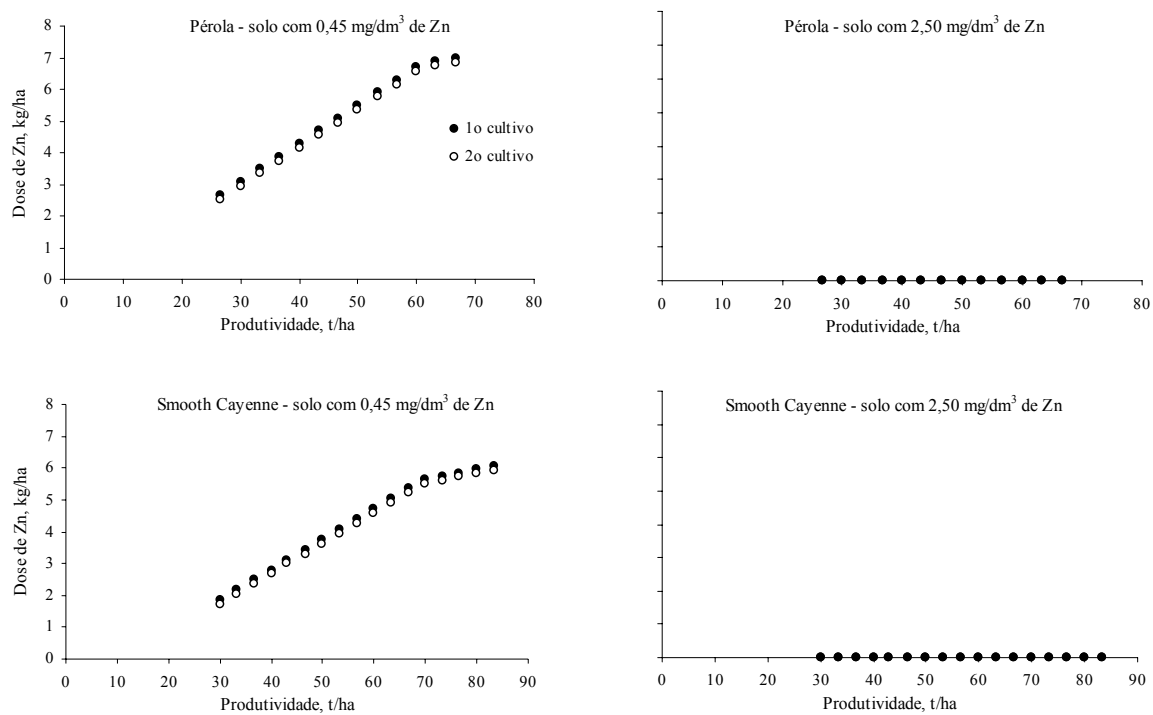


Figura 11 - Doses de Zn recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi em função da produtividade esperada, para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e no segundo cultivo, em dois solos.

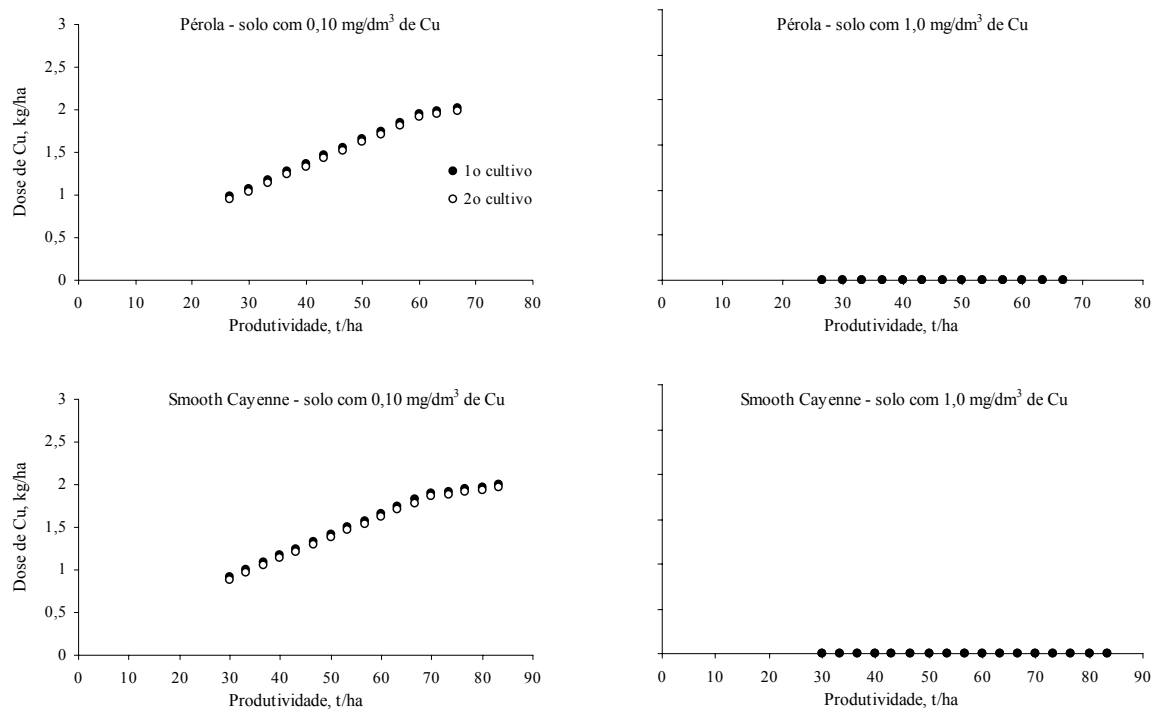


Figura 12 - Doses de Cu recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi em função da produtividade esperada, para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e no segundo cultivo, em dois solos.

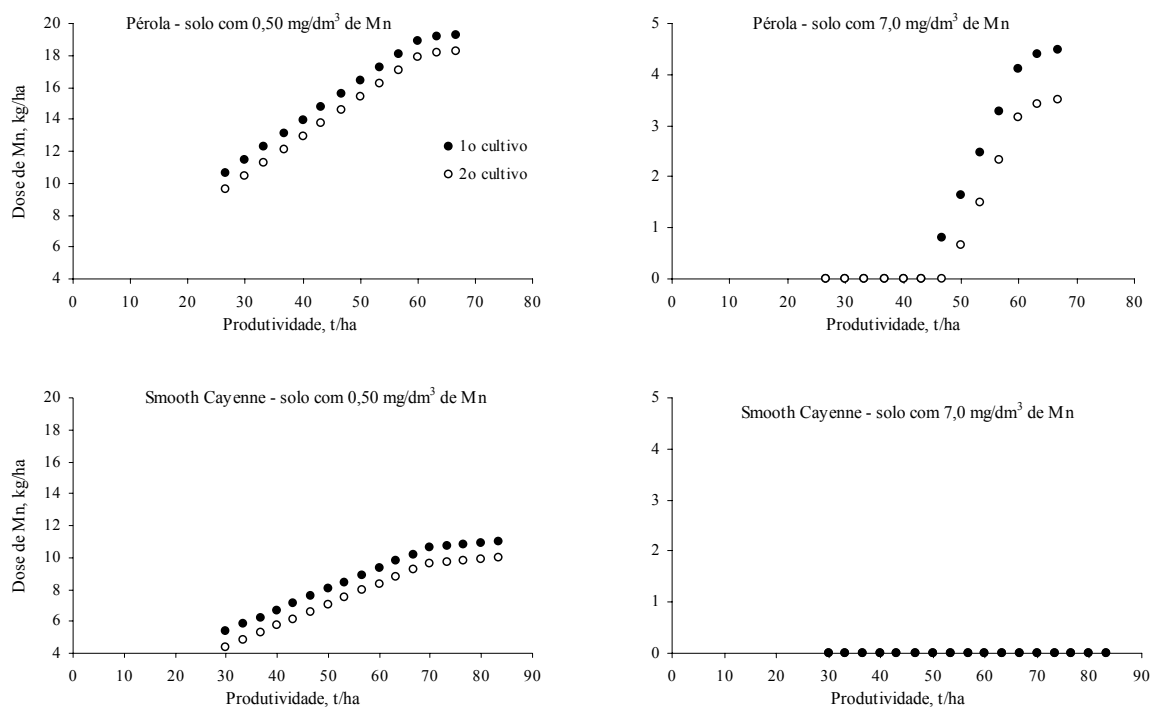


Figura 13 - Doses de Mn recomendadas pelo FERTCALC®-Abacaxi em função da produtividade esperada, para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e no segundo cultivo, em dois solos.

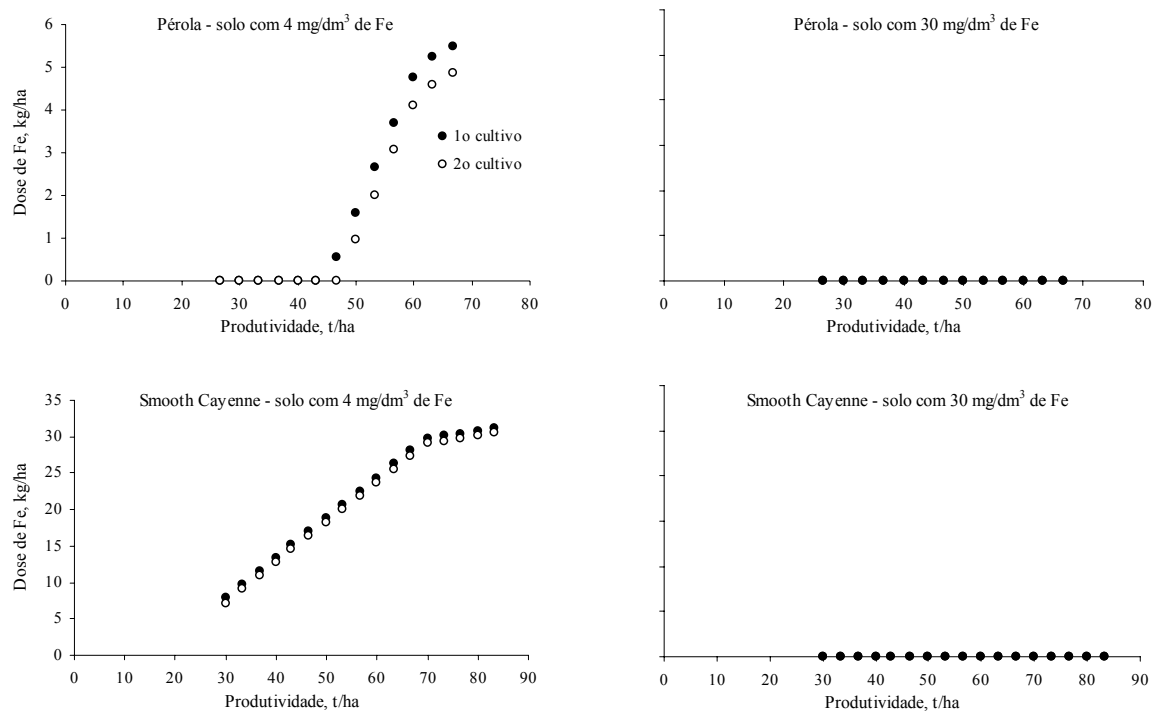


Figura 14 - Doses de Fe recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi em função da produtividade esperada, para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e no segundo cultivo, em dois solos.

Em relação ao S, as doses recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para o cultivar Pérola, tanto no primeiro quanto no segundo cultivo, em solos com teores baixos e altos, foram bastante semelhantes, demonstrando que o solo e os resíduos orgânicos não conseguiram suprir a demanda de S por este cultivar (Figura 9). Para o cultivar Smooth Cayenne, as doses foram menores, sendo que o Sistema recomenda doses para produtividades a partir de 40 t/ha no solo com teores baixos de S no primeiro cultivo e > 55 t/ha no segundo cultivo. Para solos com altos teores de S, o Sistema recomenda doses para produtividades > 50 t/ha no primeiro cultivo e a partir de 70 t/ha no segundo cultivo (Figura 9).

O FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda maiores doses de B, Zn e Cu para o cultivar Pérola, em relação ao cultivar Smooth Cayenne, para solo com teores baixos, nos dois cultivos. Todavia, o Sistema não recomenda doses destes nutrientes, para os dois cultivares, em solos com teores altos (Figuras 10,11 e 12).

As doses de Mn recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi no solo com teor baixo, para os dois cultivos, foram maiores para o cultivar Pérola (Figura 13). Para solos com altos teores de Mn, o Sistema recomenda doses apenas para o cultivar Pérola para produtividades a partir de 50 t/ha, em ambos os cultivos. O FERTCALC[®]-Abacaxi não recomenda Fe para solos com teores altos, mas no solo com teores baixos, as doses são maiores para o cultivar Smooth Cayenne. O Sistema recomenda Fe para o cultivar Pérola, em ambos os cultivos, apenas para produtividades > 45 t/ha (Figuras 14).

4.5. Análise de sensibilidade

Para avaliar o comportamento das doses estimadas para cada nutriente, em função da variação nas características que as influenciam, procedeu-se à análise de sensibilidade do Sistema.

A análise de sensibilidade foi realizada para os dois cultivares, no primeiro e no segundo ciclo de produção. Para cada variável, fixou-se um valor intermediário, considerado “valor padrão” ou de “referência”, a partir do qual procederam-se variações para mais ou para menos. Adotou-se a faixa de variação de 0,25 a 1,75 vez o valor fixado para cada variável, sendo que para as demais variáveis, assumiram-se valores de referência constantes. Como valores de referência, foram consideradas as produtividades de 52 e 87 t/ha para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne,

respectivamente. Para o cultivar Pérola adotou-se o plantio em fileira simples no espaçamento de $0,80 \times 0,30$ m, enquanto, para o Smooth Cayenne, considerou-se o plantio em fileiras dupla no espaçamento de $1,20 \times 0,40 \times 0,30$ m.

Para ambos cultivares, considerou-se área sob terceiro cultivo, com produtividade no ciclo anterior de 40 t/ha. Para P, K, S, B, Zn, Cu, Mn e Fe, foram adotados os seguintes valores de referência: 4,0; 60,0; 5,0; 0,6; 1,0; 0,40; 7,0 e 30,0 mg/dm³, respectivamente. Para matéria orgânica, adotou-se o valor de 15,0 g/kg e para P-rem, o valor de 30 mg/L. Os valores de referência para as taxas de recuperação e para as doses de sustentabilidade foram equivalentes àqueles efetivamente, determinados nas simulações feitas com as características assumindo seus valores de referência.

Em geral, a produtividade esperada foi a variável que mais influenciou (maior declividade) as estimativas das doses para a maioria dos nutrientes, especialmente para aqueles mais demandados pela cultura, a exemplo de N e K (Figuras 15 a 18). A influência da produtividade foi maior para o cultivar Pérola, no primeiro ciclo e no solo com baixo teor de nutrientes. Para micronutrientes, a produtividade teve pouca influência nas estimativas das doses (Figuras 19 a 23).

Os teores de nutrientes no solo influenciaram de forma mais acentuada as estimativas das doses para P e S, principalmente as doses de S para o cultivar Pérola no primeiro cultivo. Em razão da elevada demanda pela cultura, as doses de K foram pouco influenciadas pelos teores de K no solo. Os teores de micronutrientes no solo pouco influenciaram as estimativas das doses (Figuras 19 a 25), a exemplo dos teores de matéria orgânica e do tempo de mineralização desta que, pouco influenciou as doses de N (Figura 15).

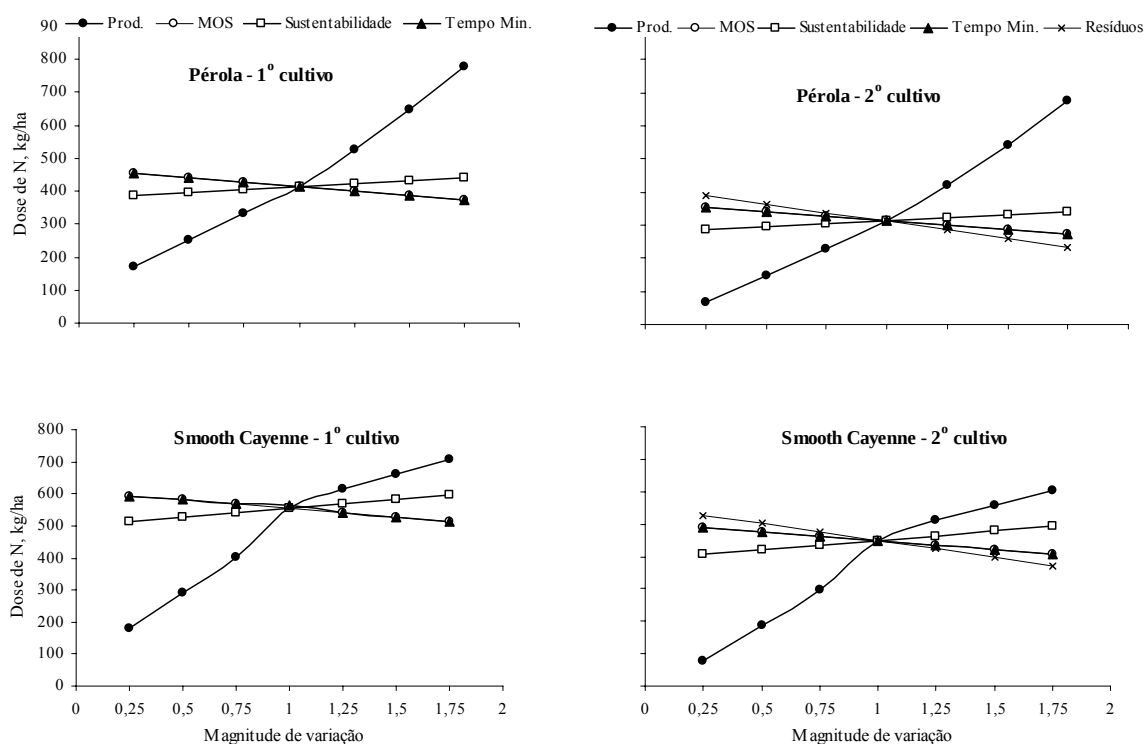


Figura 15 - Análise de sensibilidade das doses de N recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e segundo cultivo, em função da magnitude de variação das variáveis que a influenciam.

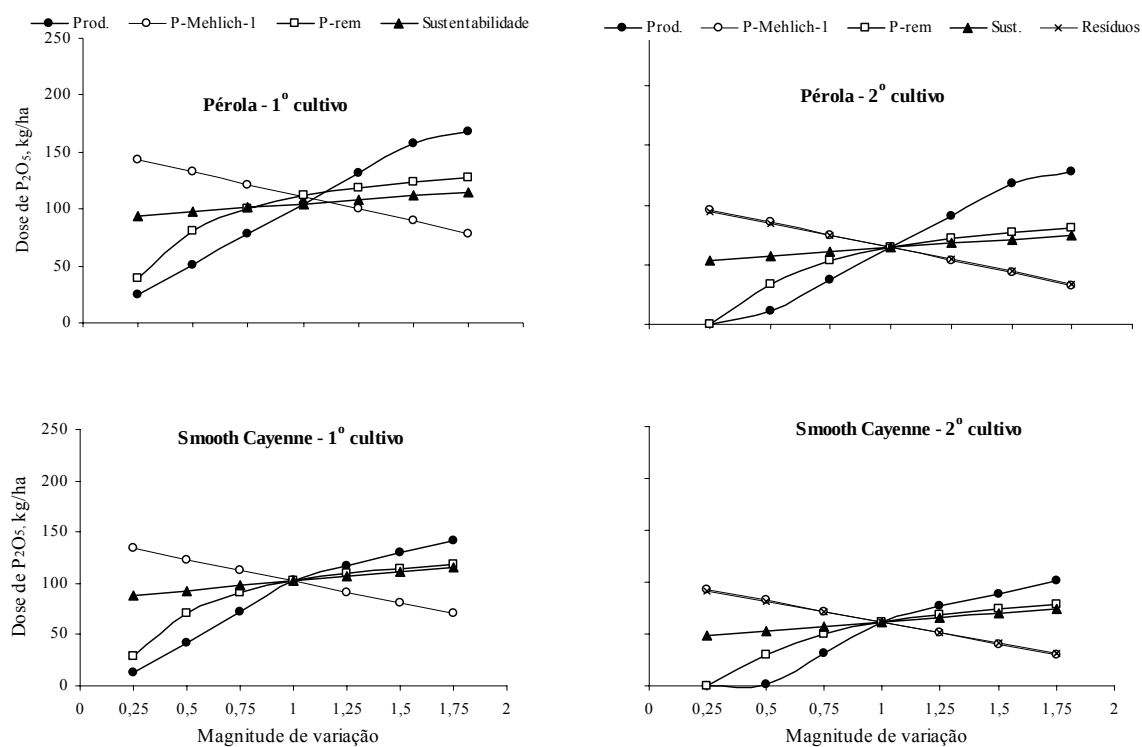


Figura 16 - Análise de sensibilidade das doses de P recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e segundo cultivo, em função da magnitude de variação das variáveis que a influenciam.

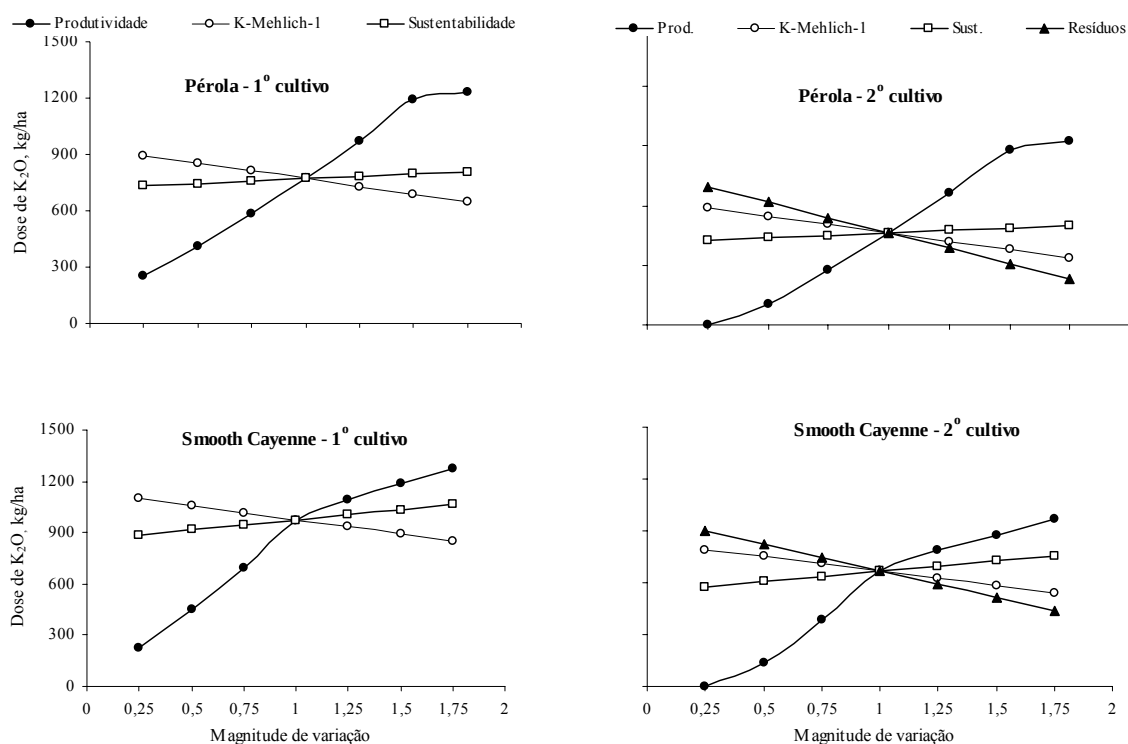


Figura 17 - Análise de sensibilidade das doses de K recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e segundo cultivo, em função da magnitude de variação das variáveis que a influenciam.

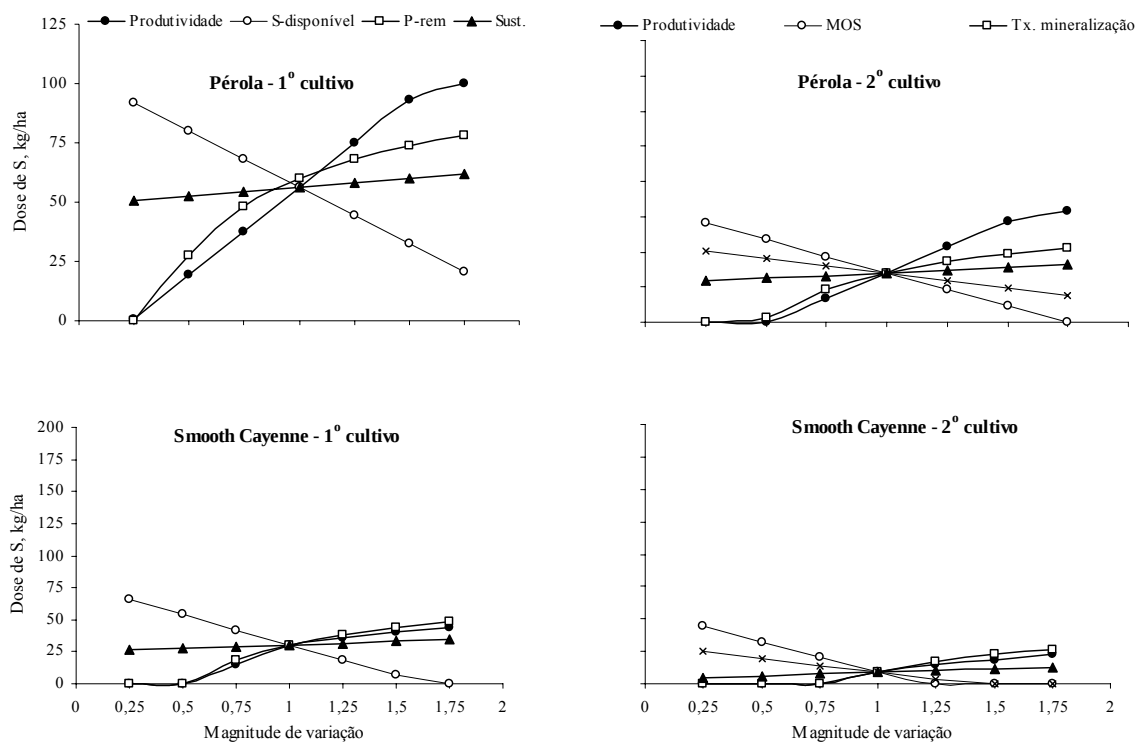


Figura 18 - Análise de sensibilidade das doses de S recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e segundo cultivo, em função da magnitude de variação das variáveis que a influenciam.

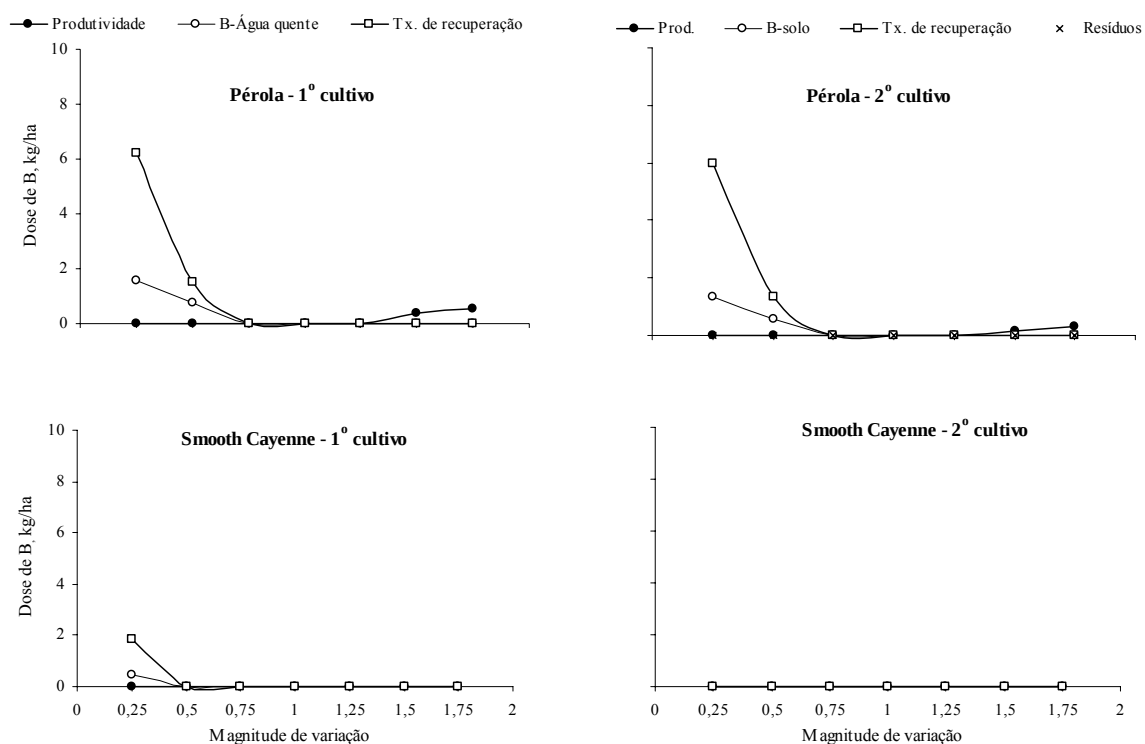


Figura 19 - Análise de sensibilidade das doses de B recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e segundo cultivo, em função da magnitude de variação das variáveis que a influenciam.

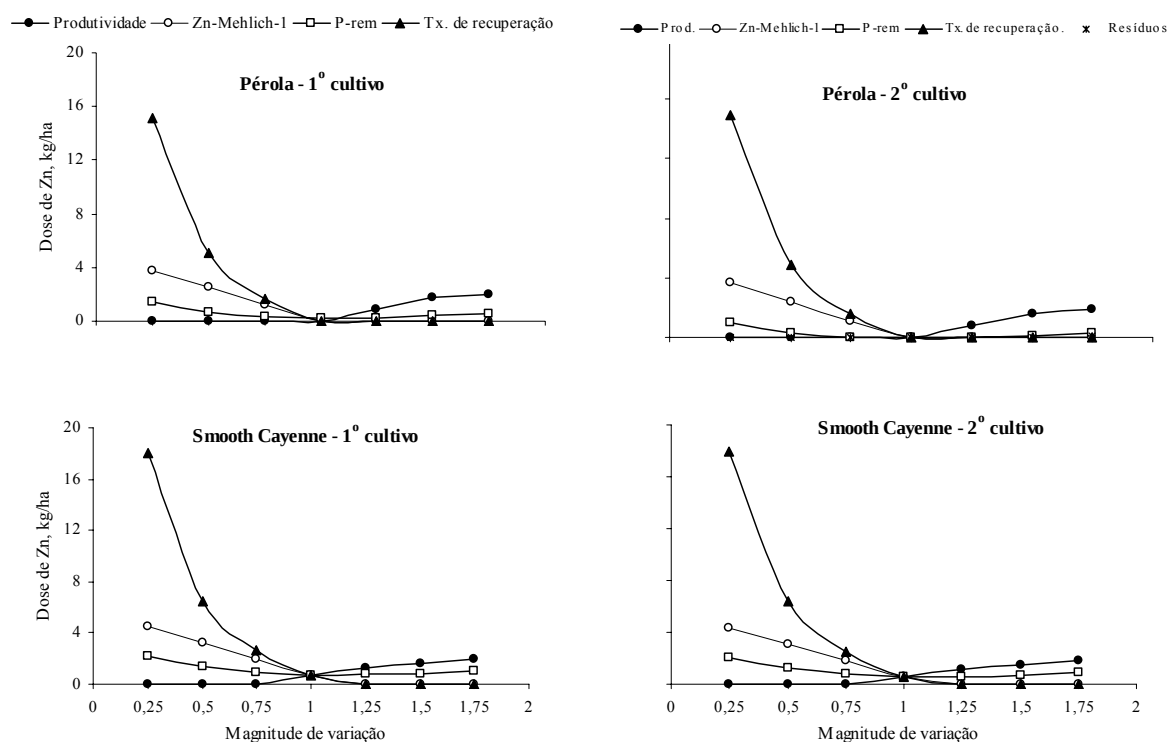


Figura 20 - Análise de sensibilidade das doses de Zn recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e segundo cultivo, em função da magnitude de variação das variáveis que a influenciam.

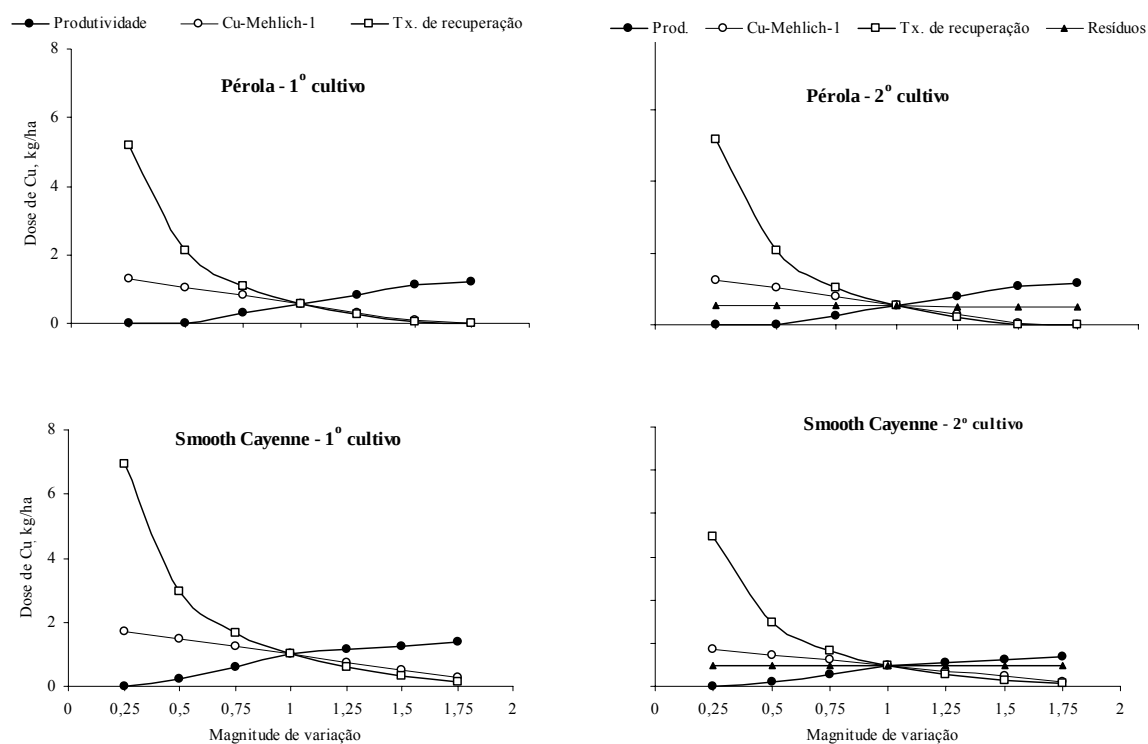


Figura 21 - Análise de sensibilidade das doses de Cu recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e segundo cultivo, em função da magnitude de variação das variáveis que a influenciam.

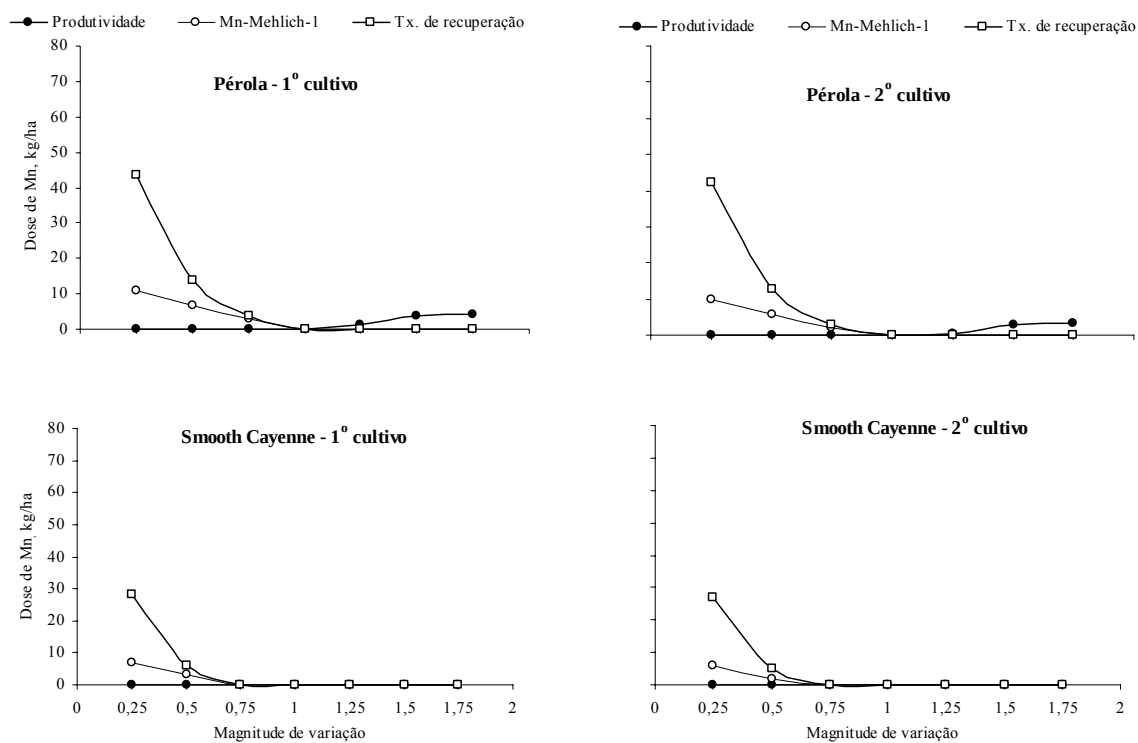


Figura 22 - Análise de sensibilidade das doses de Mn recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e segundo cultivo, em função da magnitude de variação das variáveis que a influenciam.

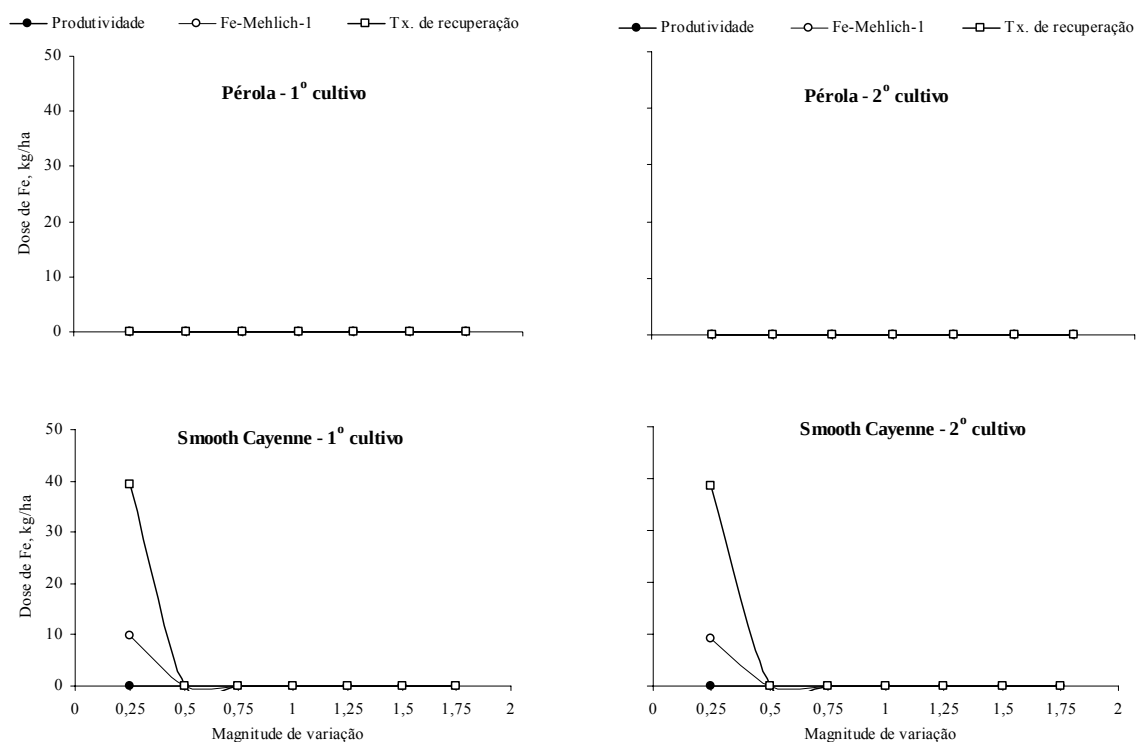


Figura 23 - Análise de sensibilidade das doses de Fe recomendadas pelo FERTCALC®-Abacaxi para os cultivares Pérola e Smooth Cayenne, no primeiro e segundo cultivo, em função da magnitude de variação das variáveis que a influenciam.

O efeito da capacidade tampão do solo, representada pelos valores de P-rem, apresentou, com exceção das doses de P e de S para o cultivar Pérola, no primeiro cultivo, pequena interferência nas estimativas das doses de P, S e Zn. A dose de sustentabilidade também teve pequena influência na definição das doses (Figuras 15, 18 e 20).

Os resíduos orgânicos apresentaram influência acentuada nas estimativas das doses pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, principalmente para N e K para o cultivar Pérola, e em menor magnitude para P e S. Os resíduos orgânicos tiveram pequena influência nas doses de micronutrientes (Figuras 19 a 23).

O valor das taxas de recuperação do nutriente pela planta apresentou considerável influência sobre as doses estimadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, tendo sido maior (tendência de maiores doses) quando as taxas assumiram valores correspondentes à 50 % do valor original adotado no Sistema. Isto significa que, apesar das poucas informações sobre as taxas de recuperação pelo abacaxizeiro, os valores adotados na primeira versão do FERTCALC[®]-Abacaxi, possivelmente, aproximam-se dos valores “reais” pela cultura. No entanto, esta é outra questão importante a ser solucionada pela pesquisa, visando ao aprimoramento das doses nas futuras versões do Sistema.

4.6. Comparação com as tabelas

Para avaliar o desempenho do FERTCALC[®]-Abacaxi, foram feitas comparações entre as doses estimadas pelo Sistema e àquelas recomendadas pelas tabelas de adubação para o Estado da Paraíba (EMATER, 1979) (EMATER-PB), Bahia (Sousa, 1989) (EMATER-BA), São Paulo (Spironello & Furlani, 1996) (Boletim-100) e Minas Gerais (Souza et al., 1999) (5ª Aproximação).

Para comparações, foram utilizados solos com teores de nutrientes altos e baixos, sendo considerados, para os dois cultivos, produtividades esperadas entre 27 e 67 t/ha para o cultivar Pérola e entre 30 e 83 t/ha para o cultivar Smooth Cayenne. Para estimativa das doses para o segundo cultivo, adotou-se a produtividade de 40 t/ha no primeiro cultivo. Para o cultivo das socas, foram feitas simulações para doses variando entre 17 e 56 t/ha.

Apesar da importância das tabelas no contexto das recomendações de adubação para o abacaxizeiro no País (EMATER, 1979; Sousa, 1989; Spironello &

Furlani, 1996; Souza et al., 1999) existem grandes variações nas doses entre as mesmas e falta de padronização nos critérios adotados no estabelecimento das doses, o que é devido às peculiaridades nos sistemas de produção, adotados nas regiões de abrangência das tabelas.

Uma análise preliminar das tabelas dos diferentes estados, permite identificar e destacar alguns pontos importantes:

- a) nas tabelas do Estado da Paraíba, Bahia e Minas Gerais não há referências quanto ao cultivar, o que permite supor que a ausência dessas informações é devida ao fato de as recomendações destinarem-se especificamente ao cultivar e ao sistema de manejo predominante na região de abrangência, para a qual as tabelas foram concebidas;
- b) com exceção da EMATER-PB, que não considera a produtividade esperada, as tabelas consideram ainda de forma superficial a relação entre produtividade esperada, densidade de plantio e teor de nutriente no solo. A relação entre produtividade esperada e densidade de plantio é contemplada de forma mais completa pela EMATER-BA, enquanto a abordagem mais detalhada da relação entre produtividade esperada e teor de nutrientes no solo é feita pelo Boletim 100;
- c) as informações sobre adubação das socas restringem-se ao Boletim 100 e à 5ª Aproximação, mas limitam-se a percentuais fixos e estipulados com base nas doses recomendadas para o primeiro cultivo.

Comparando as doses estimadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, para o cultivar Pérola, com as doses recomendadas pela EMATER-PB (Figura 24), verifica-se que, ao contrário da tabela que estabelece doses fixas dos nutrientes, definidas em função do teor de nutriente no solo, mas independentes da produtividade esperada, o FERTCALC[®]-Abacaxi apresenta variação contínua das doses, em função da produtividade esperada, do teor de nutriente no solo e do ciclo de produção.

Quanto ao N, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomendou, para solo com teor de matéria orgânica baixo, doses maiores em relação àquelas recomendadas pela EMATER-PB no primeiro cultivo e para produtividades > 37 t/ha no segundo cultivo. Para solos com teor de matéria orgânica alto, o Sistema recomendou menores doses para produtividades < 35 t/ha no primeiro cultivo e < 45 t/ha no segundo

cultivo (Figura 24). Tais diferenças podem ser explicadas pela contabilização, no balanço nutricional do segundo cultivo, das quantidades de nutrientes provenientes dos resíduos culturais e pelo aumento da produtividade esperada, aspectos estes não considerados nas recomendações apresentadas nas tabelas.

Em relação ao P, as doses recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi são maiores que as da EMATER -BA no solo com teores de P baixos no primeiro cultivo e para produtividades > 45 t/ha no segundo cultivo. Para solos com alto teor de P, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda doses de P para produtividades > 30 t/ha no primeiro cultivo e > 45 t/ha no segundo cultivo, sendo as doses recomendadas pelo Sistema inferiores em relação às da EMATER-PB, para produtividades até 50 t/ha no primeiro cultivo e até 65 t/ha no segundo cultivo (Figura 24).

Em relação ao K, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda maiores doses para solos com baixos teores deste elemento, tanto no primeiro quanto no segundo cultivo. Para o solo com alto teor de K, as doses são maiores para o primeiro cultivo, em toda a faixa de produtividade adotada, mas, no segundo cultivo, são superiores apenas para produtividades > 43 t/ha devido à contribuição dos resíduos orgânicos (Figura 24).

A exemplo das recomendações feitas pela EMATER-PB, as recomendações previstas pela EMATER-BA limitam-se a doses fixas de nutrientes, determinadas em função do teor do nutriente no solo e da mesma forma não contabilizam as variações em produtividade (Figura 25).

Comparando as doses de N e de K, recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para solos com baixos teores de matéria orgânica e de K, verifica-se que as mesmas são maiores tanto no primeiro quanto no segundo cultivo, em relação àquelas previstas pela EMATER-BA, fato este também constatado para solos com altos teores de matéria orgânica e K no primeiro cultivo (Figura 25). Entretanto, para o segundo cultivo em solos com altos teores de matéria orgânica e K, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda maiores doses de N e K, em relação às da EMATER-BA, para produtividades a partir de 35 t/ha para ambos os cultivares (Figura 25).

Quanto ao P, as doses recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para solos com baixo teor, são menores em relação às da EMATER-BA, em toda a faixa de produtividade, no primeiro cultivo e para produtividades < 32 t/ha no segundo cultivo. No solo com alto teor de P, as doses recomendadas pelo FERTCALC[®]-

Abacaxi são maiores, apenas, para produtividades > 45 t/ha no primeiro cultivo e > 55 t/ha no segundo. No segundo cultivo, o Sistema recomenda P somente para produtividades a partir de 42 t/ha.

As comparações feitas entre as doses, recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi para o cultivar Pérola e aquelas previstas pela EMATER-PB (Figura 24) e EMATER-BA (Figura 25), demonstram que, em geral, o Sistema recomenda maiores doses de N, P e K em relação às tabelas, sendo as diferenças maiores no primeiro cultivo e nos solos com baixos teores de P, K e matéria orgânica. As doses são, em geral, menores do que aquelas previstas nas tabelas para produtividades mais baixas e nos solos com teores de P, K e matéria orgânica altos no segundo cultivo (Figuras 24 e 25). Dessa forma, ao contrário das tabelas, as doses recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi mostram-se mais coerentes, pois, aumentam com a produtividade esperada, acompanham o aumento das doses dos demais nutrientes, mas diminuem com a elevação dos teores de nutrientes no solo, sendo, em geral, menores no segundo cultivo devido à contribuição dos resíduos orgânicos.

Ao comparar as recomendações feitas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi com a 5ª Aproximação para o cultivar Smooth Cayenne (Figura 26), verifica-se, que para o solo com baixo teor de matéria orgânica, as doses recomendadas pelo Sistema são maiores em toda a faixa de produtividade no primeiro cultivo e para produtividades > 45 t/ha no segundo cultivo. Para solo com teor de matéria orgânica alto, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda doses superiores em relação à 5ª Aproximação para produtividades a partir de 45 t/ha no primeiro cultivo e > 55 t/ha no segundo cultivo.

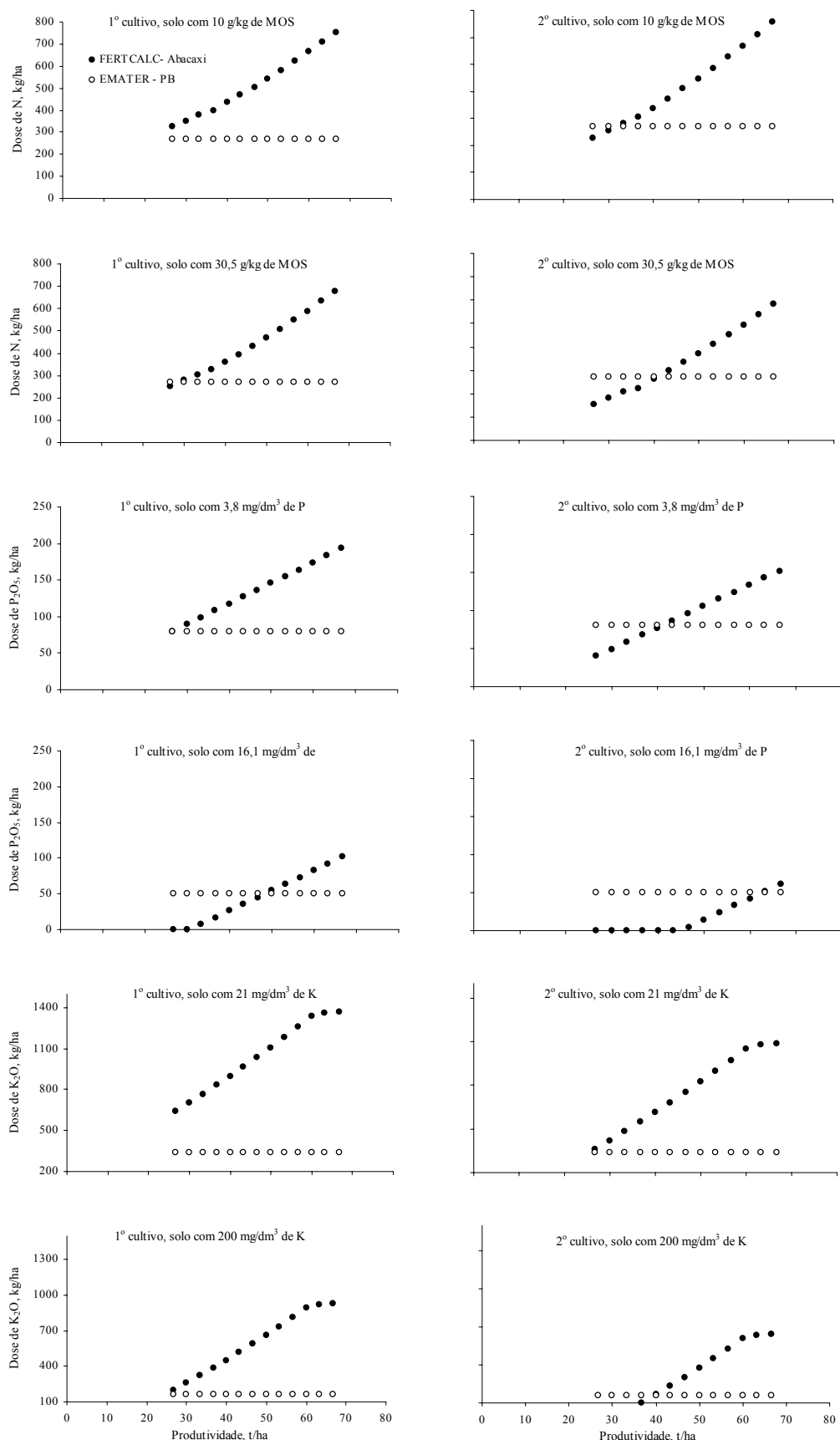


Figura 24 - Doses de N, P e K recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi e pela EMATER-PB, em função da produtividade esperada e dos teores destes nutrientes no solo, para o abacaxizeiro Pérola no primeiro e segundo cultivos.

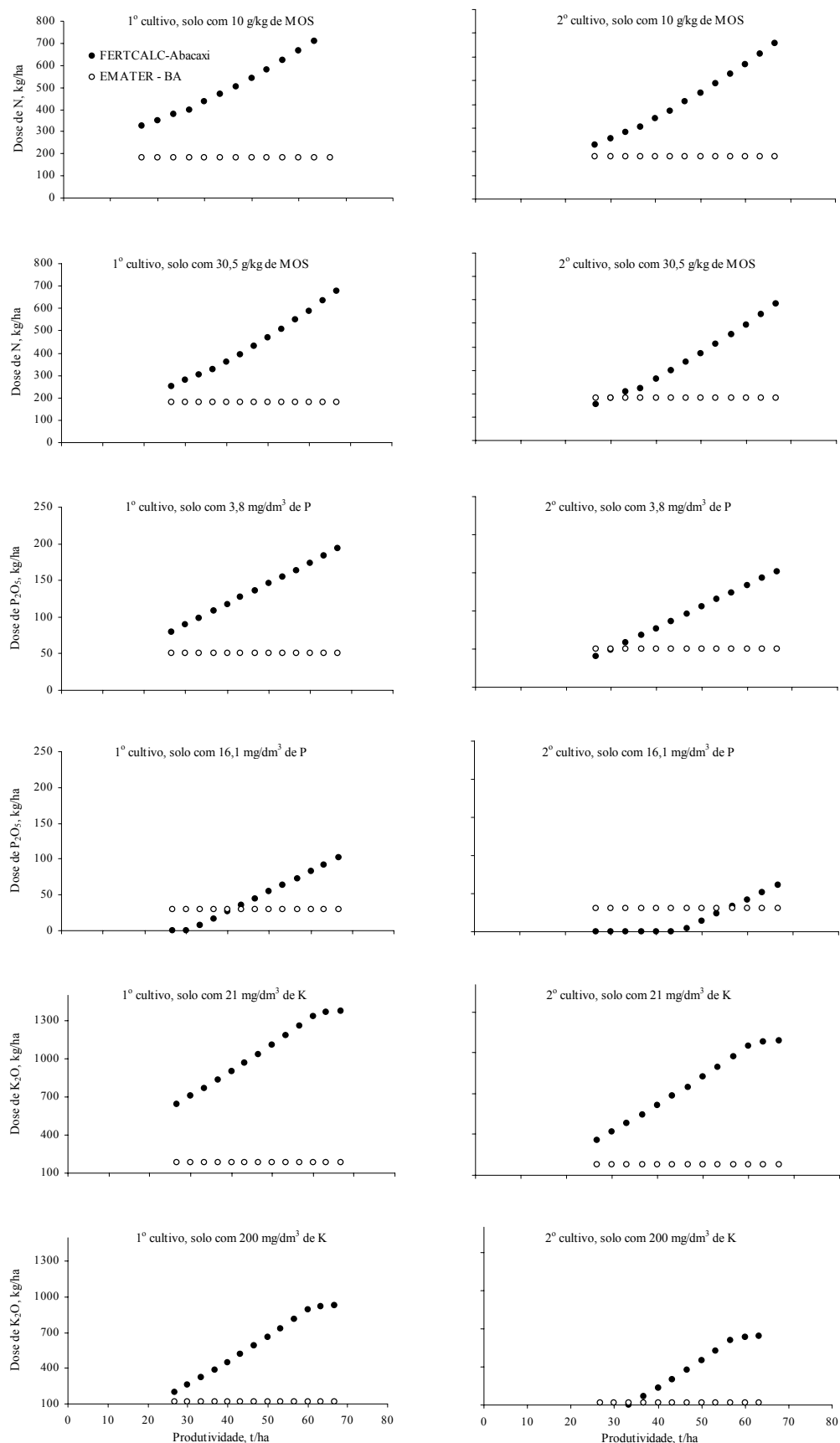


Figura 25 - Doses de N, P e K recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi e pela EMATER-BA em função da produtividade esperada e dos teores destes nutrientes no solo, para o abacaxizeiro Pérola no primeiro e segundo cultivos.

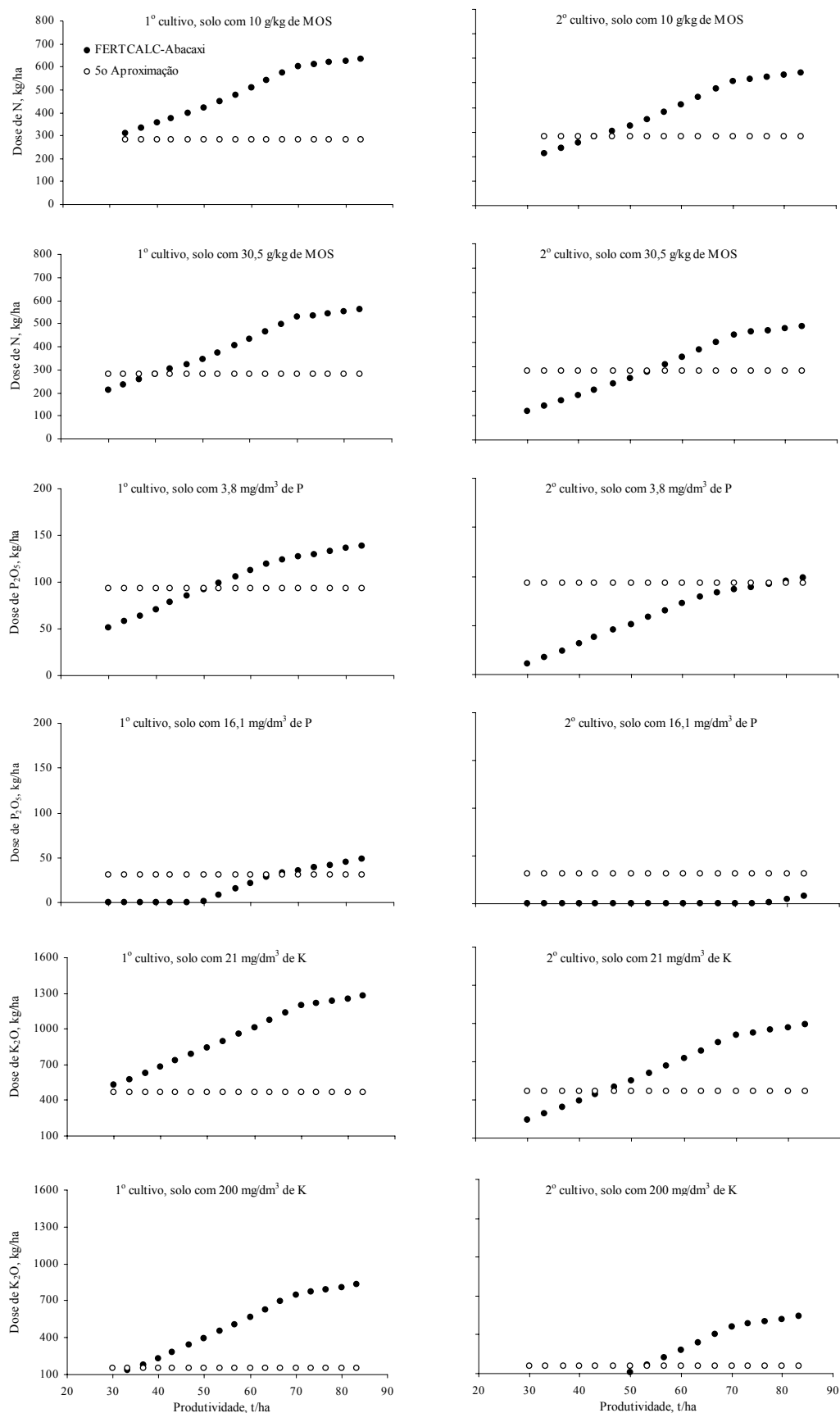


Figura 26 - Doses de N, P e K recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi e pela 5ª Aproximação, em função da produtividade esperada e dos teores destes nutrientes no solo, para o abacaxizeiro Smooth Cayenne no primeiro e segundo cultivos.

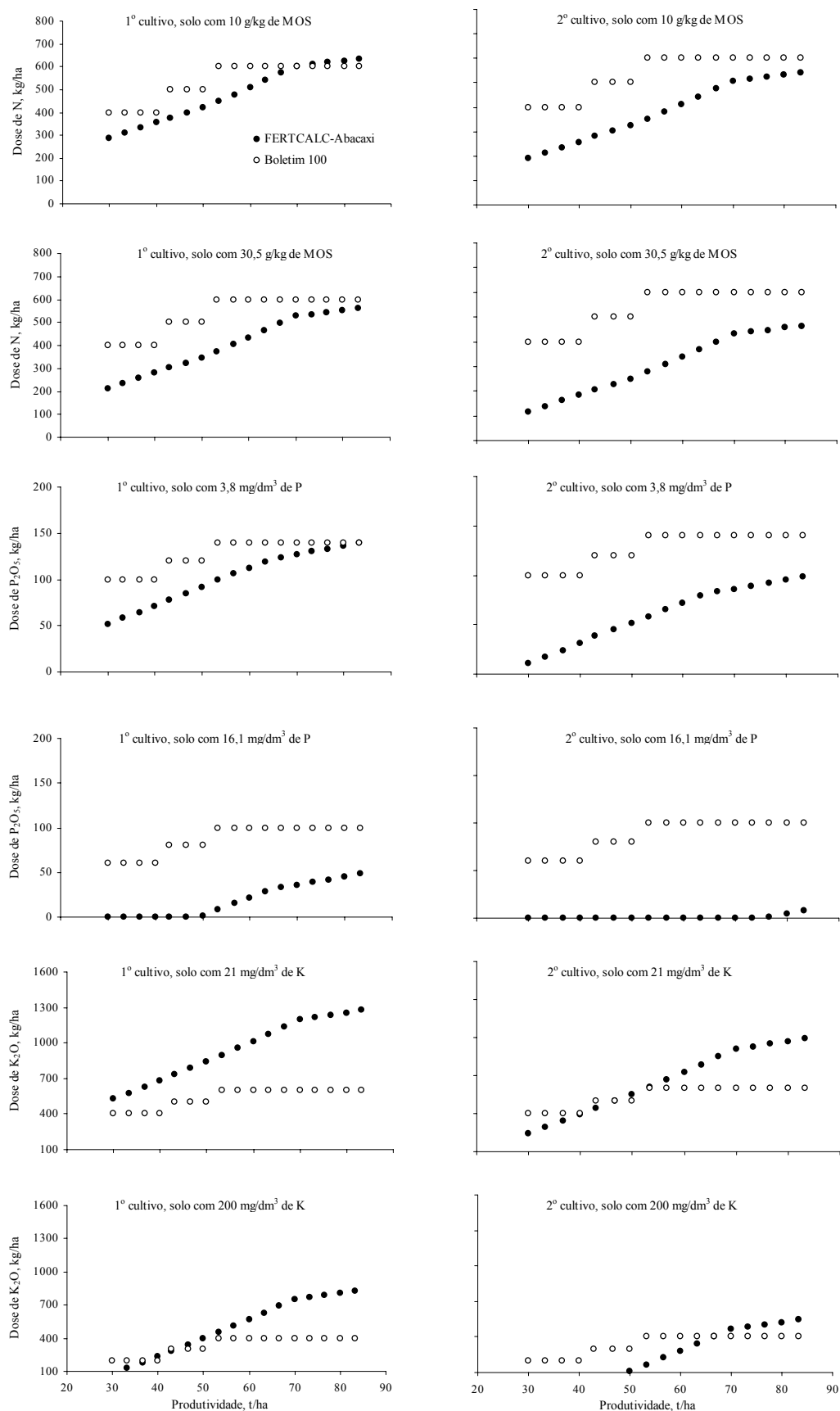


Figura 27 - Doses de N, P e K recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi e pelo Boletim 100, em função da produtividade esperada e dos teores destes nutrientes no solo, para o abacaxizeiro Smooth Cayenne no primeiro e segundo cultivos.

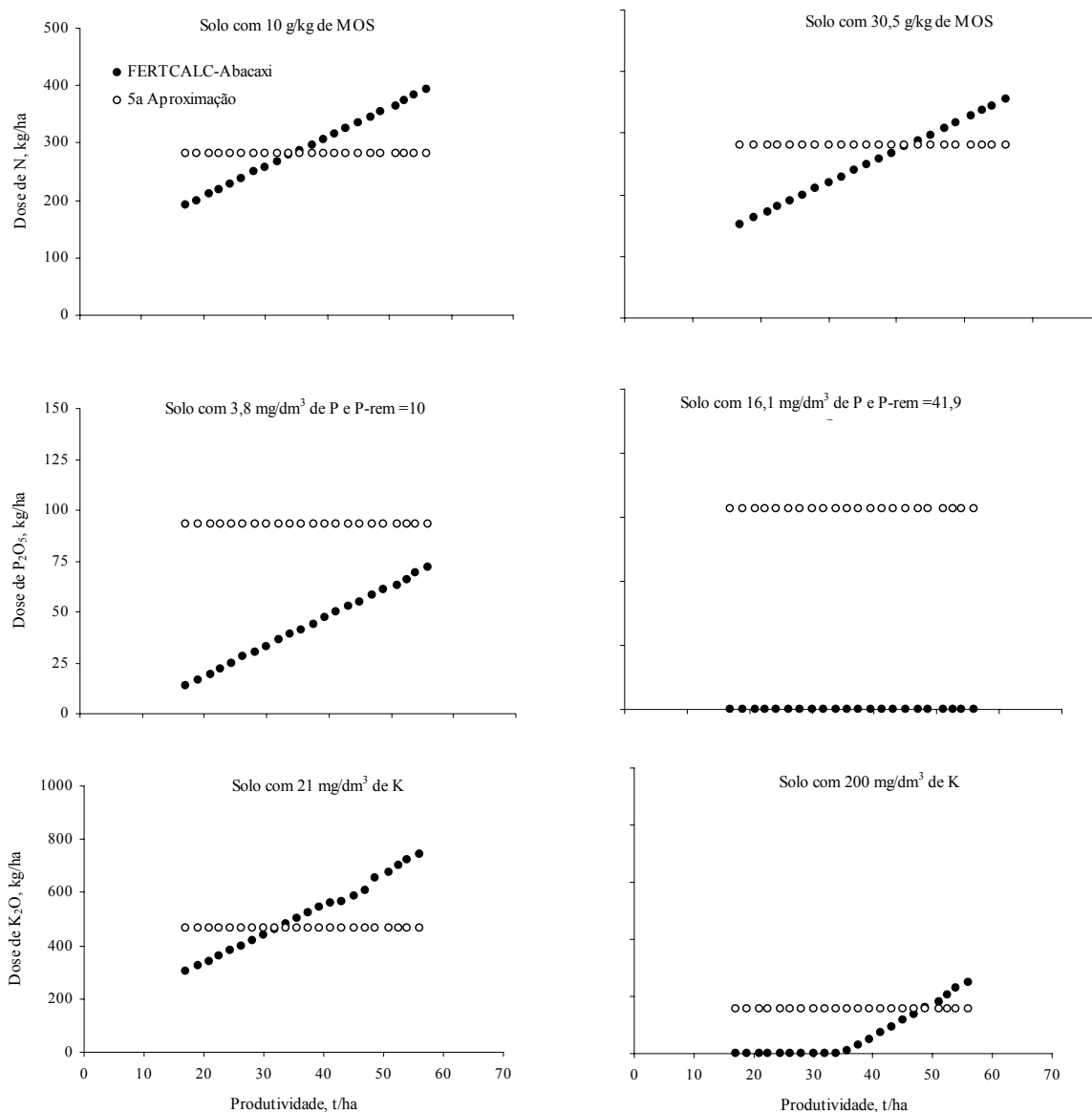


Figura 28 - Doses de N, P e K recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi e pela 5^a Aproximação para a soca do abacaxizeiro Smooth Cayenne, em função da produtividade esperada e dos teores destes nutrientes no solo.

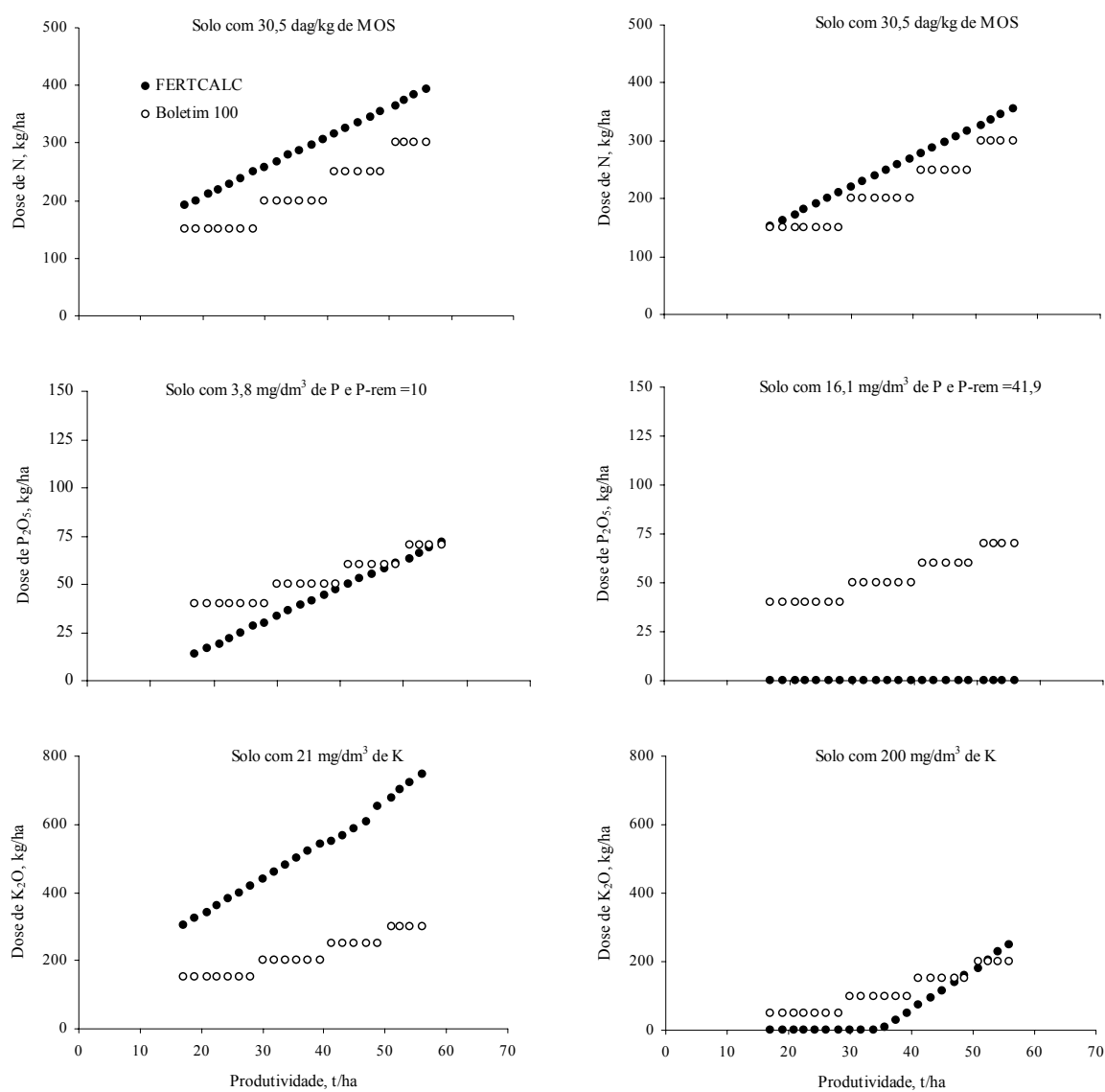


Figura 29 - Doses de N, P e K recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi e pelo Boletim 100 para a soca do abacaxizeiro Smooth Cayenne, em função da produtividade esperada e dos teores destes nutrientes no solo.

Quanto ao P, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda, para solos com baixo teor, doses superiores em relação à 5ª Aproximação para produtividades > 50 t/ha no primeiro cultivo e > 80 t/ha no segundo cultivo. No solo com alto teor de P, entretanto, as doses recomendadas pelo Sistema só superam aquelas da 5ª Aproximação para produtividades > 65 t/ha no primeiro cultivo, sendo que para o solo com alto teor no segundo cultivo, o Sistema recomenda P somente para produtividades > 80t/ha (Figura 26).

Quanto ao K, as doses recomendadas pelo FERTCALC[®] - Abacaxi foram, em geral, maiores em relação à 5ª Aproximação no primeiro cultivo, tanto no solo com baixo teor de K quanto alto. Para o segundo cultivo, porém, as doses recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi são maiores em relação às previstas pela 5ª Aproximação, apenas para produtividades > 45 t/ha no solo com teor de K baixo e > 55 t/ha no solo com alto teor. Tais diferenças podem ser explicadas pela menor demanda da cultura para alcançar produtividades mais baixas e pela quantidade de nutrientes fornecidas pelos resíduos orgânicos e contabilizadas no balanço nutricional do segundo cultivo (Figura 26).

As doses recomendadas no Boletim 100 (Spironello & Furlani,1996) são as únicas, entre aquelas dos principais Estados produtores, que contabilizam as variações dos teores de nutrientes no solo da produtividade esperada (Figura 27).

Quando se comparam as recomendações feitas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi com o Boletim 100, nota-se que, em geral, este último recomenda maiores doses de N para os dois cultivos, independentemente do teor de matéria orgânica no solo (Figura 27). O Boletim 100 recomenda também maiores doses de P, em relação ao FERTCALC[®]-Abacaxi, principalmente no caso de solo com teor baixo no segundo cultivo. O FERTCALC[®]-Abacaxi não recomenda P para o segundo cultivo em solo com alto teor de P e, para o segundo cultivo, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda P para produtividades > 55 t/ha.

Com relação ao K, as doses recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi são maiores em relação ao Boletim 100, principalmente no solo com baixos teores de K, em primeiro cultivo e para produtividades a partir de 55 t/ha no segundo cultivo. No solo com alto teor, as doses são inferiores em relação ao Boletim 100, para produtividades < 50 t/ha no primeiro cultivo e < 70 t/ha no segundo cultivo.

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que em geral as doses de N e P recomendadas pelo Boletim 100 são maiores que as previstas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, independentemente, do cultivo e do teor de matéria orgânica e de P no solo. Por outro lado, as doses de K recomendadas no Boletim 100 são inferiores, em relação às do FERTCALC[®]-Abacaxi no primeiro cultivo, em solo com teores baixos e para produtividades maiores, independentemente do teor de K no solo e do ciclo. Esta tendência de maiores doses de N e P e de menores doses de K do Boletim 100, em relação ao Sistema, pode ser atribuída à prioridade da adubação nitrogenada no cultivar Smooth Cayenne, no Estado de São Paulo (Teixeira et al., 2002) e, possivelmente aos valores de TRpl para K (Quadro 11), os quais estariam superestimando as doses.

Por outro lado, as doses recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, independentemente do cultivo e do teor de nutriente no solo, foram, em geral, superiores em relação à 5ª Aproximação, principalmente para o primeiro cultivo no solo com teores baixos de nutrientes e para produtividades mais elevadas no segundo cultivo.

Ao contrário das recomendações previstas no Boletim 100 e na 5ª Aproximação para o cultivo das socas, as quais se baseiam em doses fixas, estipuladas a partir de percentuais das doses recomendadas no primeiro cultivo, o FERTCALC[®]-Abacaxi considera, a exemplo do primeiro cultivo, a variação das doses para a soca, em função da produtividade esperada e do teor de nutrientes no solo (Figuras 28 e 29).

O FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda maiores doses de N, em relação à 5ª Aproximação, para produtividades > 40 t/ha no primeiro cultivo no solo com alto teor de matéria orgânica. Quanto ao P, as doses recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi são inferiores, sendo que o sistema não recomenda P para solos com teores altos. Quanto ao K, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda maiores doses para produtividades > 35 t/ha no solo com baixo teor e > 50 t/ha no solo com alto teor (Figura 28).

Em relação ao Boletim 100 (Figura 29), o FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda maiores doses de N tanto no solo com teor baixo quanto alto de matéria orgânica. As doses de P recomendadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi no solo com baixo teor de P, embora inferiores, aproximam-se das doses recomendadas no Boletim 100, não sendo recomendadas doses para solo com alto teor de P. As doses de K recomendadas pelo

FERTCALC[®]-Abacaxi são maiores no solo com baixo teor de K e no solo com alto teor de K para produtividades > 55 t/ha.

As comparações feitas entre o FERTCALC[®]-Abacaxi e as tabelas de adubação, inclusive em relação à soca (Figuras 24 a 29), revelam que a concepção e a abrangência das recomendações feitas pelas tabelas possuem caráter estritamente regional, pois, estão relacionadas às práticas de manejo dispensadas ao cultivar predominante e às características de fertilidade dos solos destinados à exploração da cultura.

Neste sentido, ressalta-se a versatilidade das recomendações feitas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi ao contemplar no estabelecimento das doses, maior número de variáveis (produtividade, peso do fruto, sistema e densidade de plantio) e considerar a contribuição dos nutrientes provenientes dos resíduos orgânicos e a utilização da dose de sustentabilidade. Isso torna o FERTCALC[®]-Abacaxi uma alternativa mais coerente, que apresenta melhor fundamentação teórica do que as tabelas para o estabelecimento de doses de fertilizantes e corretivos para o abacaxizeiro.

5. ANÁLISE ECONÔMICA DAS RECOMENDAÇÕES

Para avaliar a economicidade das recomendações feitas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, procedeu-se à análise econômica. Na primeira versão do Sistema, adotou-se o critério da relação Benefício/Custo (B/C) descrito por Matsunaga et al. (1976) e denominado no presente trabalho como relação Receita/Custo¹⁵.

Para fins demonstrativos considerou-se a produção de frutos do cultivar Pérola, pesando 1,2 kg, cultivados no sistema de fileira simples (0,80 × 0,30 m), bem como os resultados da análise de solo (Quadro 16). Utilizaram-se os valores dos coeficientes técnicos para a cultura propostos por Takagui et al. (1996) e Barreiro Neto et al. (2002), além dos preços dos insumos e do produto praticados no Estado da Paraíba, no segundo semestre de 2005.

Na análise dos custos, as despesas e os encargos foram agrupados em três categorias, conforme apresentado a seguir

- 1) Custo Total (C) → corresponde ao somatório das despesas gerais do custo operacional efetivo (COE) e dos custos e encargos administrativos (CEA).
- 2) COE → corresponde às despesas diretas com desembolso financeiro para as atividades compreendidas entre o preparo do solo e a colheita, incluindo despesas com mecanização e mão-de-obra para as operações de plantio, tratos culturais e fitossanitários, irrigação, adubação e colheita. Foram, ainda, contabilizados neste

¹⁵ A utilização de um procedimento mais simples para avaliar a viabilidade econômica das doses geradas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi deveu-se ao fato de não se ter conseguido ainda equacionar satisfatoriamente essa questão. Foram feitas simulações utilizando-se a estrutura do Sistema de modo a “construir” uma função de produção diferenciável e que permitisse estabelecer as doses de máxima eficiência econômica. Porém, como a filosofia do método do balanço nutricional assume uma linearidade para o relacionamento entre produtividade e doses, essa tentativa se mostrou pouco consistente. Futuras versões do FERTCALC[®] Abacaxi ou de outro Sistema FERTCALC deverão contemplar de forma mais aprofundada essa questão, utilizando-se para isso a abordagem de interação entre nutrientes e a moldura de cálculos apresentada pelo QUEFTS (Janssen et al., 1990).

item, todos os custos gerados com a aquisição de insumos, tanto das variáveis mantidas constantes quanto das variáveis em estudo.

3) CEA → representam as despesas indiretas referentes a juros, impostos, encargos sociais, taxas de administração e depreciação de equipamentos, sendo a participação de cada item orçamentário assim considerada:

- a) remuneração do capital próprio – calculado à base de 0,5 % ao mês sobre metade do valor do COE e objetiva remunerar o uso alternativo do capital do produtor, caso optasse por aplicação financeira em poupança, por exemplo;
- b) Remuneração do fator terra – corresponde ao valor real de aluguel de 1,0 ha na região produtora, para este tipo de cultivo;
- c) Encargos sociais – calculados sobre o custo total da mão-de-obra e objetiva dar respaldo financeiro para indenizações trabalhistas e dispensas de pessoal;
- d) Depreciação de máquinas e equipamentos – recursos necessários para cobrir peças de reposição e substituição dos equipamentos, ao final de sua vida útil e correspondem a 10 % do valor dos equipamentos;
- e) Taxa de administração/gerência – calculados na base de 5 % do COE;
- f) INSS – valor referente a 2 % da Receita Total (RT); e
- g) PIS/Confins/Contribuição Social – encargos no valor de 5 % da RT.

A Receita Bruta (B) originou-se da venda de frutos, sendo obtida a partir da multiplicação da quantidade de frutos produzidos pelo preço na data de venda, definidos conforme as normas de classificação dos frutos (Almeida et al., 2004). A receita líquida (L) foi obtida, debitando-se do valor da receita bruta (B) os custos totais (C). A relação B/C resultou do quociente entre receita bruta e custo total (B/C).

Os resultados da análise econômica para as recomendações feitas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi são apresentadas nos quadros 23 a 28. Observa-se que nas condições em que o produtor não dispõe de mudas para plantio (Quadros 23, 24 e 25) o custo operacional efetivo de 1 ha de abacaxizeiro Pérola é de R\$ 7.367,00. Desse total, 72 % correspondem às despesas com insumos e 31,1 % referem-se às despesas com as mudas, as quais se limitam ao primeiro cultivo, pois, após a colheita e etapa de ceva, o produtor disporá destas para instalação de novos cultivos ou para comercialização.

Quadro 23 - Custo operacional efetivo de 1,0 ha de abacaxizeiro Pérola, em primeiro cultivo

Discriminação	Und.	Qtd.	Preço Unitário	Preço Total	%
-----R\$-----					
Insumos					
Mudas	Milheiro	46	50,00	2.291,67	31,10
Calcário	t	4,30	100,00	430,02	5,84
Esterco	t	10	60,00	600,00	8,14
Uréia	kg	179	1,28	229,22	3,11
Superfosfato simples	kg	49	1,60	78,81	1,07
Sulfato de Magnésio	kg	12	1,00	11,99	0,16
Cloreto de Potássio	kg	546	0,96	524,17	7,11
Bórax	kg	0,03	5,00	0,17	0,002
Sulfato de Zinco	kg	0,00	5,00	0,00	0,000
Sulfato de Cobre	kg	0,33	5,00	1,67	0,023
Sulfato de Manganês	kg	0,00	6,00	0,00	0,000
Sulfato de Ferro	kg	0,00	6,00	0,00	0,000
Herbicida (2 aplicações)	L	4	20,00	80,00	1,09
Formicida	L	3	20,00	60,00	0,81
Inseticida	L	8	40,00	320,00	4,34
Fungicida	L	7	45,00	315,00	4,28
Carbureto de Cálcio	kg	85	2,00	170,00	2,31
Espalhante adesivo	L	2	10,00	20,00	0,27
Luvas e aventais	und	15	5,00	75,00	1,02
Balaio	und	10	10,00	100,00	1,36
Subtotal				5.307,73	72,04
Implantação					
Aração	h/tr	3	50,00	150,00	2,04
Gradagem (2)	h/tr	2	50,00	100,00	1,36
Calagem/Estercagem	d/tr	2	50,00	100,00	1,36
Sulcamento	h/tr	2	50,00	100,00	1,36
Seleção de mudas	d/h	10	10,00	100,00	1,36
Tratamento de mudas	d/h	10	10,00	100,00	1,36
Plantio	d/h	15	10,00	150,00	2,04
Replantio	d/h	5	10,00	50,00	0,68
Subtotal				850,00	11,54
Tratos Culturais					
Aplicação de adubos (4)	d/h	16	10,00	160,00	2,17
Capinas (10)	d/h	40	10,00	400,00	5,43
Aplicação de defensivos (5)	d/h	10	10,00	100,00	1,36
Aplicação de indutor floral	d/h	5	10,00	50,00	0,68
Subtotal				710,00	9,64
Colheita					
Colheita	d/h	50	10,00	500,00	6,79
Subtotal				500,00	6,79
Custo Operacional				7.367,73	100,00

Quadro 24 - Custos e Encargos Administrativos de 1,0 ha de abacaxizeiro Pérola, em primeiro cultivo

Descrição	Base de cálculo	Valor total
		-----R\$-----
Remuneração de capital próprio	9,0 % do COE	663,10
Remuneração do fator terra/ha	R\$ 500,00/ha	500,00
Encargos sociais	35,0 % sobre M.O.	563,50
Depreciação de máq. e equipamentos	10,0 % do valor do equip.	500,00
Taxas de administração (Gerência)	5,0 % C.O.E.	368,39
INSS	2,0 % B	442,00
PIS/COFINS/Contribuição social	5,0 % B	1.105,00
Total		4.141,98
Custo Total (C = COE + CEA)		11.509,71

Quadro 25 - Balanço entre receitas, custos e relação receita/custo (B/C), obtido no cultivo de 1,0 ha de abacaxizeiro Pérola, em primeiro cultivo

Origem da Receita	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
	-----t/ha-----	-----R\$-----	
Frutos de 1 ^a	36,40	490,00	17.836,00
Frutos de 2 ^a	10,40	320,00	3.328,00
Frutos de 3 ^a	5,20	180,00	936,00
COE	-	-	7.367,73
CEA	-	-	4.141,98
Custo Total (C)	-	-	11.509,71
Custo/Fruto	-	-	0,28
Receita Bruta (B)	-	-	22.100,00
Receita Líquida (L)	-	-	10.590,29
Relação B/C	-	-	1,92

Quadro 26 - Custo operacional efetivo de 1,0 ha de abacaxizeiro Pérola, em segundo cultivo

Discriminação	Und.	Qtd.	Preço Unitário	Preço Total	%
-----R\$-----					
Insumos					
Mudas	Milheiro	-	-	-	-
Calcário	t	4,3	100,00	430,02	8,91
Esterco	t	10,0	60,00	600,00	12,43
Uréia	kg	136,0	1,28	173,80	3,60
Superfosfato simples	kg	34,0	1,60	53,61	1,11
Sulfato de Magnésio	kg	9,0	1,00	9,22	0,19
Cloreto de Potássio	kg	374,0	0,96	359,17	7,44
Bórax	kg	0,01	5,00	0,07	0,001
Sulfato de Zinco	kg	-	-	-	-
Sulfato de Cobre	kg	0,33	5,00	1,63	0,034
Sulfato de Manganês	kg	-	-	-	-
Sulfato de Ferro	kg	-	-	-	-
Herbicida (2 aplicações)	L	4,0	20,00	80,00	1,66
Formicida	L	3,0	20,00	60,00	1,24
Inseticida	L	8,0	40,00	320,00	6,63
Fungicida	L	7,0	45,00	315,00	6,53
Carbureto de Cálcio	kg	85,0	2,00	170,00	3,52
Espalhante adesivo	L	2,0	10,00	20,00	0,41
Luvas e aventais	und	15,0	5,00	75,00	1,55
Balaio	und	10,0	10,00	100,00	2,07
Subtotal				2.767,52	57,33
Implantação					
Aração	h/tr	3,0	50,00	150,00	3,11
Gradagem (2)	h/tr	2,0	50,00	100,00	2,07
Calagem/Estercagem	d/tr	2,0	50,00	100,00	2,07
Sulcamento	h/tr	2,0	50,00	100,00	2,07
Seleção de mudas	d/h	10,0	10,00	100,00	2,07
Tratamento de mudas	d/h	10,0	10,00	100,00	2,07
Plantio	d/h	15,0	10,00	150,00	3,11
Replantio	d/h	5,0	10,00	50,00	1,04
Subtotal				850,00	17,61
Tratos Culturais					
Aplicação de adubos (4)	d/h	16,0	10,00	160,00	3,31
Capinas (10)	d/h	40,0	10,00	400,00	8,29
Aplicação de defensivos (5)	d/h	10,0	10,00	100,00	2,07
Aplicação de indutor floral	d/h	5,0	10,00	50,00	1,04
Subtotal				710,00	14,71
Colheita					
Colheita	d/h	50,0	10,00	500,00	10,36
Subtotal				500,00	10,36
Custo Operacional				4.827,52	100,00

Quadro 27 - Custo e Encargos Administrativos de 1,0 ha de abacaxizeiro Pérola, em segundo cultivo

Descrição	Base de cálculo	Valor total
		-----R\$-----
Remuneração de capital próprio	9,0 % do COE	434,48
Remuneração do fator terra/ha	R\$ 500,00/ha	500,00
Encargos sociais	35,0 % sobre M.O.	563,50
Depreciação de máq. e equipamentos	10,0 % do valor do equip.	500,00
Taxas de administração (Gerência)	5,0 % C.O.E.	241,38
INSS	2,0 % R.T.	442,00
PIS/COFINS/Contribuição social	5,0 % R.T.	1.105,00
Total	-	3.786,35
Custo Total (C = COE + CEA)	-	8.613,87

Quadro 28 - Balanço entre receitas, custos e relação receita/custo (B/C), obtido no cultivo de 1,0 ha de abacaxizeiro Pérola, em segundo cultivo

Origem da Receita	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
	-----t/ha-----	-----R\$-----	
Frutos de 1 ^a	36,40	490,00	17.836,00
Frutos de 2 ^a	10,40	320,00	3.328,00
Frutos de 3 ^a	5,20	180,00	936,00
COE	-	-	4.827,52
CEA	-	-	3.786,35
Custo Total (C)	-	-	8.613,87
Custo/Fruto	-	-	0,21
Receita Bruta (B)	-	-	22.100,00
Receita Líquida (L)	-	-	13.486,13
Relação B/C	-	-	2,56

A carência de mudas de qualidade é um dos principais fatores, que limitam a expansão da abacaxicultura no País (Reinhardt et al., 1996), sendo tanto o número quanto a qualidade das mudas influenciados pelo manejo nutricional da cultura. Neste sentido, pressupõe-se o manejo adequado da adubação pode, além de beneficiar a produção e a qualidade dos frutos, resultar em fonte de renda adicional para o produtor a ser contabilizada no cálculo das receitas.

Os gastos com fertilizantes perfizeram um total de R\$ 1.274,21 no primeiro cultivo (Quadro 23) e R\$ 1.025,82 no segundo cultivo (Quadro 26), sendo as diferenças devidas à contribuição dos resíduos orgânicos do cultivo anterior, a qual promove diminuição das doses recomendadas e dos custos com fertilizantes. Os custos com K representaram, tanto no primeiro (41 %) quanto no segundo cultivo (35 %), o maior percentual do custo operacional efetivo com fertilizantes.

Considerando os valores do COE (Quadros 23 e 26) e de CEA (Quadros 24 e 27), o custo total de implantação de 1 ha de abacaxizeiro é de R\$ 8.613,87, para o caso em que já se dispõem de mudas e de R\$ 11.509,71 caso seja preciso adquiri-las, demonstrando que a abacaxicultura é uma atividade que requer altos investimentos.

Com base na produtividade esperada de 52 t/ha e adotando-se os valores de COE (Quadros 23 e 26) e CEA (Quadros 24 e 27), verifica-se que o custo de produção de 1 fruto de abacaxi (Custo/Fruto) é da ordem de R\$ 0,28 para o primeiro cultivo e de R\$ 0,21 para o segundo cultivo (Quadros 25 e 28).

O resultado do balanço gerado entre custos e receitas é influenciado, diretamente, pela produtividade esperada e pelos preços do produto e dos insumos praticados no mercado. Assim, adotando-se os preços do produto estipulados em R\$ 490,00/t para frutos pesando 1,2 kg e de R\$ 320,00 e R\$ 180,00/t para frutos com classe de peso inferior verifica-se que a receita bruta é de R\$ 22.100,00 (Quadros 25 e 28).

Debitando-se do custo total os valores de COE e CEA, chega-se a uma receita líquida de R\$ 13.486,13 para o caso em que já se dispõe de mudas e de R\$ 10.590,2, quando houver a necessidade de adquiri-las e não houve a contabilização dos resíduos orgânicos. Isto resulta numa relação B/C de 2,56 e 1,92, respectivamente, o que significa que o investimento de cada unidade monetária gera um retorno de 156 e 92 %, respectivamente.

Os resultados obtidos estão coerentes com os reportados por Takagui et al. (1996) para o cultivar Smooth Cayenne, em São Paulo e por Barreiro Neto et al.

(2002) para o cultivar Pérola no Estado da Paraíba, demonstrando que a abacaxicultura, embora onerosa, é uma atividade rentável em comparação com outras atividades agrícolas, mesmo aquelas de ciclo mais curto e com maior rotatividade do capital. Considerando o intervalo de 18 meses entre o plantio e colheita, a remuneração mensal da atividade é de R\$ 749,23/ha, caso se disponha das mudas e de R\$ 588,34/ha quando não se dispuser das mesmas.

Embora os resultados econômicos apresentem-se vantajosos, vale enfatizar que a sazonalidade da produção e os seus efeitos nos preços pagos ao produtor influenciam, diretamente, a lucratividade da atividade, sendo, portanto, sempre necessário considerar as oscilações nos preços dos frutos e dos insumos, na análise econômica da produção.

Para avaliar o efeito da variação nos preços dos fertilizantes e do produto nos custos, receitas e na relação B/C, foram feitas simulações para diferentes cenários, em que se manteve constante o preço de um dos fatores e variou-se o preço do outro fator, em magnitude de variação entre 0,25 e 2,0 vez os preços dos fatores. Para fins de cálculos, adotou-se a produtividade de 52 t/ha para o cultivar Pérola, plantado em sistema de fileira simples e os resultados das análises dos solos 2 e 7 (Quadro 21), representando condições de baixa e alta fertilidade, respectivamente.

Os dados demonstram a alta rentabilidade da abacaxicultura, independentemente, da fertilidade do solo (Quadros 29 e 30), pois, para solos de baixa fertilidade, a taxa de retorno foi de 87 %, enquanto para solos de alta fertilidade a taxa de retorno foi de 182 %. A elevação dos preços dos fertilizantes não provocou grandes alterações na taxa de retorno da cultura, quando comparada à variação no preço do produto, que alterou de forma mais pronunciada as taxas de retorno da atividade, demonstrando a importância da época de produção e de comercialização nos retornos econômicos da cultura.

Embora a relação entre os preços do produto e dos fertilizantes tenha se mostrado favorável para o produto, o que pode, a princípio, dar uma impressão equivocada da participação dos fertilizantes no custo de produção, vale destacar a importância da racionalização dos critérios para recomendação de fertilizantes para a cultura do abacaxizeiro. Neste sentido, o estabelecimento de doses a partir do princípio do balanço nutricional constitui em premissa básica para elevar a produtividade e a qualidade dos frutos, otimizar o uso de fertilizantes e demais insumos e assegurar retornos econômicos compensadores, numa visão integrada de sustentabilidade.

Quadro 29 – Custos e receitas (R\$) e relação B/C para um hectare do cultivar Pérola, em função da variação nos preços dos insumos e do produto, em primeiro cultivo, para o solo de fertilidade baixa

Item	Preço do Produto							
	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
Variação no Preço do Fertilizante = 0,25								
Custo Total (C)	9.865	10.252	10.638	11.025	11.412	11.799	12.185	12.572
Custo/Fruto	0,19	0,20	0,20	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-4.340	797	5.936	11.074	16.212	21.350	26.489	31.627
Relação B/C	0,56	1,08	1,56	2,00	2,42	2,81	3,17	3,52
Variação no Preço do Fertilizante = 0,50								
Custo Total (C)	10.121	10.508	10.895	11.282	11.668	12.055	12.442	12.829
Custo/Fruto	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	0,23	0,24	0,25
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-4.596	541	5.679	10.818	15.956	21.094	26.232	31.371
Relação B/C	0,55	1,05	1,52	1,96	2,37	2,75	3,11	3,45
Variação no Preço do Fertilizante = 0,75								
Custo Total (C)	10.378	10.764	11.151	11.538	11.925	12.311	12.698	13.085
Custo/Fruto	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-4.853	285	5.423	10.561	15.699	20.838	25.976	31.114
Relação B/C	0,53	1,03	1,49	1,92	2,32	2,69	3,05	3,38
Variação no Preço do Fertilizante = 1,0								
Custo Total (C)	10.634	11.021	11.408	11.794	12.181	12.568	12.955	13.341
Custo/Fruto	0,20	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-5.109	28	5.167	10.305	15.443	20.581	25.720	30.858
Relação B/C	0,52	1,00	1,45	1,87	2,27	2,64	2,99	3,31
Variação no Preço do Fertilizante = 1,25								
Custo Total (C)	10.890	11.277	11.664	12.051	12.437	12.824	13.211	13.598
Custo/Fruto	0,21	0,22	0,22	0,23	0,24	0,25	0,25	0,26
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-5.365	-227	4.910	10.048	15.187	20.325	25.463	30.601
Relação B/C	0,51	0,98	1,42	1,83	2,22	2,58	2,93	3,25
Variação no Preço do Fertilizante = 1,50								
Custo Total (C)	11.147	11.534	11.920	12.307	12.694	13.081	13.467	13.854
Custo/Fruto	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,26	0,27
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-5.622	-484	4.654	9.792	14.930	20.069	25.207	30.345
Relação B/C	0,50	0,96	1,39	1,80	2,18	2,53	2,87	3,19
Variação no Preço do Fertilizante = 1,75								
Custo Total (C)	11.403	11.790	12.177	12.563	12.950	13.337	13.724	14.110
Custo/Fruto	0,22	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-5.878	-740	4.397	9.536	14.674	19.812	24.950	30.089
Relação B/C	0,48	0,94	1,36	1,76	2,13	2,49	2,82	3,13
Variação no Preço do Fertilizante = 2,0								
Custo Total (C)	11.659	12.046	12.433	12.820	13.206	13.593	13.980	14.367
Custo/Fruto	0,22	0,23	0,24	0,25	0,25	0,26	0,27	0,28
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-6.134	-996	4.141	9.279	14.418	19.556	24.694	29.832
Relação B/C	0,47	0,92	1,33	1,72	2,09	2,44	2,77	3,08

Quadro 30 – Custos e receitas (R\$) e relação B/C para um hectare do cultivar Pérola, em função da variação nos preços dos insumos e do produto, em segundo cultivo, para o solo de fertilidade alta

Item	Variação no Preço do Produto							
	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
Variação no Preço do Fertilizante = 0,25								
Custo Total (C)	6.471	6.857	7.244	7.631	8.018	8.404	8.791	9.178
Custo/Fruto	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-946	4.193	9.331	14.469	19.607	24.746	29.884	35.022
Relação B/C	0,85	1,61	2,29	2,90	3,45	3,94	4,40	4,82
Variação no Preço do Fertilizante = 0,50								
Custo Total (C)	6.537	6.923	7.310	7.697	8.084	8.470	8.857	9.244
Custo/Fruto	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-1.012	4.127	9.265	14.403	19.541	24.680	29.818	34.956
Relação B/C	0,85	1,60	2,27	2,87	3,42	3,91	4,37	4,78
Variação no Preço do Fertilizante = 0,75								
Custo Total (C)	6.603	6.989	7.376	7.763	8.150	8.536	8.923	9.310
Custo/Fruto	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-1.078	4.061	9.199	14.337	19.475	24.614	29.752	34.890
Relação B/C	0,84	1,58	2,25	2,85	3,39	3,88	4,33	4,75
Variação no Preço do Fertilizante = 1,0								
Custo Total (C)	6.669	7.055	7.442	7.829	8.216	8.602	8.989	9.376
Custo/Fruto	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-1.144	3.995	9.133	14.271	19.409	24.548	29.686	34.824
Relação B/C	0,83	1,57	2,23	2,82	3,36	3,85	4,30	4,71
Variação no Preço do Fertilizante = 1,25								
Custo Total (C)	6.735	7.121	7.508	7.895	8.282	8.668	9.055	9.442
Custo/Fruto	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-1.210	3.929	9.067	14.205	19.343	24.482	29.620	34.758
Relação B/C	0,82	1,55	2,21	2,80	3,34	3,82	4,27	4,68
Variação no Preço do Fertilizante = 1,50								
Custo Total (C)	6.801	7.187	7.574	7.961	8.348	8.734	9.121	9.508
Custo/Fruto	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,18
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-1.276	3.863	9.001	14.139	19.277	24.416	29.554	34.692
Relação B/C	0,81	1,54	2,19	2,78	3,31	3,80	4,24	4,65
Variação no Preço do Fertilizante = 1,75								
Custo Total (C)	6.867	7.253	7.640	8.027	8.414	8.800	9.187	9.574
Custo/Fruto	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,18
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-1.342	3.797	8.935	14.073	19.211	24.350	29.488	34.626
Relação B/C	0,80	1,52	2,17	2,75	3,28	3,77	4,21	4,62
Variação no Preço do Fertilizante = 2,0								
Custo Total (C)	6.933	7.320	7.706	8.093	8.480	8.867	9.253	9.640
Custo/Fruto	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19
Rec. Bruta (B)	5.525	11.050	16.575	22.100	27.625	33.150	38.675	44.200
Rec. Líquida (L)	-1.408	3.730	8.869	14.007	19.145	24.283	29.422	34.560
Relação B/C	0,80	1,51	2,15	2,73	3,26	3,74	4,18	4,59

6. VERIFICAÇÃO DO SISTEMA

A verificação das doses e da economicidade das recomendações feitas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi foram avaliadas, comparando-se as estimativas feitas pelo Sistema com dados e informações obtidas em ensaios de adubação, realizados em regiões de expressividade econômica da cultura.

6.1 Dados experimentais

Foram conduzidos quatro ensaios de adubação no Estado da Paraíba, sendo dois no município de Sapé e dois em Santa Rita, em solos classificados como Argissolos Vermelho-Amarelo e Espodossolos Ferrocárbicos, respectivamente. As áreas dos experimentos estão sob influência do clima As', quente e úmido, baseado na classificação de Köppen, com chuvas de outono-inverno, período de estiagem de cinco a seis meses, temperaturas médias variando entre 22 e 26 °C e precipitação pluviométrica anual de 1.500 mm (BRASIL, 1972). Neste trabalho, entretanto, são apresentados apenas os dados referentes a um dos ensaios, realizado no município de Sapé, mesorregião geográfica da Mata (Quadro 31).

Quadro 31 - Caracterização química do solo da área experimental antes da instalação

Característica	Valor	Extrator
pH	4,70	Água (1:2,5)
P (mg/dm ³)	1,50	Mehlich-1
K (mg/dm ³)	21,0	Mehlich-1
Ca (cmol _c /dm ³)	1,50	KCl 1 mol/L
Mg (cmol _c /dm ³)	0,60	KCl 1 mol/L
Al (cmol _c /dm ³)	0,80	KCl 1 mol/L
H + Al (cmol _c /dm ³)	8,50	Ca(OAc) Ca 0,5 mol/L – pH 7,0
SB (cmol _c /dm ³)	2,15	-
t (cmol _c /dm ³)	2,95	-
T (cmol _c /dm ³)	10,65	-
V (%)	20,18	-
m (%)	27,1	-
S (mg/dm ³)	3,00	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ em HOAc (1:2,5)
B (mg/dm ³)	0,20	Água quente
Cu (mg/dm ³)	0,68	Mehlich-1
Fe (mg/dm ³)	43,1	Mehlich-1
Mn (mg/dm ³)	6,00	Mehlich-1
Zn (mg/dm ³)	3,44	Mehlich-1
P _{rem-60} (mg/L)	33,3	CaCl ₂ 10 mmol/L
M.O. (g/kg)	21,0	Método Walkley-Black

Os tratamentos foram arranados numa matriz experimental mista, Plan Puebla III modificada com baconiana. Originaram-se da combinação dos níveis de N (25; 150; 250; 350 e 475 kg/ha), P₂O₅ (8; 48; 80; 112; e 152 kg/ha), K (30; 180; 300; 420; 540 kg/ha) e S (3; 18; 30; 42 e 57 kg/ha) acrescidos de quatro tratamentos adicionais, referentes à combinação da dose de referência para os fatores N, P, K e S (250, 80, 300 e 30 kg/ha de N, P₂O₅, K e S, respectivamente) e à variação na necessidade de calagem (NC), revelada pela análise de solo, bem como na dose de micronutrientes (DR) adotada para as condições locais (Oliveira et al., 2002). (Quadro 32).

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, totalizando 90 unidades experimentais, constituídas por fileiras de dez plantas, sendo considerada, como parcela útil, as oito plantas das oito fileiras centrais.

Quadro 32 - Níveis e doses de N, P, K, S, calagem e micronutrientes avaliados

Tratamento	Nível						Dose (kg/ha)					
	N	P	K	S	Cal ^{1/}	Micro ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Cal	Micro
1	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	NC	DR	150	48	180	18	NC	DR
2	-0,4	-0,4	-0,4	0,4	NC	DR	150	48	180	42	NC	DR
3	-0,4	-0,4	0,4	-0,4	NC	DR	150	48	420	18	NC	DR
4	-0,4	-0,4	0,4	0,4	NC	DR	150	48	420	42	NC	DR
5	-0,4	0,4	-0,4	-0,4	NC	DR	150	112	180	18	NC	DR
6	-0,4	0,4	-0,4	0,4	NC	DR	150	112	180	42	NC	DR
7	-0,4	0,4	0,4	-0,4	NC	DR	150	112	420	18	NC	DR
8	-0,4	0,4	0,4	0,4	NC	DR	150	112	420	42	NC	DR
9	0,4	-0,4	-0,4	-0,4	NC	DR	350	48	180	18	NC	DR
10	0,4	-0,4	-0,4	0,4	NC	DR	350	48	180	42	NC	DR
11	0,4	-0,4	0,4	-0,4	NC	DR	350	48	420	18	NC	DR
12	0,4	-0,4	0,4	0,4	NC	DR	350	48	420	42	NC	DR
13	0,4	0,4	-0,4	-0,4	NC	DR	350	112	180	18	NC	DR
14	0,4	0,4	-0,4	0,4	NC	DR	350	112	180	42	NC	DR
15	0,4	0,4	0,4	-0,4	NC	DR	350	112	420	18	NC	DR
16	0,4	0,4	0,4	0,4	NC	DR	350	112	420	42	NC	DR
17	-0,9	-0,4	-0,4	-0,4	NC	DR	25	48	180	18	NC	DR
18	0,9	0,4	0,4	0,4	NC	DR	475	12	420	42	NC	DR
19	-0,4	-0,9	-0,4	-0,4	NC	DR	150	8	180	18	NC	DR
20	0,4	0,9	0,4	0,4	NC	DR	350	152	420	42	NC	DR
21	-0,4	-0,4	-0,9	-0,4	NC	DR	150	48	30	18	NC	DR
22	0,4	0,4	0,9	0,4	NC	DR	350	12	540	42	NC	DR
23	-0,4	-0,4	-0,4	-0,9	NC	DR	150	48	180	3	NC	DR
24	0,4	0,4	0,4	0,9	NC	DR	350	12	420	57	NC	DR
25	0	0	0	0	NC	DR	250	80	300	30	NC	DR
26	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	NC	DR	25	8	30	3	NC	DR
27	0	0	0	0	0,5NC*	DR	250	80	300	30	0,5NC	DR
28	0	0	0	0	1,5NC	DR	250	80	300	30	1,5NC	DR
29	0	0	0	0	NC	0,5DR	250	80	300	30	NC	0,5DR
30	0	0	0	0	NC	1,5DR	250	80	300	30	NC	1,5DR

^{1/} NC = necessidade de calagem revelada pela análise de solo; ^{2/} Recomendação de micronutrientes para o abacaxi na região conforme Oliveira et al. (2002) que consiste de 4 kg/ha de Cu; 4 kg/ha de zinco, 2 kg/ha de ferro e 1,5 kg/ha de boro; * 0,5 e 1,5 referem-se respectivamente a metade da dose total e uma vez e meia a NC e a dose de micronutrientes empregada nos tratamentos de 1 a 26.

Foram utilizadas mudas do tipo filhote com peso médio de 250 g, tratadas previamente com solução de dimetoato a 0,05 % do princípio ativo, durante 30 segundos. As mudas foram plantadas em fileiras simples no espaçamento de $0,80 \times 0,30$ m.

A calagem foi feita 30 dias antes do plantio, incorporando a dose de calcário em sulco de 20 cm de profundidade, aberto a 5 cm de distância da linha de plantio, utilizando-se calcário dolomítico com PRNT = 65 %. Todos os tratamentos receberam adubação NK parcelada equitativamente aos três, nove e onze meses após o plantio. As doses de P e de S foram aplicadas de uma única vez, aos três meses após o plantio. As doses dos micronutrientes Cu, Fe e Zn foram parceladas em duas aplicações, realizadas no terceiro e nono mês após o plantio, enquanto as doses de B foram aplicadas aos onze meses após o plantio.

As fontes de nutrientes consistiram de: N - uréia com 45 % de N; P - superfosfato triplo com 42 % de P_2O_5 e 2 % de S; K - cloreto de potássio com 60 % de K_2O ; S - sulfato de magnésio com 14 % de S e 17 % de MgO; B - bórax contendo 11 % de B; Cu - sulfato de cobre com 25 % de Cu; Fe - sulfato de ferro com 20 % de Fe; e Zn - sulfato de zinco com 22 % de Zn. Os tratos culturais referentes ao controle de plantas daninhas e o controle preventivo de pragas (cochonila e broca dos frutos) e doenças (fusariose) foram realizados conforme recomendações para o sistema de produção local (Oliveira et al., 2002). A indução floral foi feita aos 12 meses após o plantio, utilizando-se 0,5 g/planta de carbureto de cálcio. As plantas receberam, quando necessário, irrigação complementar durante o período de avaliação.

A colheita foi realizada aos 17 meses após o plantio, ocasião em que os frutos da área útil foram contados, pesados e os valores extrapolados para t/ha. Concomitantemente à colheita, foram selecionadas duas plantas em cada unidade experimental, a fim de quantificar a matéria fresca e seca das diferentes porções morfológicas (raízes, caules, folhas, frutos, mudas e pedúnculo) após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C durante 72 h. Os teores de P, K e S em folhas e frutos foram determinados em ICP-OES, após digestão nítrico-perclórica, enquanto os teores de N total foram determinados pelo método semimicro Kjeldhal (Malavolta et al., 1997).

Foram ajustadas equações de regressão múltipla, relacionando-se a produção de frutos com as doses de N, P, K e S, adotando-se o nível de significância dos estimadores dos coeficientes da regressão até 10 %. A partir da equação ajustada,

foram determinadas as doses de máxima eficiência física (MEF) e econômica (MEE), igualando-se, respectivamente, a zero e a relação entre preço do produto e preço do nutriente, as derivadas parciais para cada nutriente (Alvarez V., 1994).

Para a análise econômica, foram considerados os preços do produto e dos fertilizantes, praticados na região na época de aquisição dos insumos e por ocasião da colheita, respectivamente. Utilizaram-se os seguintes preços de frutos: frutos de terceira (1,5 à 1,8 kg) - R\$ 490,00/t; frutos de segunda (1,2 à 1,5 kg) - R\$ 350,00/t; e frutos de primeira (0,9 à 1,2 kg) - R\$ 180,00/t.

Os preços dos nutrientes, considerando-se as fontes utilizadas no ensaio, foram: N (uréia) - R\$ 3,70/kg; P (superfosfato triplo) - R\$ 4,95/kg; K (cloreto de potássio) - R\$ 2,10/kg; e S (sulfato de magnésio) - R\$ 9,30/kg. Aos preços dos nutrientes, acrescentou-se o percentual de 30 % para contabilizar os gastos com transporte e aplicação.

Além dos dados de produção, foi determinada a partição de matéria seca entre os diferentes componentes morfológicos da planta, além dos valores de CUB, índice de colheita (IC) para matéria seca e nutrientes e das taxas de recuperação pela planta dos nutrientes aplicados via fertilizantes.

Os valores de CUB foram obtidos, dividindo-se a produção de matéria seca pela quantidade de nutriente acumulada na planta ou no respectivo componente de restituição ou de exportação (Neves, 2000). As quantidades dos nutrientes acumulados na biomassa restituída (folhas, caule e raízes) e exportada (frutos e mudas) foram determinadas multiplicando-se a produção de matéria seca de cada porção morfológica pelos seus respectivos teores.

Os valores de IC, ou seja, a partição de matéria seca e de nutrientes para a cultura, foram obtidos, dividindo-se a produção de matéria seca e a quantidade de nutrientes acumulada nos frutos e nas mudas, pelas respectivas quantidades de matéria seca total e de nutrientes acumuladas na planta.

As taxas de recuperação de nutrientes foram obtidas, utilizando-se a expressão descrita por Fageria (1992), considerando as quantidades de nutrientes acumuladas nas plantas que receberam 25 kg/há de N, 8 kg/há de P, 30 kg/há de K e 3 kg/há de S, como estimativa da quantidade do nutriente absorvido na parcela não fertilizada.

$$TR_{pl} = [QNAPF] - [QNAPNF] / [QNA] \quad (\text{Eq. 23})$$

em que,

TR_{pl} = taxa de recuperação do nutriente aplicado pela planta, em kg/kg;

$QNAPF$ = quantidade do nutriente absorvido pela planta na parcela fertilizada, em kg/ha;

$QNAPF$ = quantidade do nutriente absorvido pela planta na parcela não fertilizada, em kg/ha;

QNA = quantidade do nutriente aplicado, em kg/ha.

Foram ajustadas equações de regressão, relacionando os valores da TR_{pl} para cada nutriente com as doses aplicadas, adotando-se as doses de MEE para os demais nutrientes.

6.1.1. Produtividade

A produtividade da cultura foi influenciada, significativamente, pelas doses de N, K, S, micronutrientes e pela interação N x K. Por outro lado, as doses de P e a calagem não exerceram efeitos significativos sobre a produtividade.

Os resultados obtidos estão coerentes com aqueles reportados na literatura nacional (Spironello et al., 2004) e internacional (Malézieux & Bartholomew, 2003) que mencionam efeitos positivos e mais pronunciados, tanto de N quanto de K, no aumento da produção de abacaxi e a ausência de resposta da cultura a P, mesmo em solos apresentando baixos teores do nutriente (Marchal, 1971a). Não foram encontrados, na literatura consultada, informações referentes à resposta do abacaxizeiro às doses de S. A influência da calagem na produção do abacaxizeiro tem sido pequena ou nula, segundo trabalhos realizados no Brasil (Velooso et al., 2001); e quanto aos efeitos dos micronutrientes, os poucos resultados disponíveis são ainda conflitantes (Buzetti et al., 1986).

A função de produção ajustada foi: $\hat{y} = 30,13 + 0,0516^{**}N - 0,000102^{**}N^2 - 0,0184^{\circ}P + 0,03287^{*}K - 0,00007916^{**}K^2 + 0,3943^{**}S - 0,006307^{**}S^2 + 0,0000763^{*}NK$ com valor de R^2 igual a 0,71.

Igualando-se a zero as derivadas parciais de cada nutriente, obtidas na função de produção, foram determinadas as doses de MEF para cada nutriente. As doses

estimadas para maximizar a produção foram: 401,3 kg/ha de N, 400,9 kg/ha de K, 31,2 kg/ha de S e zero de P, o que resultou numa produção estimada de 53,3 t/ha.

Igualando as derivadas parciais de cada nutriente ao valor da relação preço do produto/preço do insumo, determinaram-se as seguintes doses de MEE: 312 kg/ha de N, 341 kg/ha de K, 28,5 kg/ha de S e zero de P, o que resultou numa produção estimada de 52,5 t/ha. No Quadro 33, são apresentadas as produtividades estimadas em função da variação das doses avaliadas.

6.1.2. Produção de matéria seca, CUB e IC

Foram observados incrementos nas quantidades de matéria seca, produzidas pela planta, em função do aumento da produtividade ($MS_{total} = 0,9882 * Prod^{0,8161}$, $R^2 = 0,57$), demonstrando a relação entre produção de matéria seca da planta e o rendimento da cultura. A produção de matéria seca da planta variou entre 15 e 30 t/ha, com média de 23 t/ha (Quadro 34).

A distribuição de matéria seca entre os diferentes compartimentos do abacaxizeiro apresentou a seguinte sequência: folha > fruto > raiz > caule > mudas, respaldando, assim, as inferências práticas dos produtores e informações da literatura, que sugerem que a produtividade da cultura pode ser adequadamente estimada a partir do peso de matéria fresca da folha D, no momento da indução floral (Hepton, 2003).

Na média dos tratamentos avaliados, a partição de matéria seca pelos diferentes compartimentos da planta pode ser expressa pela seguinte relação percentual: raiz - 8 %, caule - 15 %, folha - 42,6 %, fruto - 30,3 % e mudas - 4,4 % (Quadro 34).

Quadro 33 – Produtividades estimadas (t/ha) em função da variação nas doses de N, K e S

N -----kg/ha -----	K ₂ O	S (kg/ha)				
		3	18	30	42	57
25	30	33,5	37,4	38,5	37,8	34,3
	180	36,2	40,1	41,2	40,5	37,1
	300	35,8	39,7	40,8	40,1	36,7
	420	33,1	37,1	38,2	37,5	34,0
	540	28,2	32,1	33,2	32,5	29,1
150	30	38,0	41,9	43,0	42,3	38,8
	180	42,1	46,1	47,2	46,4	43,0
	300	42,9	46,8	47,9	47,2	43,7
	420	41,4	45,3	46,4	45,7	42,2
	540	37,6	41,5	42,6	41,9	38,4
250	30	39,3	43,2	44,3	43,6	40,1
	180	44,6	48,5	49,6	48,9	45,4
	300	46,3	50,2	51,3	50,6	47,1
	420	45,7	49,6	50,7	50,0	46,5
	540	42,8	46,7	47,8	47,1	43,6
350	30	38,6	42,5	43,6	42,9	39,4
	180	45,0	48,9	50,0	49,3	45,9
	300	47,6	51,5	52,6	51,9	48,4
	420	47,9	51,8	52,9	52,2	48,8
	540	45,9	49,9	51,0	50,2	46,8
475	30	34,8	38,7	39,8	39,1	35,6
	180	42,6	46,6	47,7	47,0	43,5
	300	46,4	50,3	51,4	50,7	47,2
	420	47,8	51,8	52,9	52,1	48,7
	540	47,0	50,9	52,0	51,3	47,9

Os valores de índice de colheita representados pela percentagem de matéria seca da biomassa a ser exportada nos frutos e nas mudas, em relação ao total, variaram entre 0,21 e 0,39, com média de 0,35, indicando que a partição de matéria seca nos órgãos reprodutivos é da ordem de 35 % (Quadro 34).

Os valores de CUB para os tratamentos avaliados nos diferentes compartimentos da planta, nas biomassas a serem restituídas e exportadas e os valores de IC para nutrientes são apresentados nos quadros 35 a 45. Embora não tenha sido possível relacionar os valores de CUB com as doses dos nutrientes aplicadas e com as produtividades obtidas, constatou-se maiores valores de CUB para os micronutrientes, principalmente nas biomassas a serem exportadas (Quadros 41 a 45). Em relação aos valores de IC, verifica-se que nas mudas e nos frutos são removidos proporcionalmente maiores quantidades de Fe, B e Zn. A remoção de N, P, S e K pela cultura via mudas e frutos foi de 26,0; 35,0; 52,0 e 28,0 %, respectivamente (Quadros 35, 36, 37 e 38).

Quadro 34 - Produção de frutos e partição de matéria seca entre as diferentes porções morfológicas da planta

Tratamento	Dose						Prod.	Matéria Seca								IC
	N	P	K	S	Cal	Micro		Total	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada	
	kg/ha						t/ha	t/ha								kg/kg
1	150	48	180	18	DR	DR	42,7	21,35	3,10	1,72	9,56	6,41	0,57	14,38	6,97	0,33
2	150	48	180	42	DR	DR	49,2	21,03	3,06	1,78	9,19	6,84	0,16	14,03	7,01	0,33
3	150	48	420	18	DR	DR	38,1	21,80	3,22	2,09	7,93	6,33	2,23	13,24	8,56	0,39
4	150	48	420	42	DR	DR	41,5	18,05	2,56	2,08	6,79	6,37	0,25	11,43	6,63	0,37
5	150	112	180	18	DR	DR	46,5	21,38	3,24	2,00	9,18	6,41	0,55	14,43	6,95	0,33
6	150	112	180	42	DR	DR	44,6	20,67	2,94	1,64	9,02	6,88	0,18	13,61	7,06	0,34
7	150	112	420	18	DR	DR	42,9	23,01	3,42	1,93	8,91	6,88	1,87	14,26	8,75	0,38
8	150	112	420	42	DR	DR	46,9	20,91	3,00	1,82	8,28	6,75	1,07	13,10	7,81	0,37
9	350	48	180	18	DR	DR	46,0	23,10	3,34	2,01	9,71	6,70	1,33	15,07	8,02	0,35
10	350	48	180	42	DR	DR	54,2	21,61	3,09	2,20	8,25	6,62	1,44	13,54	8,07	0,37
11	350	48	420	18	DR	DR	51,9	23,82	3,29	2,10	10,75	7,29	0,39	16,15	7,68	0,32
12	350	48	420	42	DR	DR	51,2	28,34	4,06	2,25	12,17	7,69	2,18	18,47	9,86	0,35
13	350	112	180	18	DR	DR	50,8	24,14	3,53	2,01	9,84	7,18	1,58	15,39	8,76	0,36
14	350	112	180	42	DR	DR	50,2	25,79	3,50	1,84	11,59	7,69	1,17	16,93	8,86	0,34
15	350	112	420	18	DR	DR	50,0	24,88	3,57	1,75	10,44	7,82	1,30	15,76	9,12	0,37
16	350	112	420	42	DR	DR	44,4	24,10	3,42	2,16	10,52	6,91	1,09	16,10	8,00	0,33
17	25	48	180	18	DR	DR	40,2	21,02	3,06	1,92	9,36	6,02	0,66	14,34	6,68	0,32
18	475	12	420	42	DR	DR	56,4	29,25	4,22	2,47	11,19	8,24	3,13	17,88	11,37	0,39
19	150	8	180	18	DR	DR	50,0	26,58	3,81	2,20	11,93	7,66	0,98	17,94	8,64	0,33
20	350	152	420	42	DR	DR	47,3	22,65	3,22	1,71	9,76	7,11	0,86	14,68	7,97	0,35
21	150	48	30	18	DR	DR	44,6	23,27	3,27	1,84	10,87	6,55	0,73	15,99	7,28	0,31
22	350	12	540	42	DR	DR	51,7	26,32	3,66	1,95	11,96	7,76	1,00	17,56	8,76	0,33
23	150	48	180	3	DR	DR	45,8	21,31	3,01	1,72	9,45	6,68	0,45	14,18	7,13	0,33
24	350	12	420	57	DR	DR	47,6	23,05	3,20	1,82	10,42	7,38	0,23	15,44	7,61	0,33
25	250	80	300	30	DR	DR	50,8	24,46	3,49	2,15	10,29	7,61	0,91	15,93	8,53	0,35
26	25	8	30	3	DR	DR	31,2	15,44	2,29	0,83	7,20	4,34	0,79	10,31	5,13	0,33
27	250	80	300	30	0,5DR	DR	47,9	23,12	3,41	2,06	10,21	7,21	0,23	15,69	7,43	0,32
28	250	80	300	30	1,5DR	DR	48,3	22,76	3,11	1,82	9,44	7,24	1,16	14,37	8,39	0,37
29	250	80	300	30	DR	0,5DR	52,1	26,34	3,69	1,87	11,98	7,87	0,92	17,55	8,79	0,33
30	250	80	300	30	DR	1,5DR	51,7	21,19	3,02	1,94	8,25	7,14	0,83	13,21	7,98	0,38
mín.							31,25	15,44	2,29	0,83	6,79	4,34	0,16	10,31	5,13	0,31
máx							56,45	29,25	4,22	2,47	12,17	8,24	3,13	18,47	11,37	0,39
$\bar{y}$							47,22	23,03	3,29	1,92	9,81	6,99	1,01	15,03	7,99	0,35
s							5,17	2,84	0,39	0,28	1,41	0,74	0,68	1,89	1,15	0,02

Quadro 35 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) e valores de índice de colheita (IC) para N, nos componentes da biomassa restituída e exportada

Tratamento	Dose						CUB							IC
	N	P	K	S	Cal	Micro	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada	
	kg/ha						kg/kg							
1	150	48	180	18	DR	DR	115	86	65	109	60	266	169	0,26
2	150	48	180	42	DR	DR	106	80	60	112	55	246	167	0,24
3	150	48	420	18	DR	DR	104	78	59	126	54	242	180	0,32
4	150	48	420	42	DR	DR	104	78	59	123	55	242	177	0,26
5	150	112	180	18	DR	DR	104	78	59	122	54	242	176	0,23
6	150	112	180	42	DR	DR	106	79	60	126	55	246	182	0,23
7	150	112	420	18	DR	DR	103	77	59	115	54	239	168	0,31
8	150	112	420	42	DR	DR	103	77	59	115	54	238	169	0,29
9	350	48	180	18	DR	DR	105	78	60	95	55	243	150	0,30
10	350	48	180	42	DR	DR	103	77	58	123	54	238	176	0,28
11	350	48	420	18	DR	DR	109	81	62	115	57	252	172	0,23
12	350	48	420	42	DR	DR	112	84	64	117	59	261	176	0,29
13	350	112	180	18	DR	DR	105	79	60	111	55	243	166	0,30
14	350	112	180	42	DR	DR	97	73	56	120	51	226	171	0,25
15	350	112	420	18	DR	DR	95	71	54	120	50	220	170	0,26
16	350	112	420	42	DR	DR	101	76	57	127	53	234	180	0,23
17	25	48	180	18	DR	DR	106	79	60	122	55	246	177	0,23
18	475	12	420	42	DR	DR	97	73	56	123	51	226	174	0,32
19	150	8	180	18	DR	DR	101	75	57	111	53	234	164	0,24
20	350	152	420	42	DR	DR	111	83	63	120	58	257	178	0,26
21	150	48	30	18	DR	DR	100	75	57	133	52	232	186	0,20
22	350	12	540	42	DR	DR	104	78	59	131	54	241	185	0,23
23	150	48	180	3	DR	DR	98	73	56	127	51	227	178	0,22
24	350	12	420	57	DR	DR	100	75	57	120	52	231	172	0,22
25	250	80	300	30	DR	DR	100	75	57	115	52	233	167	0,26
26	25	8	30	3	DR	DR	105	79	60	125	55	244	180	0,25
27	250	80	300	30	0,5DR	DR	121	91	69	126	63	280	190	0,23
28	250	80	300	30	1,5DR	DR	108	81	61	145	56	250	201	0,26
29	250	80	300	30	DR	0,5DR	96	72	55	148	50	223	199	0,20
30	250	80	300	30	DR	1,5DR	118	88	67	135	61	273	196	0,28
mín.							95	71	54	95	50	220	150	0,20
máx							121	91	69	148	63	280	201	0,32
$\bar{y}$							105	78	60	122	55	242	177	0,26
s							6	5	3	10	3	14	11	0,03

Quadro 36 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) e valores de índice de colheita (IC) para P, nos componentes da biomassa restituída e exportada

Tratamento	Dose						CUB							IC
	N	P	K	S	Cal	Micro	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada	
	-----kg/ha-----						-----kg/kg-----							-kg/kg-
1	150	48	180	18	DR	DR	779	584	444	504	407	1.807	911	0,33
2	150	48	180	42	DR	DR	772	579	440	527	404	1.791	931	0,33
3	150	48	420	18	DR	DR	790	593	450	529	413	1.833	942	0,40
4	150	48	420	42	DR	DR	793	595	452	526	415	1.840	941	0,37
5	150	112	180	18	DR	DR	778	584	444	518	407	1.806	925	0,33
6	150	112	180	42	DR	DR	749	562	427	490	392	1.738	882	0,34
7	150	112	420	18	DR	DR	766	574	437	504	400	1.777	905	0,39
8	150	112	420	42	DR	DR	789	591	450	489	412	1.830	901	0,40
9	350	48	180	18	DR	DR	782	586	445	476	409	1.813	884	0,37
10	350	48	180	42	DR	DR	761	571	434	502	398	1.766	900	0,38
11	350	48	420	18	DR	DR	824	618	470	485	431	1.911	916	0,34
12	350	48	420	42	DR	DR	763	572	435	500	399	1.770	898	0,36
13	350	112	180	18	DR	DR	785	589	447	479	410	1.821	889	0,39
14	350	112	180	42	DR	DR	764	573	435	537	399	1.772	936	0,33
15	350	112	420	18	DR	DR	745	559	425	474	390	1.728	863	0,38
16	350	112	420	42	DR	DR	786	589	448	489	411	1.823	900	0,35
17	25	48	180	18	DR	DR	774	580	441	489	405	1.795	894	0,33
18	475	12	420	42	DR	DR	766	575	437	539	401	1.778	940	0,40
19	150	8	180	18	DR	DR	770	577	439	491	403	1.786	894	0,33
20	350	152	420	42	DR	DR	780	585	445	526	408	1.809	934	0,35
21	150	48	30	18	DR	DR	752	564	429	514	393	1.745	908	0,31
22	350	12	540	42	DR	DR	795	596	453	503	416	1.845	919	0,34
23	150	48	180	3	DR	DR	776	582	442	493	406	1.801	899	0,34
24	350	12	420	57	DR	DR	764	573	435	528	400	1.773	928	0,32
25	250	80	300	30	DR	DR	799	599	455	526	418	1.854	944	0,35
26	25	8	30	3	DR	DR	790	593	450	511	413	1.834	924	0,34
27	250	80	300	30	0,5DR	DR	796	597	454	496	416	1.846	913	0,33
28	250	80	300	30	1,5DR	DR	800	600	456	519	418	1.855	937	0,38
29	250	80	300	30	DR	0,5DR	779	584	444	535	407	1.806	942	0,33
30	250	80	300	30	DR	1,5DR	808	606	461	495	423	1.875	917	0,40
mín.							745	559	425	474	390	1.728	863	0,31
máx							824	618	470	539	431	1.911	944	0,40
$\bar{y}$							779	584	444	507	407	1.808	914	0,35
s							18	13	10	19	9	41	21	0,03

Quadro 37 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) e valores de índice de colheita (IC) para S, nos componentes da biomassa restituída e exportada

Tratamento	Dose						CUB							IC
	N	P	K	S	Cal	Micro	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada	
	-----kg/ha-----						-----kg/kg-----							
1	150	48	180	18	DR	DR	1.605	1.204	915	542	839	3.723	1.381	0,47
2	150	48	180	42	DR	DR	1.581	1.186	901	567	827	3.669	1.394	0,47
3	150	48	420	18	DR	DR	1.544	1.158	880	569	808	3.583	1.376	0,51
4	150	48	420	42	DR	DR	1.916	1.437	1.092	566	1.002	4.444	1.568	0,56
5	150	112	180	18	DR	DR	1.621	1.215	924	557	847	3.760	1.405	0,47
6	150	112	180	42	DR	DR	1.594	1.195	908	527	833	3.697	1.360	0,50
7	150	112	420	18	DR	DR	1.909	1.432	1.088	542	998	4.429	1.541	0,56
8	150	112	420	42	DR	DR	1.883	1.412	1.073	526	985	4.369	1.510	0,57
9	350	48	180	18	DR	DR	2.236	1.677	1.274	511	1.169	5.187	1.681	0,57
10	350	48	180	42	DR	DR	1.939	1.454	1.105	539	1.014	4.498	1.553	0,55
11	350	48	420	18	DR	DR	2.041	1.531	1.163	522	1.067	4.735	1.589	0,53
12	350	48	420	42	DR	DR	1.670	1.252	952	537	873	3.874	1.410	0,49
13	350	112	180	18	DR	DR	1.665	1.249	949	529	871	3.863	1.400	0,52
14	350	112	180	42	DR	DR	2.237	1.677	1.275	577	1.170	5.189	1.747	0,54
15	350	112	420	18	DR	DR	2.425	1.819	1.382	509	1.268	5.626	1.777	0,62
16	350	112	420	42	DR	DR	1.862	1.396	1.061	526	974	4.319	1.500	0,51
17	25	48	180	18	DR	DR	1.490	1.117	849	526	779	3.456	1.305	0,45
18	475	12	420	42	DR	DR	1.806	1.355	1.029	580	944	4.190	1.524	0,54
19	150	8	180	18	DR	DR	1.718	1.289	979	528	899	3.986	1.427	0,49
20	350	152	420	42	DR	DR	1.753	1.315	999	566	917	4.068	1.483	0,50
21	150	48	30	18	DR	DR	1.729	1.297	986	553	904	4.011	1.457	0,47
22	350	12	540	42	DR	DR	1.620	1.215	923	541	847	3.758	1.388	0,47
23	150	48	180	3	DR	DR	1.620	1.215	923	530	847	3.758	1.377	0,49
24	350	12	420	57	DR	DR	1.935	1.452	1.103	568	1.012	4.490	1.580	0,51
25	250	80	300	30	DR	DR	1.692	1.269	965	566	885	3.926	1.451	0,50
26	25	8	30	3	DR	DR	1.592	1.194	907	549	833	3.694	1.382	0,47
27	250	80	300	30	0,5DR	DR	1.851	1.388	1.055	534	968	4.295	1.502	0,50
28	250	80	300	30	1,5DR	DR	1.503	1.127	857	558	786	3.486	1.344	0,50
29	250	80	300	30	DR	0,5DR	2.400	1.800	1.368	575	1.255	5.568	1.830	0,55
30	250	80	300	30	DR	1,5DR	2.566	1.925	1.463	532	1.342	5.953	1.874	0,64
mín.							1.490	1.117	849	509	779	3.456	1.305	0,45
máx							2.566	1.925	1.463	580	1.342	5.953	1.874	0,64
$\bar{y}$							1.833	1.375	1.045	545	959	4.253	1.504	0,52
s							283	212	161	20	148	656	146	0,04

Quadro 38 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) e valores de índice de colheita (IC) para K, nos componentes da biomassa restituída e exportada

Tratamento	Dose						CUB							IC
	N	P	K	S	Cal	Micro	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada	
	-----kg/ha-----						-----kg/kg-----							
1	150	48	180	18	DR	DR	71	53	41	69	37	165	106	0,26
2	150	48	180	42	DR	DR	66	49	38	66	34	153	100	0,25
3	150	48	420	18	DR	DR	64	48	36	72	33	148	105	0,33
4	150	48	420	42	DR	DR	62	46	35	62	32	143	94	0,28
5	150	112	180	18	DR	DR	68	51	39	67	35	157	102	0,26
6	150	112	180	42	DR	DR	73	55	42	75	38	170	113	0,25
7	150	112	420	18	DR	DR	64	48	37	67	34	149	100	0,32
8	150	112	420	42	DR	DR	64	48	37	65	34	149	98	0,31
9	350	48	180	18	DR	DR	74	55	42	63	38	171	102	0,31
10	350	48	180	42	DR	DR	80	60	45	67	42	185	109	0,31
11	350	48	420	18	DR	DR	77	58	44	69	40	179	109	0,26
12	350	48	420	42	DR	DR	72	54	41	66	38	167	104	0,31
13	350	112	180	18	DR	DR	70	53	40	69	37	163	106	0,31
14	350	112	180	42	DR	DR	69	52	40	81	36	161	118	0,25
15	350	112	420	18	DR	DR	65	49	37	62	34	151	96	0,30
16	350	112	420	42	DR	DR	70	52	40	68	36	161	104	0,27
17	25	48	180	18	DR	DR	60	45	34	70	32	140	102	0,23
18	475	12	420	42	DR	DR	64	48	36	69	33	148	102	0,34
19	150	8	180	18	DR	DR	81	61	46	66	42	188	108	0,29
20	350	152	420	42	DR	DR	72	54	41	75	38	167	112	0,27
21	150	48	30	18	DR	DR	75	56	43	72	39	174	111	0,25
22	350	12	540	42	DR	DR	69	52	39	68	36	159	104	0,26
23	150	48	180	3	DR	DR	74	55	42	70	39	171	108	0,27
24	350	12	420	57	DR	DR	61	46	35	72	32	141	104	0,22
25	250	80	300	30	DR	DR	62	47	36	72	33	145	105	0,25
26	25	8	30	3	DR	DR	69	52	39	74	36	160	110	0,26
27	250	80	300	30	0,5DR	DR	73	55	41	64	38	169	102	0,26
28	250	80	300	30	1,5DR	DR	70	52	40	70	36	162	106	0,31
29	250	80	300	30	DR	0,5DR	68	51	39	72	36	158	108	0,25
30	250	80	300	30	DR	1,5DR	75	56	43	66	39	174	105	0,32
mín.							60	45	34	62	32	140	94	0,22
máx							81	61	46	81	42	188	118	0,34
$\bar{y}$							69	52	40	69	36	161	105	0,28
s							5	4	3	4	3	12	5	0,03

Quadro 39 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) e valores de índice de colheita (IC) para Ca, nos componentes da biomassa restituída e exportada

Tratamento	Dose						CUB							IC	
	N	P	K	S	Cal	Micro	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada		
	kg/ha						kg/kg								
1	150	48	180	18	DR	DR	393	58	169	469	135	620	605	0,16	
2	150	48	180	42	DR	DR	391	58	168	467	135	617	602	0,15	
3	150	48	420	18	DR	DR	465	69	200	556	160	734	715	0,24	
4	150	48	420	42	DR	DR	610	91	262	729	210	963	939	0,16	
5	150	112	180	18	DR	DR	353	53	152	422	122	558	544	0,15	
6	150	112	180	42	DR	DR	470	70	202	561	162	741	722	0,15	
7	150	112	420	18	DR	DR	657	98	282	784	226	1.037	1.010	0,23	
8	150	112	420	42	DR	DR	465	69	200	556	160	734	716	0,21	
9	350	48	180	18	DR	DR	675	100	290	806	232	1.065	1.038	0,20	
10	350	48	180	42	DR	DR	587	87	252	701	202	926	903	0,20	
11	350	48	420	18	DR	DR	639	95	275	763	220	1.009	983	0,15	
12	350	48	420	42	DR	DR	675	100	290	807	232	1.066	1.039	0,21	
13	350	112	180	18	DR	DR	554	82	238	662	191	875	852	0,21	
14	350	112	180	42	DR	DR	398	59	171	475	137	628	612	0,19	
15	350	112	420	18	DR	DR	526	78	226	628	181	830	809	0,21	
16	350	112	420	42	DR	DR	599	89	257	715	206	945	921	0,17	
17	25	48	180	18	DR	DR	536	80	230	640	184	846	825	0,16	
18	475	12	420	42	DR	DR	541	81	233	646	186	854	832	0,26	
19	150	8	180	18	DR	DR	637	95	274	760	219	1.005	979	0,17	
20	350	152	420	42	DR	DR	617	92	265	737	212	974	949	0,18	
21	150	48	30	18	DR	DR	431	64	185	515	148	681	663	0,16	
22	350	12	540	42	DR	DR	756	112	325	903	260	1.193	1.162	0,17	
23	150	48	180	3	DR	DR	625	93	269	746	215	986	961	0,16	
24	350	12	420	57	DR	DR	628	93	270	750	216	992	966	0,15	
25	250	80	300	30	DR	DR	508	76	219	607	175	802	782	0,18	
26	25	8	30	3	DR	DR	411	61	177	491	141	649	632	0,20	
27	250	80	300	30	0,5DR	DR	334	50	144	399	115	528	514	0,14	
28	250	80	300	30	1,5DR	DR	720	107	310	860	248	1.137	1.108	0,21	
29	250	80	300	30	DR	0,5DR	355	53	153	424	122	560	546	0,17	
30	250	80	300	30	DR	1,5DR	507	76	218	606	175	801	781	0,19	
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136				

Quadro 40 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) e valores de índice de colheita (IC) para Mg, nos componentes da biomassa restituída e exportada

Tratamento	Dose						CUB							IC
	N	P	K	S	Cal	Micro	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada	
	-----kg/ha-----						-----kg/kg-----							
1	150	48	180	18	DR	DR	425	76	106	469	101	607	571	0,15
2	150	48	180	42	DR	DR	445	80	111	467	106	636	573	0,13
3	150	48	420	18	DR	DR	746	133	187	556	178	1.066	733	0,27
4	150	48	420	42	DR	DR	922	165	231	729	220	1.317	948	0,18
5	150	112	180	18	DR	DR	647	116	162	422	154	925	576	0,19
6	150	112	180	42	DR	DR	876	156	219	561	209	1.252	769	0,20
7	150	112	420	18	DR	DR	761	136	190	784	181	1.088	966	0,24
8	150	112	420	42	DR	DR	786	140	197	556	187	1.123	743	0,24
9	350	48	180	18	DR	DR	797	142	199	806	190	1.138	996	0,20
10	350	48	180	42	DR	DR	690	123	172	701	164	985	865	0,20
11	350	48	420	18	DR	DR	898	160	224	763	214	1.283	977	0,17
12	350	48	420	42	DR	DR	742	132	185	807	177	1.059	983	0,20
13	350	112	180	18	DR	DR	741	132	185	662	176	1.059	838	0,22
14	350	112	180	42	DR	DR	667	119	167	475	159	953	634	0,21
15	350	112	420	18	DR	DR	822	147	205	628	196	1.174	824	0,22
16	350	112	420	42	DR	DR	821	147	205	715	195	1.173	911	0,18
17	25	48	180	18	DR	DR	726	130	182	640	173	1.037	813	0,17
18	475	12	420	42	DR	DR	772	138	193	646	184	1.103	830	0,29
19	150	8	180	18	DR	DR	697	124	174	760	166	995	926	0,16
20	350	152	420	42	DR	DR	831	148	208	737	198	1.187	935	0,18
21	150	48	30	18	DR	DR	407	73	102	515	97	582	612	0,13
22	350	12	540	42	DR	DR	890	159	222	903	212	1.271	1.114	0,16
23	150	48	180	3	DR	DR	624	111	156	746	149	892	895	0,13
24	350	12	420	57	DR	DR	711	127	178	750	169	1.015	919	0,13
25	250	80	300	30	DR	DR	834	149	209	607	199	1.192	806	0,19
26	25	8	30	3	DR	DR	768	137	192	491	183	1.098	674	0,23
27	250	80	300	30	0,5DR	DR	651	116	163	399	155	930	554	0,18
28	250	80	300	30	1,5DR	DR	788	141	197	860	188	1.126	1.048	0,19
29	250	80	300	30	DR	0,5DR	697	124	174	424	166	995	590	0,20
30	250	80	300	30	DR	1,5DR	824	147	206	606	196	1.178	802	0,22
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
137	137	137	137	137	137	13								

Quadro 41 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) e valores de índice de colheita (IC) para B, nos componentes da biomassa restituída e exportada

Tratamento	Dose						CUB							IC	
	N	P	K	S	Cal	Micro	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada		
	-----kg/ha-----						-----kg/kg-----								
138	1	150	48	180	18	DR	DR	186.636	93.318	37.327	33.931	77.765	317.281	111.696	0,77
	2	150	48	180	42	DR	DR	156.002	78.001	31.200	38.503	65.001	265.203	103.504	0,72
	3	150	48	420	18	DR	DR	168.263	84.131	33.653	28.143	70.109	286.047	98.253	0,79
	4	150	48	420	42	DR	DR	182.886	91.443	36.577	37.953	76.203	310.906	114.155	0,76
	5	150	112	180	18	DR	DR	166.445	83.222	33.289	27.391	69.352	282.956	96.743	0,76
	6	150	112	180	42	DR	DR	167.292	83.646	33.458	32.373	69.705	284.397	102.078	0,77
	7	150	112	420	18	DR	DR	164.856	82.428	32.971	25.361	68.690	280.256	94.051	0,81
	8	150	112	420	42	DR	DR	160.959	80.480	32.192	31.374	67.066	273.630	98.440	0,78
	9	350	48	180	18	DR	DR	196.321	98.161	39.264	44.987	81.801	333.746	126.787	0,73
	10	350	48	180	42	DR	DR	161.237	80.618	32.247	38.773	67.182	274.102	105.955	0,73
	11	350	48	420	18	DR	DR	172.791	86.396	34.558	43.299	71.996	293.745	115.295	0,71
	12	350	48	420	42	DR	DR	154.814	77.407	30.963	27.932	64.506	263.184	92.438	0,76
	13	350	112	180	18	DR	DR	175.855	87.927	35.171	28.930	73.273	298.953	102.203	0,80
	14	350	112	180	42	DR	DR	205.789	102.894	41.158	40.833	85.745	349.841	126.578	0,76
	15	350	112	420	18	DR	DR	275.170	137.585	55.034	30.119	114.654	467.789	144.773	0,85
	16	350	112	420	42	DR	DR	149.888	74.944	29.978	41.811	62.454	254.810	104.264	0,69
	17	25	48	180	18	DR	DR	136.511	68.255	27.302	49.544	56.880	232.068	106.424	0,64
	18	475	12	420	42	DR	DR	142.758	71.379	28.552	42.253	59.482	242.688	101.735	0,71
	19	150	8	180	18	DR	DR	111.503	55.752	22.301	29.517	46.460	189.556	75.977	0,70
	20	350	152	420	42	DR	DR	189.025	94.513	37.805	24.291	78.761	321.343	103.051	0,83
	21	150	48	30	18	DR	DR	168.263	84.131	33.653	31.771	70.109	286.047	101.881	0,75
	22	350	12	540	42	DR	DR	189.290	94.645	37.858	38.254	78.871	321.793	117.125	0,75
	23	150	48	180	3	DR	DR	166.387	83.194	33.277	30.431	69.328	282.858	99.759	0,77
	24	350	12	420	57	DR	DR	156.642	78.321	31.328	43.682	65.267	266.291	108.949	0,69
	25	250	80	300	30	DR	DR	163.045	81.523	32.609	46.524	67.936	277.177	114.460	0,69
	26	25	8	30	3	DR	DR	182.886	91.443	36.577	46.749	76.203	310.906	122.951	0,72
	27	250	80	300	30	0,5DR	DR	172.532	86.266	34.506	30.511	71.888	293.304	102.399	0,77
	28	250	80	300	30	1,5DR	DR	174.937	87.468	34.987	29.154	72.890	297.393	102.045	0,81
	29	250	80	300	30	DR	0,5DR	146.879	73.440	29.376	37.511	61.200	249.694	98.711	0,71
	30	250	80	300	30	DR	1,5DR	140.143	70.071	28.029	32.520	58.393	238.243	90.913	0,75
				</											

Quadro 42 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) e valores de índice de colheita (IC) para Zn, nos componentes da biomassa restituída e exportada

Tratamento	Dose						CUB							IC	
	N	P	K	S	Cal	Micro	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada		
139	-----kg/ha-----						-----kg/kg-----							-kg/kg-	
	1	150	48	180	18	DR	DR	199.532	173.506	39.906	48.520	42.910	412.945	91.430	0,75
	2	150	48	180	42	DR	DR	188.886	164.249	37.777	72.046	40.621	390.913	112.667	0,66
	3	150	48	420	18	DR	DR	192.535	167.421	38.507	69.533	41.405	398.463	110.938	0,74
	4	150	48	420	42	DR	DR	170.124	147.934	34.025	65.266	36.586	352.083	101.851	0,68
	5	150	112	180	18	DR	DR	182.820	158.974	36.564	57.431	39.316	378.357	96.747	0,69
	6	150	112	180	42	DR	DR	164.760	143.269	32.952	63.440	35.432	340.981	98.872	0,67
	7	150	112	420	18	DR	DR	189.389	164.686	37.878	37.585	40.729	391.952	78.314	0,81
	8	150	112	420	42	DR	DR	203.344	176.821	40.669	62.416	43.730	420.834	106.146	0,75
	9	350	48	180	18	DR	DR	242.235	210.639	48.447	38.541	52.094	501.321	90.635	0,82
	10	350	48	180	42	DR	DR	156.408	136.007	31.282	54.322	33.636	323.696	87.958	0,71
	11	350	48	420	18	DR	DR	197.020	171.322	39.404	51.623	42.370	407.747	93.993	0,73
	12	350	48	420	42	DR	DR	203.014	176.534	40.603	58.790	43.659	420.151	102.449	0,74
	13	350	112	180	18	DR	DR	191.728	166.720	38.346	64.511	41.232	396.793	105.743	0,74
	14	350	112	180	42	DR	DR	194.588	169.207	38.918	67.096	41.847	402.712	108.943	0,71
	15	350	112	420	18	DR	DR	186.650	162.304	37.330	66.898	40.140	386.284	107.038	0,72
	16	350	112	420	42	DR	DR	208.769	181.538	41.754	57.538	44.897	432.061	102.434	0,73
	17	25	48	180	18	DR	DR	194.156	168.832	38.831	53.668	41.754	401.820	95.422	0,72
	18	475	12	420	42	DR	DR	176.598	153.564	35.320	57.998	37.978	365.482	95.976	0,76
	19	150	8	180	18	DR	DR	201.913	175.577	40.383	54.375	43.422	417.873	97.797	0,73
	20	350	152	420	42	DR	DR	181.676	157.979	36.335	71.539	39.070	375.990	110.609	0,68
	21	150	48	30	18	DR	DR	195.211	169.749	39.042	67.027	41.981	404.003	109.008	0,69
	22	350	12	540	42	DR	DR	176.871	153.801	35.374	54.613	38.037	366.047	92.650	0,72
	23	150	48	180	3	DR	DR	184.153	160.133	36.831	57.543	39.603	381.116	97.145	0,71
	24	350	12	420	57	DR	DR	204.995	178.257	40.999	64.015	44.085	424.251	108.100	0,71
	25	250	80	300	30	DR	DR	186.593	162.254	37.319	58.621	40.127	386.166	98.749	0,72
	26	25	8	30	3	DR	DR	193.775	168.500	38.755	45.136	41.672	401.030	86.808	0,77
	27	250	80	300	30	0,5DR	DR	193.742	168.471	38.748	50.706	41.665	400.961	92.370	0,73
	28	250	80	300	30	1,5DR	DR	200.495	174.343	40.099	58.855	43.117	414.937	101.972	0,75
	29	250	80	300	30	DR	0,5DR	207.408	180.354	41.482	74.310	44.604	429.244	118.914	0,68
	30	250	80	300	30	DR	1,5DR	199.039	173.078	39.808	39.224	42.804	411.925	82.028	0,81
mín.							156.408	136.007	31.282	37.585	33.636	323.696	78.314	0,66	
máx							242.235	210.639	48.447	74.310	52.094	501.321	118.914	0,82	
$\bar{y}$							192.281	167.201	38.456	58.106	41.351	397.938	99.457	0,73	
s							15.350	13.348	3.070	9.591	3.301	31.769	9.297	0,04	

Quadro 43 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) e valores de índice de colheita (IC) para Cu, nos componentes da biomassa restituída e exportada

Tratamento	Dose						CUB							IC	
	N	P	K	S	Cal	Micro	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada		
	kg/ha						kg/kg								
140	1	150	48	180	18	DR	DR	1.974.296	151.869	394.859	227.285	352.553	2.521.024	579.838	0,63
	2	150	48	180	42	DR	DR	1.152.826	88.679	230.565	250.441	205.862	1.472.070	456.303	0,52
	3	150	48	420	18	DR	DR	737.460	56.728	147.492	338.124	131.689	941.679	469.814	0,45
	4	150	48	420	42	DR	DR	4.959.059	381.466	991.812	336.595	885.546	6.332.337	1.222.141	0,73
	5	150	112	180	18	DR	DR	1.058.453	81.419	211.691	315.304	189.010	1.351.563	504.313	0,45
	6	150	112	180	42	DR	DR	2.186.043	168.157	437.209	217.602	390.365	2.791.408	607.966	0,66
	7	150	112	420	18	DR	DR	1.701.190	130.861	340.238	338.523	303.784	2.172.289	642.307	0,57
	8	150	112	420	42	DR	DR	4.121.864	317.066	824.373	262.260	736.047	5.263.303	998.307	0,79
	9	350	48	180	18	DR	DR	1.537.640	118.280	307.528	203.676	274.579	1.963.448	478.254	0,62
	10	350	48	180	42	DR	DR	1.806.770	138.982	361.354	304.884	322.638	2.307.106	627.521	0,59
	11	350	48	420	18	DR	DR	1.509.056	116.081	301.811	188.027	269.474	1.926.949	457.501	0,62
	12	350	48	420	42	DR	DR	776.432	59.726	155.286	216.668	138.649	991.444	355.316	0,50
	13	350	112	180	18	DR	DR	1.665.493	128.115	333.099	273.104	297.410	2.126.707	570.514	0,60
	14	350	112	180	42	DR	DR	1.052.379	80.952	210.476	285.873	187.925	1.343.807	473.798	0,53
	15	350	112	420	18	DR	DR	1.315.789	101.215	263.158	229.233	234.962	1.680.162	464.196	0,62
	16	350	112	420	42	DR	DR	900.463	69.266	180.093	396.941	160.797	1.149.822	557.738	0,39
	17	25	48	180	18	DR	DR	1.074.399	82.646	214.880	247.463	191.857	1.371.926	439.320	0,50
	18	475	12	420	42	DR	DR	928.062	71.389	185.612	286.343	165.725	1.185.064	452.069	0,53
	19	150	8	180	18	DR	DR	5.044.824	388.063	1.008.965	252.295	900.862	6.441.853	1.153.156	0,65
	20	350	152	420	42	DR	DR	1.042.479	80.191	208.496	256.426	186.157	1.331.165	442.583	0,52
	21	150	48	30	18	DR	DR	1.960.213	150.786	392.043	235.281	350.038	2.503.041	585.319	0,64
	22	350	12	540	42	DR	DR	1.639.986	126.153	327.997	246.891	292.855	2.094.135	539.745	0,59
	23	150	48	180	3	DR	DR	902.866	69.451	180.573	228.648	161.226	1.152.891	389.875	0,49
	24	350	12	420	57	DR	DR	868.528	66.810	173.706	287.517	155.094	1.109.044	442.611	0,43
	25	250	80	300	30	DR	DR	1.250.000	96.154	250.000	291.542	223.214	1.596.154	514.756	0,51
	26	25	8	30	3	DR	DR	892.857	68.681	178.571	385.505	159.439	1.140.110	544.944	0,47
	27	250	80	300	30	0,5DR	DR	827.815	63.678	165.563	185.355	147.824	1.057.056	333.179	0,49
	28	250	80	300	30	1,5DR	DR	984.252	75.712	196.850	277.931	175.759	1.256.814	453.690	0,52
	29	250	80	300	30	DR	0,5DR	796.178	61.244	159.236	286.758	142.175	1.016.659	428.932	0,44
	30	250	80	300	30	DR	1,5DR	714.286	54.945	142.857	335.188	127.551	912.088	462.739	0,38
mín.							714.286	54.945	142.857	185.355	127.551	912.088	333.179	0,38	
máx							5.044.824	388.063	1.008.965	396.941	900.862	6.441.853	1.222.141	0,79	
$\bar{y}$							1.579.399	121.492	315.880	272.923	282.035	2.016.771	554.958	0,55	
s							1.126.280	86.637	225.256	53.038	201.121	1.438.173	205.659	0,09	

140

Quadro 44 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) e valores de índice de colheita (IC) para Mn, nos componentes da biomassa restituída e exportada

Tratamento	Dose						CUB							IC	
	N	P	K	S	Cal	Micro	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada		
	kg/ha						kg/kg								
141	1	150	48	180	18	DR	DR	23.216	35.717	4.643	5.655	13.656	63.575	19.312	0,75
	2	150	48	180	42	DR	DR	20.184	31.053	4.037	10.179	11.873	55.273	22.052	0,60
	3	150	48	420	18	DR	DR	22.869	35.183	4.574	8.672	13.452	62.627	22.124	0,70
	4	150	48	420	42	DR	DR	29.097	44.764	5.819	7.764	17.116	79.681	24.880	0,77
	5	150	112	180	18	DR	DR	21.071	32.417	4.214	9.004	12.395	57.702	21.399	0,63
	6	150	112	180	42	DR	DR	17.961	27.633	3.592	10.122	10.565	49.186	20.688	0,60
	7	150	112	420	18	DR	DR	20.893	32.143	4.179	7.593	12.290	57.215	19.883	0,72
	8	150	112	420	42	DR	DR	25.518	39.259	5.104	11.643	15.011	69.881	26.654	0,67
	9	350	48	180	18	DR	DR	25.635	39.438	5.127	8.170	15.079	70.200	23.249	0,71
	10	350	48	180	42	DR	DR	15.193	23.373	3.039	5.492	8.937	41.604	14.429	0,70
	11	350	48	420	18	DR	DR	19.603	30.158	3.921	8.573	11.531	53.682	20.104	0,62
	12	350	48	420	42	DR	DR	21.373	32.881	4.275	10.345	12.572	58.528	22.917	0,62
	13	350	112	180	18	DR	DR	19.183	29.512	3.837	8.985	11.284	52.531	20.269	0,65
	14	350	112	180	42	DR	DR	17.143	26.374	3.429	10.105	10.084	46.946	20.189	0,61
	15	350	112	420	18	DR	DR	16.478	25.351	3.296	5.823	9.693	45.125	15.516	0,71
	16	350	112	420	42	DR	DR	22.390	34.446	4.478	7.122	13.170	61.314	20.293	0,70
	17	25	48	180	18	DR	DR	21.651	33.309	4.330	8.252	12.736	59.290	20.988	0,65
	18	475	12	420	42	DR	DR	18.439	28.368	3.688	8.181	10.847	50.495	19.028	0,68
	19	150	8	180	18	DR	DR	17.084	26.284	3.417	6.472	10.050	46.785	16.522	0,66
	20	350	152	420	42	DR	DR	21.774	33.499	4.355	10.270	12.808	59.628	23.079	0,65
	21	150	48	30	18	DR	DR	19.678	30.274	3.936	5.479	11.575	53.887	17.054	0,72
	22	350	12	540	42	DR	DR	22.147	34.072	4.429	9.991	13.027	60.648	23.019	0,64
	23	150	48	180	3	DR	DR	20.388	31.366	4.078	8.380	11.993	55.831	20.373	0,66
	24	350	12	420	57	DR	DR	21.057	32.395	4.211	11.316	12.386	57.663	23.702	0,61
	25	250	80	300	30	DR	DR	20.436	31.439	4.087	10.296	12.021	55.962	22.317	0,63
	26	25	8	30	3	DR	DR	16.733	25.744	3.347	6.843	9.843	45.824	16.686	0,66
	27	250	80	300	30	0,5DR	DR	21.644	33.299	4.329	8.208	12.732	59.271	20.940	0,66
	28	250	80	300	30	1,5DR	DR	26.100	40.155	5.220	9.025	15.353	71.475	24.378	0,72
	29	250	80	300	30	DR	0,5DR	16.929	26.045	3.386	6.118	9.958	46.361	16.076	0,68
	30	250	80	300	30	DR	1,5DR	23.770	36.569	4.754	5.449	13.982	65.094	19.432	0,79
mín.							15.192	23.373	3.038	5.449	8.936	41.604	14.429	0,60	
máx							29.096	44.764	5.819	11.642	17.115	79.680	26.653	0,79	
$\bar{y}$							20.854	32.083	4.170	8.317	12.267	57.109	20.585	0,67	
s							3.146	4.841	629	1.793	1.851	8.617	2.870	0,05	

Quadro 45 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) e valores de índice de colheita (IC) para Fe, nos componentes da biomassa restituída e exportada

Tratamento	Dose						CUB							IC
	N	P	K	S	Cal	Micro	Raiz	Caule	Folha	Fruto	Muda	Restituída	Exportada	
	kg/ha						kg/kg							-kg/kg-
1	150	48	180	18	DR	DR	170.472	37.466	34.094	3.696	34.790	242.032	38.487	0,95
2	150	48	180	42	DR	DR	204.122	44.862	40.824	4.767	41.658	289.808	46.424	0,95
3	150	48	420	18	DR	DR	164.701	36.198	32.940	6.390	33.613	233.840	40.003	0,92
4	150	48	420	42	DR	DR	178.538	39.239	35.708	6.331	36.436	253.485	42.767	0,91
5	150	112	180	18	DR	DR	88.369	19.422	17.674	5.584	18.034	125.464	23.618	0,87
6	150	112	180	42	DR	DR	98.026	21.544	19.605	5.325	20.005	139.176	25.330	0,89
7	150	112	420	18	DR	DR	167.153	36.737	33.431	5.263	34.113	237.321	39.375	0,93
8	150	112	420	42	DR	DR	214.479	47.138	42.896	7.253	43.771	304.513	51.025	0,93
9	350	48	180	18	DR	DR	170.952	37.572	34.190	4.786	34.888	242.714	39.674	0,92
10	350	48	180	42	DR	DR	138.813	30.508	27.763	5.342	28.329	197.084	33.671	0,91
11	350	48	420	18	DR	DR	172.817	37.982	34.563	2.711	35.269	245.363	37.979	0,96
12	350	48	420	42	DR	DR	127.723	28.071	25.545	2.631	26.066	181.338	28.697	0,95
13	350	112	180	18	DR	DR	168.161	36.958	33.632	4.799	34.319	238.751	39.118	0,94
14	350	112	180	42	DR	DR	275.914	60.641	55.183	7.465	56.309	391.738	63.775	0,94
15	350	112	420	18	DR	DR	221.615	48.707	44.323	4.800	45.227	314.644	50.028	0,95
16	350	112	420	42	DR	DR	188.610	41.453	37.722	5.888	38.492	267.785	44.380	0,91
17	25	48	180	18	DR	DR	128.785	28.304	25.757	4.407	26.283	182.846	30.690	0,92
18	475	12	420	42	DR	DR	147.125	32.335	29.425	8.890	30.025	208.885	38.915	0,88
19	150	8	180	18	DR	DR	192.871	42.389	38.574	4.974	39.361	273.834	44.335	0,94
20	350	152	420	42	DR	DR	147.635	32.447	29.527	7.628	30.130	209.610	37.757	0,90
21	150	48	30	18	DR	DR	154.785	34.019	30.957	3.619	31.589	219.760	35.207	0,94
22	350	12	540	42	DR	DR	133.403	29.319	26.681	3.359	27.225	189.402	30.584	0,94
23	150	48	180	3	DR	DR	150.094	32.988	30.019	4.707	30.631	213.100	35.338	0,93
24	350	12	420	57	DR	DR	194.510	42.750	38.902	6.742	39.696	276.162	46.438	0,92
25	250	80	300	30	DR	DR	145.984	32.084	29.197	7.278	29.793	207.265	37.071	0,88
26	25	8	30	3	DR	DR	140.139	30.800	28.028	4.992	28.600	198.967	33.591	0,93
27	250	80	300	30	0,5DR	DR	143.279	31.490	28.656	3.024	29.241	203.425	32.265	0,95
28	250	80	300	30	1,5DR	DR	180.785	39.733	36.157	4.015	36.895	256.674	40.909	0,95
29	250	80	300	30	DR	0,5DR	172.810	37.980	34.562	6.466	35.267	245.352	41.734	0,92
30	250	80	300	30	DR	1,5DR	181.518	39.894	36.304	2.834	37.044	257.716	39.879	0,96
mín.							88.369	19.422	17.674	2.631	18.034	125.464	23.618	0,87
máx							275.914	60.641	55.183	8.890	56.309	391.738	63.775	0,96
$\bar{y}$							165.473	36.368	33.095	5.199	33.770	234.935	38.969	0,93
s							36.393	7.999	7.279	1.579	7.427	51.670	7.921	0,02

6.1.3. Taxas de recuperação de nutrientes pela planta

Para determinar essas taxas (Quadro 46) partiu-se da pressuposição que a quantidade acumulada no tratamento, que recebeu as menores doses de nutrientes (tratamento 26), representaria a quantidade de nutriente absorvida pela planta na ausência de fertilização. Esta foi a alternativa adotada, para contornar as limitações impostas pela matriz experimental utilizada, que não contempla a dose zero. Apesar das restrições, esta estratégia serve para minimizar os efeitos provocados pela ausência de nutrientes no solo e reduzir a possibilidade de superestimação dos valores das referidas taxas.

Os valores das taxas de recuperação pela planta (TR_{pl}) exibiram ampla variação, influenciada possivelmente pelas doses aplicadas e pelas interações entre os nutrientes, sendo observada a seguinte amplitude: N (0,20-0,72 kg/kg), P (0,06-0,76 kg/kg), K (0,13-0,91 kg/kg) e S (0,04-0,62 kg/kg). Os valores médios das taxas de recuperação, obtidas nos tratamentos avaliados, foram: 0,41 para N, 0,21 para P, 0,45 para K e 0,24 para S.

Verificou-se tendência de decréscimo dos valores das taxas com o aumento das doses, o que está de acordo com a expectativa teórica, pois, a planta tem uma capacidade limitada para absorver toda a quantidade de nutriente aplicada. Neste sentido, o manejo adequado dos nutrientes (dose, forma, época e parcelamentos) torna-se importante para minimizar as perdas e aumentar a eficiência de recuperação pela planta.

Substituindo as doses de MEE, obtida no experimento, nas equações das taxas de recuperação pela planta, contidas na estrutura do FERTCALC[®]-Abacaxi (Quadro 11), observam-se, comparativamente, maiores valores em relação aos efetivamente observados no experimento. As taxas de recuperação, obtidas neste procedimento foram: 0,68 para N; 0,42 para P; 0,65 para K; e 0,59 para S. Substituindo as doses de MEE na equação que relaciona produção e TR_{pl} foram obtidos os seguintes valores: 0,40 para N; 0,33 para P; 0,51 para K; e 0,28 para S.

De acordo com as diferenças encontradas entre os valores das taxas, verifica-se a importância de se definir adequadamente os valores das taxas de recuperação pela planta, bem como estabelecer possíveis relações entre as taxas e demais fatores, que influenciam seus valores (capacidade tampão, teor de nutrientes no solo, produtividade, etc), o que contribuirá para o aperfeiçoamento das recomendações feitas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi.

Quadro 46 - Taxas de recuperação pela planta para N, P, K e S, em função das doses dos nutrientes aplicadas

Dose				Taxa de recuperação			
N	P	K	S	N	P	K	S
-----kg/ha -----				-----kg/kg -----			
150	48	180	18	0,29	0,19	0,48	0,43
150	48	180	42	0,49	0,24	0,55	0,13
150	48	420	18	0,50	0,20	0,34	0,42
150	48	420	42	0,41	0,07	0,13	0,17
150	112	180	18	0,72	0,12	0,62	0,22
150	112	180	42	0,44	0,10	0,42	0,10
150	112	420	18	0,60	0,11	0,38	0,26
150	112	420	42	0,40	0,06	0,27	0,04
350	48	180	18	0,25	0,30	0,41	0,38
350	48	180	42	0,20	0,35	0,45	0,07
350	48	420	18	0,40	0,22	0,23	0,25
350	48	420	42	0,39	0,47	0,53	0,24
350	112	180	18	0,28	0,12	0,80	0,43
350	112	180	42	0,41	0,16	0,91	0,12
350	112	420	18	0,39	0,14	0,44	0,22
350	112	420	42	0,32	0,14	0,36	0,17
25	48	180	18	-	-	-	-
475	12	420	42	0,40	-	0,70	0,28
150	8	180	18	0,48	-	0,33	0,42
350	152	420	42	0,22	0,07	0,32	0,19
150	48	30	18	0,71	0,30	-	0,27
350	12	540	42	0,37	-	0,36	0,26
150	48	180	3	0,71	0,23	0,31	0,62
350	12	420	57	0,26	0,76	0,43	0,06
250	80	300	30	0,44	0,15	0,66	0,19
25	8	30	3	-	-	-	-
250	80	300	30	0,26	0,18	0,34	0,22
250	80	300	30	0,28	0,14	0,41	0,21
250	80	300	30	0,61	0,26	0,66	0,21
250	80	300	30	0,35	0,13	0,26	0,23
min.	-	-	-	0,20	0,06	0,13	0,04
max.	-	-	-	0,72	0,76	0,91	0,62
média	-	-	-	0,41	0,21	0,45	0,24
CV (%)	-	-	-	35,41	71,20	40,39	54,17

Quadro 47 - Equações de regressão para as taxas de recuperação pela planta de N, P, K e S, em função das doses dos nutrientes aplicadas^{1/}

Dose	TR _{pl}	Máx	Mín	b0	b1	DMEE	TXRE
---kg/ha---	-----kg/kg-----					-kg/ha -	--kg/kg-
N							
25	0,66	-	-				
150	0,52	0,29	0,72				
250	0,39	0,26	0,61	0,66	-0,001	260	0,40
350	0,32	0,20	0,41				
475	0,40 ^{2/}	-	-				
P ₂ O ₅							
8	0,76 ^{2/}	-	-				
48	0,26	0,07	0,47	0,33	-0,0017	0	0,33
80	0,17	0,13	0,26				
112	0,12	0,06	0,16				
152	0,07	-	-				
K ₂ O							
30	0,61						
180	0,53	0,31	0,96	0,61	-0,0005	200	0,51
300	0,47	0,26	0,66				
420	0,38	0,13	0,70				
540	0,36						
S							
3	0,62	-	-				
18	0,33	0,22	0,43	0,57	-0,0098	30	0,28
30	0,21	0,29	0,23				
42	0,16	0,07	0,28				
57	0,06	-	-				

^{1/} Equações ajustadas a partir dos dados apresentados do Quadro 46; ^{2/} Valores considerados outliers e não utilizados no ajuste da equação; Máx = valor máximo; Mín = valor mínimo; MEE = dose de máxima eficiência econômica; TXRE = taxa de recuperação pela planta obtida com a dose de MEE, em kg/kg; b1 = taxa de decréscimo nos valores de TR_{pl} por unidade do nutriente adicionada.

6.1.4. Verificação das estimativas feitas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi

Para avaliar o desempenho do FERTCALC[®]-Abacaxi sob condições práticas, foram feitas comparações entre as estimativas das doses e da relação B/C observadas no experimento e estimadas pelo Sistema, o que se denominou de verificação.

Foram consideradas como doses observadas, aquelas efetivamente aplicadas no experimento (Quadro 32). As doses estimadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi foram obtidas, fornecendo-se ao Sistema o valor da produtividade, obtida no experimento com as doses observadas para cada nutriente, considerando-se as doses de MEE para os demais nutrientes.

Para comparar os valores de relação B/C, utilizaram-se, como valores estimados, aqueles gerados pelo Sistema para as doses utilizadas no procedimento anterior, adotando-se os coeficientes técnicos e preços do produto e dos insumos apresentados nos quadros 23 a 28. Os valores foram determinados, substituindo-se na função de produção ajustada a produtividade obtida em cada uma das doses aplicadas no experimento, adotando-se, para os demais nutrientes, as doses de MEE.

Pelos resultados obtidos, verificou-se que as doses de N, K e S estimadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, relacionaram-se com as doses observadas no experimento (Figura 30), sendo constatada, porém, superioridade das mesmas em relação às observadas no experimento, principalmente para produtividades mais baixas.

O relacionamento entre doses estimadas e observadas para N, K e S ajustou-se ao modelo linear descontínuo, indicando duas regiões de resposta da cultura à aplicação de nutrientes. Na primeira região, foram observados incrementos lineares na produtividade com o aumento das doses, sendo que, na segunda, o aumento das doses não promoveu incrementos na produtividade, sugerindo que houve consumo de luxo de nutrientes pela cultura (Figura 30).

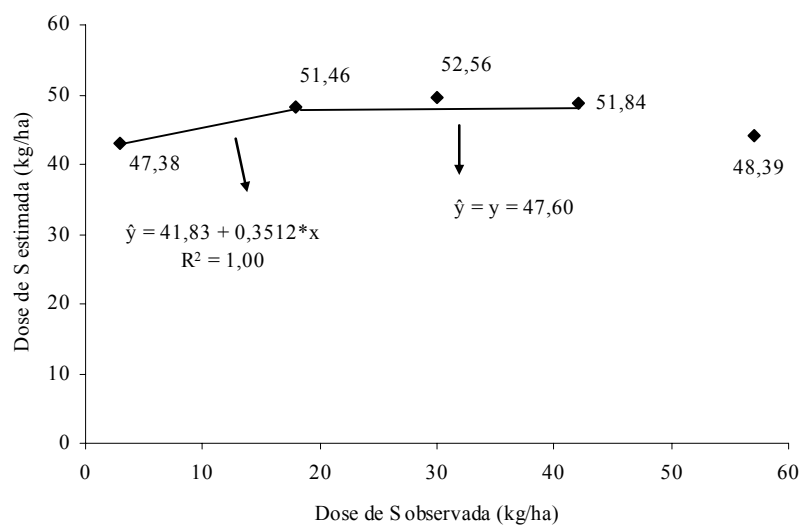
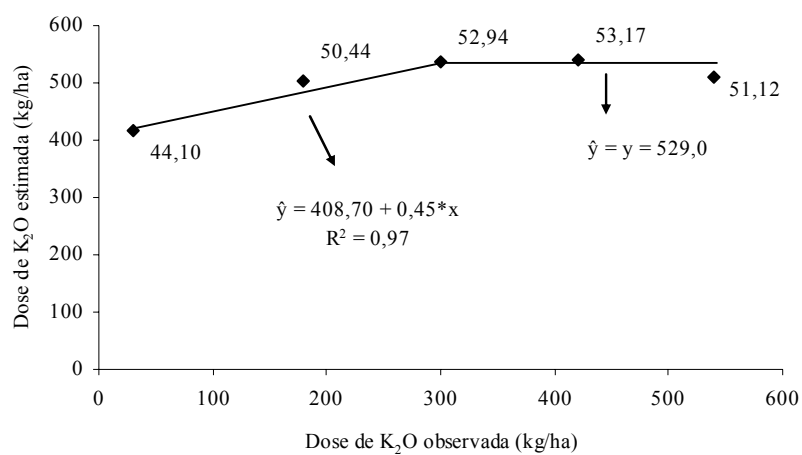
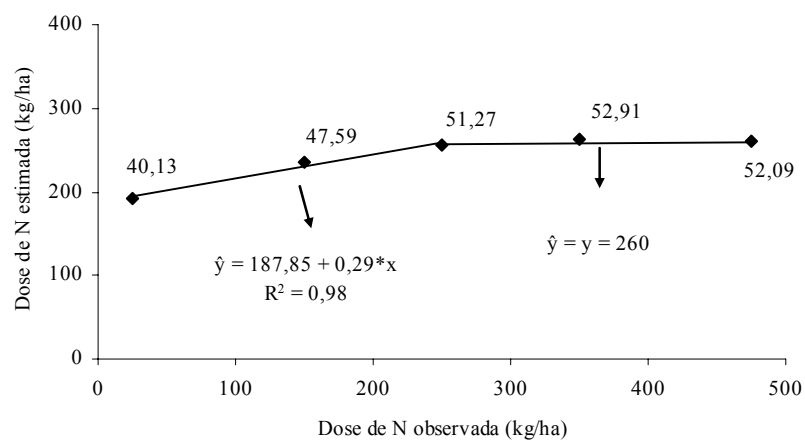


Figura 30 - Comparação entre as doses de N, K e S observadas no experimento e estimadas pelo FERTCALC®-Abacaxi.

Para N, foram observados incrementos nas produtividades entre 40,13 e 51,27 t/ha com o aumento das doses, havendo estabilização das mesmas (51,27 a 52,09 t/ha) para doses em torno de 260 kg/ha. Para K, observaram-se efeitos positivos das doses até produtividades de 52,94 t/ha e tendência de estabilização das produtividades (52,94 à 51,12 t/ha) para doses em torno de 529 kg/ha. Para S, as doses promoveram incrementos para produtividades entre 47,38 e 51,46 t/ha, havendo estabilização das doses em torno de 48 kg/ha para produtividades entre 51,46 e 52,56 (Figura 30).

Os valores da relação B/C, estimados pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, apresentaram estreita relação com os valores observados, tanto no primeiro (Figura 31) quanto no segundo cultivo (Figura 32). Entretanto, em geral, independentemente dos cultivos, houve superestimação dos valores da relação B/C (Figuras 31 e 32) e dos demais indicadores econômicos (Quadros 48 e 49). Possivelmente, isso ocorreu devido aos valores das taxas de recuperação adotados no Sistema, os quais podem ter elevado as doses e consequentemente os custos, bem como pelo fato de o Sistema computar nas estimativas a dose de sustentabilidade, critério não adotado no experimento.

Entretanto, verifica-se que o FERTCALC[®]-Abacaxi demonstra boa capacidade preditiva na recomendação de fertilizantes para o abacaxizeiro, constituindo uma alternativa simples e promissora, mas que ainda necessita melhoramentos, para avaliar a economicidade das doses. Além disso, o Sistema precisa ser testado em maior número de situações, bem como sua estrutura, relações e taxas precisam ser calibradas para outras condições edafoclimáticas.

Mais do que uma hipótese a ser confirmada ou refutada, o FERTCALC[®]-Abacaxi constitui uma ferramenta, que permite definir e recomendar de forma mais criteriosa e integrada as doses de corretivos e fertilizantes para a cultura do abacaxizeiro, pois, contempla na sua estrutura aspectos nutricionais, de qualidade da produção e da sustentabilidade dos cultivos, além de permitir ao usuário avaliar a viabilidade econômica das recomendações.

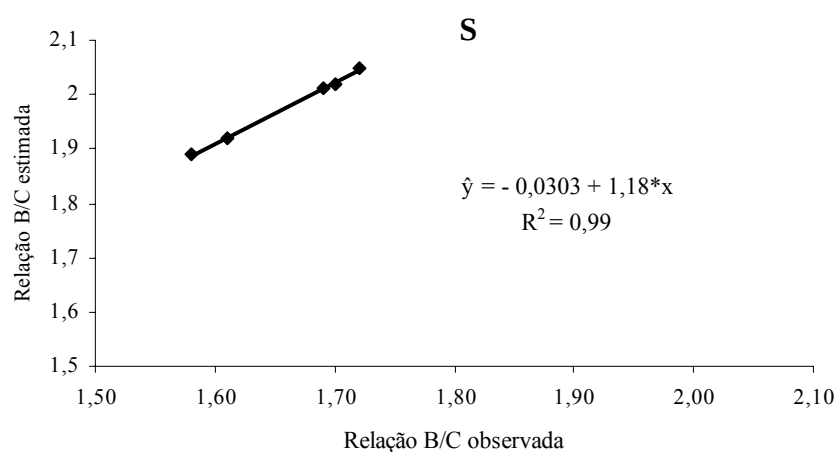
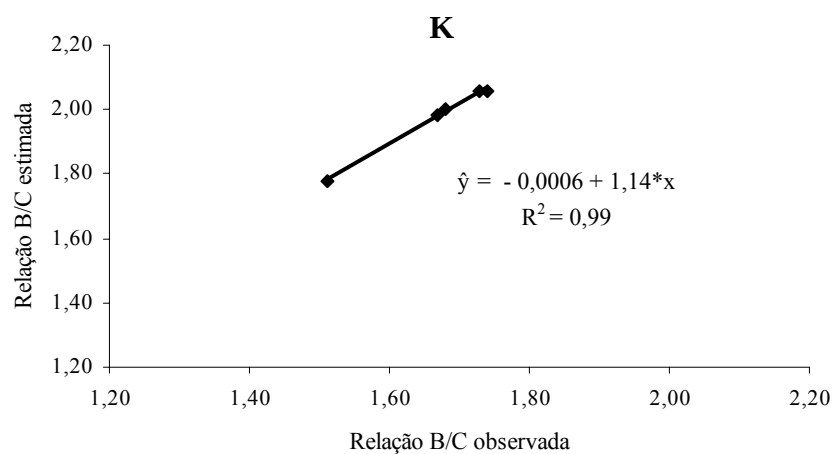
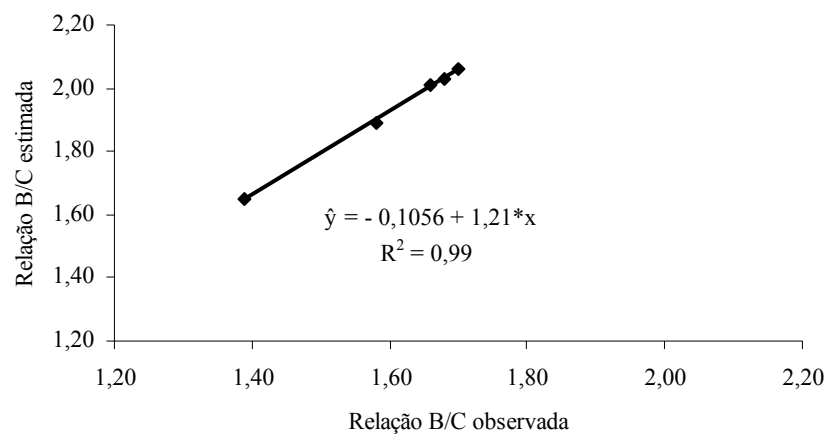


Figura 31 - Comparação entre os valores de relação receita/custo (B/C) observados no experimento e estimados pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, no primeiro cultivo.

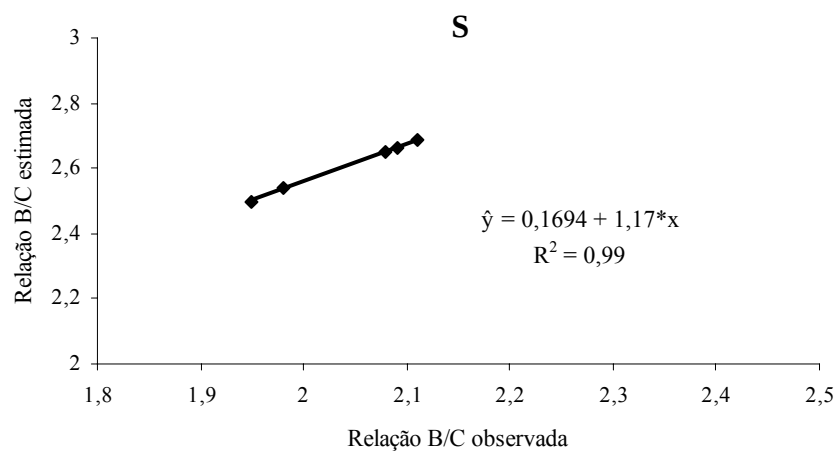
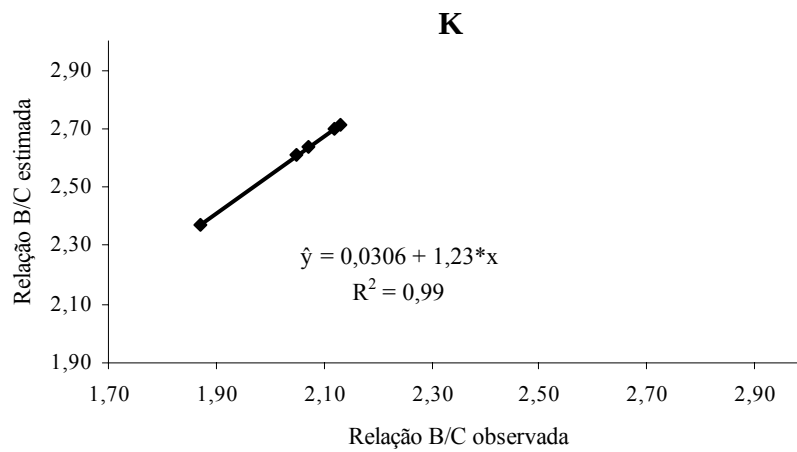
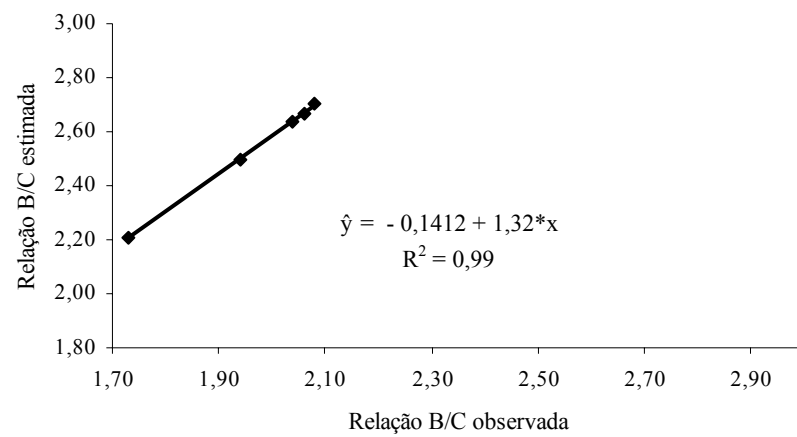


Figura 32 - Comparação entre os valores de relação receita/custo (B/C) observados no experimento e estimados pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, no segundo cultivo.

Quadro 48 - Comparação entre custos, receitas e relação B/C observados no experimento e estimados pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, em primeiro cultivo

Prod.	Custo Total		Custo Operacional		Receita Bruta		Receita Líquida		Relação B/C	
t/ha	Observado	Estimado	Observado	Estimado	Observado	Estimado	Observado	Estimado	Observado	Estimado
-----R\$-----										
N										
44,60	12.695	11.115	0,30	0,25	18.955	18.981	6.260	7.865	1,49	1,71
52,71	13.259	11.488	0,32	0,22	22.402	22.402	9.143	10.913	1,69	1,95
56,86	13.526	11.687	0,32	0,21	24.166	24.166	10.639	12.479	1,79	2,07
58,96	13.657	11.788	0,33	0,20	25.058	25.058	11.401	13.270	1,83	2,13
58,73	13.643	11.777	0,33	0,20	24.960	24.960	11.317	13.184	1,83	2,12
K										
48,30	12.891	11.280	0,31	0,23	20.528	20.528	7.637	9.248	1,59	1,82
55,36	13.307	11.615	0,32	0,21	23.528	23.528	10.221	11.913	1,77	2,03
58,43	13.478	11.762	0,32	0,20	24.833	24.833	11.355	13.071	1,84	2,11
59,23	13.521	11.801	0,32	0,20	25.173	25.173	11.651	13.372	1,86	2,13
57,75	13.441	11.729	0,32	0,20	24.544	24.544	11.103	12.814	1,83	2,09
S										
35,93	12.423	10.721	0,30	0,30	15.270	15.270	2.847	4.549	1,23	1,42
39,85	12.619	10.898	0,30	0,27	16.936	16.936	4.317	6.039	1,34	1,55
40,95	12.672	10.947	0,30	0,27	17.404	17.404	4.732	6.457	1,37	1,59
40,23	12.638	10.915	0,30	0,27	17.098	17.098	4.460	6.183	1,35	1,57
36,78	12.467	10.759	0,30	0,29	15.632	15.632	3.164	4.872	1,25	1,45

Quadro 49 - Comparação entre custos, receitas e relação B/C observados no experimento e estimados pelo FERTCALC[®]-Abacaxi, em segundo cultivo

Prod.	Custo Total		Custo Operacional		Receita Bruta		Receita Líquida		Relação B/C	
t/ha	Observado	Estimado	Observado	Estimado	Observado	Estimado	Observado	Estimado	Observado	Estimado
-----R\$-----										
N										
44,60	10.289	8.217	0,25	0,18	18.955	18.955	8.666	10.738	1,84	2,31
52,71	10.853	8.591	0,26	0,16	22.402	22.402	11.549	13.811	2,06	2,61
56,86	11.120	8.789	0,27	0,15	24.166	24.166	13.046	15.376	2,17	2,75
58,96	11.251	8.890	0,27	0,15	25.058	25.058	13.807	16.168	2,23	2,82
58,73	11.237	8.879	0,27	0,15	24.960	24.960	13.723	16.081	2,22	2,81
K										
48,30	10.485	8.383	0,25	0,17	20.528	20.528	10.043	12.145	1,96	2,45
55,36	10.901	8.717	0,26	0,16	23.528	23.528	12.627	14.811	2,16	2,70
58,43	11.072	8.865	0,27	0,15	24.833	24.833	13.761	15.968	2,24	2,80
59,23	11.115	8.903	0,27	0,15	25.173	25.173	14.058	16.270	2,26	2,83
57,75	11.034	8.832	0,26	0,15	24.544	24.544	13.509	15.712	2,22	2,78
S										
35,93	10.017	7.825	0,24	0,22	15.270	15.270	5.253	7.445	1,52	1,95
39,85	10.213	8.002	0,25	0,20	16.936	16.936	6.723	8.934	1,66	2,12
40,95	10.266	8.052	0,25	0,20	17.404	17.404	7.138	9.352	1,70	2,16
40,23	10.231	8.019	0,25	0,20	17.098	17.098	6.866	9.079	1,67	2,13
36,78	10.061	7.864	0,24	0,21	15.632	15.632	5.571	7.768	1,55	1,99

7. RESUMO E CONCLUSÕES

A demanda nutricional do abacaxizeiro é elevada, em comparação com outras culturas e sofre influência, além de fatores edafoclimáticos e das práticas de manejo adotadas, do cultivar, do sistema e da densidade de plantio e do destino da produção (consumo *in natura* ou indústria), sendo que a variação desses fatores nem sempre é contemplada nas tabelas de adubação dos principais Estados produtores.

Este trabalho teve por objetivos: desenvolver um Sistema para Recomendação de Corretivos e Fertilizantes para a Cultura do Abacaxizeiro, elaborado a partir da modelagem e sistematização de informações de literatura e do conhecimento atual sobre adubação e nutrição mineral da cultura; e estabelecer procedimentos que permitam analisar, economicamente as recomendações geradas pelo Sistema e avaliar seu desempenho, por meio da comparação das suas estimativas com dados e informações obtidas em ensaios de adubação com a cultura.

O desenvolvimento do Sistema de Recomendação de Fertilizantes e Corretivos para a cultura do Abacaxizeiro (FERTCALC[®]-Abacaxi) baseou-se no princípio do balanço nutricional, o qual contempla o requerimento de nutrientes pela cultura para se alcançar uma produtividade esperada e a capacidade de suprimento dos nutrientes pelo solo. O requerimento de nutrientes depende da demanda nutricional pela cultura e da demanda de sustentabilidade. A demanda nutricional é representada pela quantidade de nutrientes necessária para a planta produzir as biomassas a serem exportadas (frutos e mudas) e restituídas (raiz, caule, pedúnculo e folhas), considerando-se uma produtividade esperada. A demanda de sustentabilidade baseia-se na restituição de uma fração da quantidade de nutrientes exportada nos frutos e nas mudas, visando assegurar seu fornecimento num futuro ciclo de produção

e evitar o esgotamento das reservas do solo. O suprimento de nutrientes pelo solo contabiliza as quantidades, indicadas pela análise química, do teor de matéria orgânica (para N), da calagem (para Ca e Mg) e das quantidades de resíduos do ciclo anterior.

As simulações realizadas com o FERTCALC[®]-Abacaxi demonstraram que o Sistema recomenda maiores doses de nutrientes no primeiro cultivo do que no segundo e, em geral, maiores quantidades para o cultivar Pérola em relação ao cultivar Smooth Cayenne. As doses recomendadas pelo Sistema, para ambos os cultivares, são maiores para densidades de plantio mais altas e para produção de frutos com maior peso. As recomendações feitas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi foram influenciadas, principalmente, pela produtividade esperada, pelos teores de nutrientes no solo e pela adição dos resíduos culturais, principalmente para os nutrientes que apresentam maior demanda (N e K), havendo pequena influência da capacidade tampão nas doses dos nutrientes sensíveis às variações dessa propriedade. As comparações realizadas com as tabelas de adubação dos principais Estados produtores mostraram que ao contrário das tabelas, o FERTCALC[®]-Abacaxi recomenda, tanto no primeiro cultivo, quanto no cultivo da soca, doses de nutrientes variando, continuamente, com a produtividade e com o teor de nutrientes no solo e contabilizam a contribuição dos resíduos orgânicos do ciclo anterior. A inclusão da análise econômica na estrutura do Sistema permitiu observar que, embora onerosa, a abacaxicultura é uma atividade de alta rentabilidade econômica e que a relação entre os preços do produto e dos fertilizantes é ampla e favorável ao produto. As doses estimadas pelo FERTCALC[®]-Abacaxi relacionaram-se com as doses observadas em ensaios de adubação com a cultura, indicando boa capacidade preditiva do Sistema para recomendar fertilizantes.

Com este trabalho, concluiu-se que o FERTCALC[®]-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. Contudo, o Sistema precisa ser aperfeiçoado em futuras versões e ter seu desempenho avaliado em outras condições edafoclimáticas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, E.; SANTOS, M.G.F.M.; OGATA, T. & SOUZA, M. Determinação da densidade de plantas em abacaxizal, *Ananas comosus* (L) Merr, cv. Pérola. Rev. Bras. Frutic., 2:11-15, 1980.
- ADDISCOTT, T.M. Simulation modelling and soil behaviour. Geoderma, 60: 15-40, 1985.
- ALMEIDA, A.; FERNANDES, M.C.A & LIMA, E. Efeitos dos restos culturais de abacaxizeiro sobre a nutrição e a sanidade da planta. Rev. Biociências, 10:15-24, 2004.
- ALMEIDA, C.O.; VILAR, L.C.; SOUZA, L.F.S.; REINHARDT, D.H. & MACEDO, M.C. Peso do abacaxi: um termo em discussão. Bahia Agrícola, 6:1-6, 2005.
- ALVAREZ V., V.H. Avaliação da fertilidade do solo: superfícies de resposta - modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta. Viçosa: Imprensa Universitária, 75p. 1994.
- ALVAREZ V., V.H. & RIBEIRO, A.C. Calagem In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. eds. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999, 359p.
- ALVAREZ V., V.H. & PEREIRA, N.F. Correção da acidez do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. Palestras. Recife, SBCE, 2005. CD-ROM.
- ALVES, A.A.; REINHARDT, D.H.; ALCÂNTARA, J.P.; SOUZA, L.F.S. & CALDAS, R.C. Manejo e avaliação da soca do abacaxi 'Pérola' nas condições do semi-árido de Itaberaba, Bahia. Rev. Bras. Frutic., 20:323-331, 1998.

- ANGELES, D.E.; SUMNER, M.E. & BARBOUR, N.W. Preliminary nitrogen, phosphorus and potassium DRIS norms for pineapple. *Hortscience*, 25: 652-655, 1990.
- ARZOLLA, S. Estudos sobre a nutrição mineral do abacaxizeiro (*Ananas sativus*, Schult). Piracicaba, ESAL-USP. 1961. 45p. (Tese de Doutorado).
- ASPIAZÚ, I. Extração de ferro e manganês por Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA em solos de Minas Gerais e da Bahia. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 49p. (Tese de Mestrado).
- BARREIRO NETO, M.; LEITE, G.M.; SANTOS, E.S.; LACERDA, J.T.; CARVALHO, R.A. & FONTINELLI, I.S.C. Aspectos sócioeconômicos da abacaxicultura no Estado da Paraíba. In: BARREIRO NETO, M. & SANTOS, E.S. Abacaxi: da agricultura familiar ao agronegócio. João Pessoa: EMEPA, 2002. p.87-98.
- 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*, 16:129-131, 1995.
- BEZERRA, J.E.F.; SILVA, A.B.; LEDERMAN, J.E. & REIS, R.M.G. Manejo dos restos culturais do abacaxizeiro e sua influência na produção, qualidade dos frutos e na erosão do solo II. Dados do terceiro e quarto ciclos de produção. *Rev. Bras. Frutic.*, 17:7-15, 1995.
- BHUGALOO, R.A. Effect of different levels of nitrogen on yield and quality of pineapple variety Queen Victoria. Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius, 1998. p.75-79 (Technical Bulletin).
- BOARETTO, A.E.; CHITOLINA, J.C.; van RAIJ, B.; SILVA, F.C.; TEDESCO, M.J. & CARMO, C.A.F.S. Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: EMBRAPA - EMBRAPA SOLOS E EMBRAPA INFORMÁTICA E AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 1999. p.49-73.
- BOTREL, N. & SIQUEIRA, D.L. Implantação de um abacaxizal. *Informe Agropecuário*, 11:22-26, 1985.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisa e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo. I Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II Interpretação para uso agrícola dos solos do estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. 638p. (Boletim Técnico, 15; SUDENE, Série Pedológica, 8).

- BUZETTI, S.; BLANCO-CORREA, L.S.; MARTINS, A.B.G. & MATTTIOLI, C.H. Doses de N, P, K e micronutrientes na cultura do abacaxizeiro. *Pesq. Agropec. Bras.*, 21:1249-1252, 1986.
- CARRANZA, C. & GOMEZ, F.P. The minimization of an agricultural product cost function in fertilizer experiments. *Revista da Agricultura*, 74:1-13, 1999.
- CARVALHO, M.J.S. & OLIVEIRA, Z.P. Níveis de adubação para a cultura do abacaxizeiro em alguns solos do Estado de Alagoas. *Rev. Bras. Frutic.*, 14:7-11, 1992.
- CARVALHO, F.T. Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do milho. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 93p. (Tese de Mestrado).
- CHOAIRY, S.A. O abacaxizeiro. Fortaleza: EMEPA-PB/Banco do Nordeste do Brasil, 1992. 140p. (EMEPA, Documentos, 16).
- COLWELL, J.D. Estimating fertilizer requirements: a quantitative approach. Canberra: CAB International. 1994, 262p.
- COUTO, F. A. A. Desenvolvimento e produção do abacaxizeiro, *Ananas comosus* (L.) Merr. adubado com potássio via folha e solo. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1991. 61p. (Tese de Doutorado).
- CUNHA, G.A P. & CABRAL, J.R.S. Taxonomia, Espécies, Cultivares e Morfologia. In: CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S. & SOUSA, L.F.S. O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia. Brasília: EMBRAPA, 1999, p.67-83.
- DARWIN, C. On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured the struggle for life. 2 ed. New York: D. Appleton and Company, 1860. 432p.
- DEBERTIN, D.L. Agricultural production economics. New York: Macmillan Publishing Company, 366p. 1986.
- DEBERTIN, D.L. An animated instructional module for teaching production economics with 3-D graphics. *American Journal of Agriculture Economical*, 75: 485-491, 1993.
- DIBB, D.W. The mysteries (myths) of nutrient use efficiency. *Better Crops*, 84:3-5, 2000.
- DOBERMANN, A.; WITT, C. & DAWE, D. A Performance of site-specific nutrient management in intensive rice cropping systems of Asia. *Better Crops*, 16:25-30, 2002.

- DOURADO NETO, D.; TERUEL, D.A.; REICHARDT, K.; NIELSEN D.R.; FRIZZONE, J.A. & BACCHI, O.O.S. Principles of crop modelling and simulation I: uses of mathematical models in agricultural science. *Sci. Agric.*, 55:46-50, 1998a.
- DOURADO NETO, D.; TERUEL, D.A.; REICHARDT, K.; NIELSEN D.R.; FRIZZONE, J.A. & BACCHI, O.O.S. Principles of crop modelling and simulation II: The implications of the objective in model development. *Sci. Agric.*, 55:51-57, 1998b.
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DA PARAÍBA. Sugestões de adubação para o estado da Paraíba: 1ª aproximação. João Pessoa, 1979. 105p.
- FAGERIA, N.K. Maximizing crop yields. New York, Marcel Dekker, 1992. 274p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. & JONES, C. A. Growth and mineral nutrition of field crops. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1997. 624 p.
- FAOSTAT. Agricultural Data. 2004 Acessado em: <http://apps.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture>. Data de acesso: 25 de outubro de 2004.
- FRANÇA, G. E. Curva de crescimento, concentração e absorção de macronutrientes pelo abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) durante um ciclo de cultura. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1976. 62p. (Tese de Mestrado).
- FREIRE, F.J. Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 87p. (Tese de Doutorado).
- GADELHA, C.A.A. Utilização da mistura calcário e gesso na cultura do abacaxi em solos de tabuleiros costeiros Paraibanos. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 1992. 95p. (Trabalho de Graduação).
- GADELHA, R.S.S. & VASCONCELOS, H.O. Fenologia do abacaxizeiro Pérola. *Pesq. Agropec. Bras.*, 15:359-362, 1980.
- GAILLARD, J.P. Recherche d'un equilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun. I- Resultats agronomiques. *Fruits*, 25:11-24, 1970.
- GIJSMAN, A.J.; HOOGENBOOM, G.; PARTON, W.J. & KERRIDGE, P.C. Modifying DSSAT crop models for low-input agricultural systems using a soil organic matter-residue module from Century. *Agron. J.*, 94: 462-474, 2002.

- GUINARD, A. Economic optimization of fertilizer applications: a method for field staff based on response curves and surfaces. *Tropical Agriculture*, 59: 257-26, 1982.
- HAEFELE, S.M.; WOPEREIS, M.C.S.; NDIAYE, M.K.; BARRO, S.E. & OULDISSELMOU, M. Internal nutrient efficiencies, fertilizer recovery rates and indigenous nutrient supply of irrigated lowland rice in Sahelian West Africa. *Field Crops Research*, 80:19-32, 2003.
- HANAFI, M.M. & HALIMAH, A. Nutrient supply and dry-matter partitioning of pineapple cv. Josapine on sandy tin tailings. *Fruits*, 59: 359-366, 2004.
- HEPTON, A. Cultural system. In: BARTHOLOMEW, D.P.; PAUL, R.E. & ROHRBACH, K.G. eds. *The Pineapple: botany, production and uses*. Honolulu: CAB, 2003, p.109-142.
- HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; GIACOMELLI, E.J.; & GALO, J.R. Composição química inorgânica do abacaxizeiro (*Ananas comosus* 'Cayenne') da região de Bebedouro SP. *Ciência e Cultura*, 29:323-326, 1977.
- IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro: LSPA, 2003. Acessado em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cgi-bin/prtabl>> Data de acesso: 25 de outubro 2004.
- INFORZATO, R.; GIACOMELLI, E.J. & ROCHELLE, L.A. Sistema radicular do abacaxizeiro aos 4, 8 e 12 meses, plantado no início da estação seca, em solo Latosol Vermelho Escuro-Orto. *Bragantia*, 27: 135-141, 1968.
- INGAMELLS, J.L. The effects of pineapple residue (trash) on mineralization and early growth of pineapple. Honolulu, University of Hawai at Manoa, 1981. (PhD. Dissertation).
- IUCHI, V.L. & IUCHI, T. Escolha da melhor parte da folha 'D' do abacaxizeiro para amostragem de N, P K, Ca e Mg. *Rev. Bras. Frutic.*, 14:13-20, 1992.
- IUCHI, V.L. Efeito de sulfato de amônio, superfosfato simples e sulfato de potássio sobre algumas características da planta e qualidade do fruto do abacaxizeiro, *Ananas comosus* (L.) Merr., variedade Smooth Cayenne. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978. 61 p. (Tese de Mestrado).
- JANSSEN, B.H.; GUIKING, F.C.T.; van DER EIJK, D.; SMALING, E.M.A.; WOLF, J. & van KEULER, H. A system for quantitative evaluation of the fertility of tropical soils (QUEFTS). *Geoderma*, 46:299-318, 1990.
- JONES Jr., J.B.; WOLF, B. & MILLS, H.A. *Plant Analysis Handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Athens: Micro-Macro Publishing, 1991. 213p.

- JONES, C.A. & KINIRY, J.R. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. Texas A & M Univ. Press, College Station, TX. 1986. 194p.
- KIST, H.G.K.; MANICA, I.; GAMA, F.S.N. & ACCORSI, M.R. Influência de densidades de plantio do abacaxi cv. Smooth Cayenne. Pesq. Agropec. Bras., 26:325-330, 1991.
- LACOEUILHE, J.J. & GICQUIAUX, Y. La nutrition en cations de l'ananas à la Martinique. I-II. Fruits, 26: 353-366, 1971a
- LACOEUILHE, J.J. & GICQUIAUX, Y. La nutrition en cations de l'ananas à la Martinique. III-IV. Fruits, 26: 519-531, 1971b.
- LACOEUILHE, J.J. & GICQUIAUX, Y. La nutrition en cations de l'ananas à la Martinique. V-VI. Fruits, 26: 581-597, 1971c.
- LACOEUILHE, J.J. La fumure N-K de l'ananas en Côte d'Ivoire. Fruits, 33:341-348, 1978.
- LACOEUILHE, J.J. L'azote et la croissance de l'ananas. Fruits, 26:37-44, 1971.
- LANDSBERG, J.J. Physiological ecology of forest production. Sydney: Academic Press, 1986. 198p.
- LIMA, R.O. Sustentabilidade da produção de soja no Brasil Central: Características químicas do solo e balanço de nutrientes no sistema solo-planta. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 65p. (Tese de Mestrado).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.S. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MALÉZIEUX, E. & BARTHOLOMEW, D.P. Plant nutrition. In: BARTHOLOMEW, D.P.; PAUL, R.E. & ROHRBACH, K.G. eds. The Pineapple: botany, production and uses. Honolulu: CAB, 2003, p.143-165.
- MALÉZIEUX, E.; CÔTE, F. & BARTHOLOMEW, D.P. Crop environment, growth and physiology In: BARTHOLOMEW, D.P.; PAUL, R.E. & ROHRBACH, K.G. eds. The Pineapple: botany, production and uses. Honolulu: CAB, 2003, p.69-107.
- MARCHAL, J. Le phosphore chez l'ananas. Fruits, 26: 189-205, 1971a.
- MARCHAL, J. Les oligo-éléments dans l'ananas (Cu, Fe, Mn, Zn). Fruits, 26: 263-277, 1971b.
- MARTIN-PRÉVEL, P. Aperçu sur les relations croissance-nutrition minérale chez l'ananas. Fruits, 14: 101-122, 1959.

- MARTIN-PRÉVEL, P. Potassium, calcium et magnesium dans la nutrition de l'ananas em Guinée. I. Plan et déroulement de l'étude. *Fruits*, 16: 49-56, 1961a.
- MARTIN-PRÉVEL, P. Potassium, calcium et magnesium dans la nutrition de l'ananas em Guinée. II. Influence sur le rendement commercialisable. *Fruits*, 16: 113-123, 1961b.
- MARTIN-PRÉVEL, P. Potassium, calcium et magnesium dans la nutrition de l'ananas em Guinée. IV. Etude de la croissance foliare. *Fruits*, 16: 341-351, 1961c.
- MARTIN-PRÉVEL, P. Potassium, calcium et magnesium dans la nutrition de l'ananas em Guinée. V. Données de l'analyse foliare. *Fruits*, 16: 539-557, 1961d.
- MATSUNAGA, M.; BERNELMANS, P.F.; TOLEDO, P.E.N.; DULLEY, R.D.; OKADA, H. & PEDROSO, I.A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola*, 23: 123-139, 1976.
- MELLO, M.S. Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de calagem e fertilizantes para a cultura de tomate. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 91p.(Tese de Mestrado).
- MODEL, N.S. & SANDER, G.R. Nutrientes na biomassa, rendimento e qualidade de abacaxi na segunda colheita, em função do preparo do solo e técnicas de plantio. *Pesq. Agrop. Gaúcha*, 6:7-18, 2000.
- MONTEITH, J.L. The quest for balance in crop modeling. *Agron J.*, 88:695-697, 1996.
- MUTSAERS, H.J.W. & WANG, Z. Are simulations ready for agricultural research in developing countries? *Agron. J.*, 91:1-4, 1999.
- NEVES, J.C.L. Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo. Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000. 191p. (Tese de Doutorado).
- NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- OLIVEIRA, E.F.; CARVALHO, R.A; LACERDA, J.T.; CHOAIKY, S.A. & BARREIRO NETO, M. Abacaxi: sistema de cultivo para o tabuleiro paraibano. João Pessoa: EMEPA, 2002. 38p.
- OLIVEIRA, F.H.T. Sistema para recomendação de calagem e adubação para a cultura da bananeira. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 78p. (Tese de Doutorado).

- 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. R. Bras. Ci. Solo, 29: 131-143,2005.
- OLIVEIRA, J.R.V. Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamento de teca-NUTRITECA. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 76p. (Tese de Mestrado).
- ORESKE, N.; SHRAMER-FRECHETTE, K. & BELITZ, K. Verification, validation, and confirmation of numerical-models in the earth-sciences. Science, 263:641-646, 1994.
- OSMOND, D.L.; SMYTH, T.J.; YOST, R.S.; REID, W.S.; BRANCH, W. & WANG, X. Nutrient management support system (NuMaSS), Version 1.5: software installation and user's guide. Soil Management Collaborative Research Support System. Raleigh, NC, North Carolina State University, 2000. 24p. (Technical Bulletin, n. 2000-02).
- OWUSU-BENNOAH, E.; AHENKORAH, Y. & NUTSUKPO, D.X. Effect of different levels of N:K₂O on the yield and quality of pineapple in the Forest-Savanna Ecotone of Ghana. Acta Horticulturae, 425:393-402, 1994.
- OZSABUNCUOGLU, I.H. Production function for wheat: a case study of Southeastern Anatolian Project (SAP) region. Agriculture Economics, 18:75-87, 1998.
- PARENTONI, S.N.; FRANÇA, G.E. & BAHIA FILHO, A.F.C. Avaliação dos conceitos de quantidade e intensidade de mineralização de nitrogênio para trinta solos do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 12: 225-229, 1988.
- PASSIOURA, J.B. Simulation models: science, snake oil, education, or engineering? Agron J., 88:690-694, 1996.
- PATHAK, H.; AGGARWAL, P.K.; ROETTER, R.; KALRA, N.; BANDYOPADHAYA, S.K.; PRASAD, S. & van KEULEN, H. Modelling the quantitative evaluation of soil nutrient supply, nutrient use efficiency, and fertilizer requirements of wheat in India. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 65: 105-113, 2003.
- PAULA, M.B.; CARVALHO, J.G.; NOGUEIRA, F.D. & SILVA, C.R.R. Exigências nutricionais do abacaxizeiro. Informe Agropecuário, 11:27-31, 1985.
- PAULA, M.B.; CARVALHO, V.D.; NOGUEIRA, F.D. & SOUZA, L.F.S. Efeito da calagem, potássio e nitrogênio na produção e qualidade do fruto do abacaxizeiro. Pesq. Agropec.Bras., 26: 1337-1343, 1991

- PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A. & NOGUEIRA, F.D. Nutrição e adubação do abacaxizeiro. *Informe Agropecuário*, 19:33-39, 1998.
- POSSAMAI, J.M. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para o cultivo do algodoeiro. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 91p. (Tese de Mestrado).
- PREZOTTI, L.C. Sistema para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura do café arábica. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 93p. (Tese de Doutorado).
- PY, C.; LACOEUILHE, J.J. & TEISSON, C. L'ananas: sa culture, ses produits. Paris: Maisonneuve, 1984. 563p.
- QUAGGIO, J.A.; van RAIJ, B. Correção da acidez do solo. In: van RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996, p. 14-19. (Boletim Técnico,100).
- RAFFAELI, V. Sistema de interpretação de análise de solo e de recomendação de nutrientes para arroz irrigado. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 76p. (Tese de Mestrado).
- REINHARDT, D.H.R.C. & CUNHA, G.A P. Métodos de propagação. In: CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S. & SOUSA, L.F.S. O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia. Brasília: EMBRAPA, 1999, p.105-138.
- REINHARDT, D.H.; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F.S.; SANCHES, N.F. & MATOS, A.P. Pérola and Smooth Cayenne pineapple cultivars in the state of Bahia, Brazil: growth, flowering, pests and diseases, yield and fruit quality aspects. *Fruits*, 57: 43-53, 2002.
- REINHARDT, D.H. & MEDINA, V.M. Crescimento e qualidade do fruto do abacaxi cvs. Pérola e Smooth cayenne. *Pesq. Agropec. Bras.*, 27: 435-447, 1992.
- REINHARDT, D.H. Avaliação agroeconômica de um sistema de produção de abacaxi. *Pesq. Agropec. Bras.*, 15:223-228, 1980.
- REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F.S. & CUNHA, G.A.P. Manejo do abacaxi 'Pérola' para produção de rebentões. *Rev. Bras. Frutic.*, 18:319-327, 1996.
- REYNOLDS, J.F. & ACOCK, B. Modularity and generieness in plant and ecosystems models. *Ecology Modelling*, 94:7-16, 1997.
- RODRIGUES, A.A. Desenvolvimento e teores de nutrientes dos cultivares de abacaxi Pérola, Smooth Cayenne e Imperial nas condições edafoclimáticas do Estado da Paraíba. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 2005. 104p. (Tese de Mestrado).

- ROHRBACH, K.G.; LEAL, F. & d'EECKENBRUGGE, G.C. History, distribution and world production. In: BARTHOLOMEW, D.P.; PAUL, R.E. & ROHRBACH, K.G. eds. The Pineapple: botany, production and uses. Honolulu: CAB, 2003, p.1-12.
- ROSA, G.N.G.P. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para o cultivo do coqueiro. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 76p. (Tese de Mestrado).
- RYKIEL, E.J. Testing ecological models: the meaning of validation. *Ecological Modelling*, 90:229-244, 1996.
- SAIDOU, A.; JANSSEN, B.H. & TEMMINGHOFF, E.J.M. Effects of soil properties, mulch and NPK fertilizer on maize yields and nutrient budgets on Ferralitic soils in southern Benin. *Agriculture, Ecosystems and Environmental*, 45: 97-104, 2003
- SANCHEZ, P.A. & LOGAN, T.J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA AND AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. Myths and Science of soils of the tropics. Madison: SSSA, 1992. p.35-46. (SSSA Special Publication, 29).
- SANTANA, L.L.A.; REINHARDT, D.H.; CUNHA, G.A.P. & CALDAS, R.C. Altas densidades de plantio na cultura do abacaxi cv. Smooth Cayenne, sob condições de sequeiro. *Rev. Bras. Frutic.*, 23:353-358, 2001.
- SANTOS NETO, J.A. Taxas de recuperação de zinco, cobre e boro por diferentes extratores em solos da Bahia e de Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 51p.(Tese de Mestrado).
- SANTOS, F.C. Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 64p. (Tese de Mestrado).
- SANTOS, H.Q. Sistema para cálculo do balanço de nutrientes e recomendação de calagem e adubação de pastagens para bovinos de corte. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 142p. (Tese de Doutorado).
- SCOLLARI, D.D.G.; LOBATO, E. & MAGALHÃES, C.A.J. Um estudo econômico sobre fósforo e calcário em solos de Cerrado do Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.*, 17: 505-511, 1982.
- SELAMAT, M.M. The effect of size of planting materials on the growth, yield and fruit quality of pineapple cv. Gandul grown on deep peat soil in the humid tropics of Malaysia. *Acta Horticulturae*, 425: 377-384, 1993.

- SENANAYAE, Y.D.A. & FERNANDO, L.P.F. The roots of pineapple *Ananas comosus* (L.) Merr. cv. Kew under plant competition and moisture variation. *Journal of National Agricultural Society of Ceylon*, 14:59-67, 1977.
- SIEBENEICHLER, S.C.; MONNERAT, P.H.; CARVALHO, A.J.C. & SILVA, J.A. Composição mineral da folha de abacaxizeiro: efeito da parte da folha analisada. *Rev. Bras. Frutic.*, 24: 194-198, 2002.
- SILVA, A.P.; SOUZA, A.P.; ALVAREZ V., V.H. ; DANTAS, J.P. ; CELESTINO, A.P.Q. & OLIVEIRA, F.P. Estudo das relações entre Ca, Mg, K e CTC em solos da região abacaxicultora do Estado da Paraíba. In: FERTBIO 2004 - XXVI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 2004, Lages-SC. *Anais do FERTBIO 2004 - XXVI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*, 2004.
- SILVA, A.P.; ALVAREZ, V., V.H.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; SOUZA, A.P. & DANTAS, J.P. Recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxi no Estado da Paraíba por meio de modelagem. 2005. Relatório Técnico Final: Projeto BNB/FUNDECI, 67p.
- SILVA, M.F. Análise econômica de experimentos de adubação de cana-de-açúcar, nos municípios de Passos e Três Pontas – Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1972. 59p. (Tese de Mestrado).
- SIQUEIRA, D.L. & BOTREL, N. A segunda colheita em um abacaxizal. *Informe Agropecuário*, 11:60-62, 1985.
- SMALING, E.M.A. & JANSSEN, B.H. Calibrating of QUEFTS, a model predicting nutrient uptake and yields from chemical soil fertility indices. *Geoderma*, 59: 21-44, 1993.
- SOARES, A.G.; TRUGO, L.C.; BOTREL, N. & SOUZA, L.F.S. Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comosus* L.) by preharvest soil application of potassium. *Postharvest Biology and Technology*, 35:201-207, 2005.
- SOUZA, L.F.S. Abacaxi. In: Comissão Estadual de Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia. Salvador, BA: CEPLAC/EMATER-BA/EMBRAPA/EPABA/NITROFÉRTIL, 1989. p. 67-68.
- SOUZA, L.F.S. Exigências edáficas e nutricionais. In: CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S. & SOUSA, L.F.S. O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia. Brasília: EMBRAPA, 1999, p.67-83.
- SOUZA, L.F.S.; CUNHA, G.A.P. & RODRIGUES, E.M. Densidade de plantio x adubação na cultura do abacaxizeiro. *Rev. Bras. Frutic.*, 13:191-196, 1991.

- SOUZA, L.F.S.; DUETE, R.R.C.; RODRIGUES, E.M. & CUNHA, G.A.P. Tolerância do abacaxizeiro Smooth Cayenne à acidez do solo. Rev. Bras. Frutic., 8:13-19, 1986.
- SOUZA, M.; GUIMARÃES, P.T.G.; CARVALHO, J.G. & FRAGOAS, J.C. Abacaxizeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. eds. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999, 359p.
- SPIRONELLO, A. & FURLANI, P.R. Abacaxi. In: van RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: IAC, 1996. p.128 (Boletim Técnico, 100).
- SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.A.; TEIXEIRA, L.A.J.; FURLANI, P.R. & SIGRIST, J.M.M. Pineapple yield and fruit quality affected by NPK fertilization in a tropical soil. Rev. Bras. Frutic., 26: 155-159, 2004.
- STANFORD, G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. Journal Environmental Quality, 2:159-166, 1973.
- STASTNÁ, M.; TRNKA, M.; KREN, J.; DUBROVSKY, M. & ZALUD, Z. Evaluation of the CERES models in different production regions of the Czech Republic. Plant Prod., 48: 125–132, 2002
- TARSITANO, M.A.A. Análise econômica do emprego de fertilizantes nas culturas de milho e soja, numa região de Cerrado no Mato Grosso do Sul. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1983. 81p. (Tese de (Mestrado)).
- TAY, T.H. Comparative study of different types of fertilizers as source of nitrogen, phosphorus and potassium in pineapple cultivation. Tropical Agriculture, 49 :51-59, 1972.
- TAKAGUI, C.M.; TARSITANO, M.A.A. & BOLIANI, A.C. Custo de produção e análise econômica do abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill), cv. Smooth Cayenne em Guaraçá-SP. Rev. Bras. Frutic., 18: 219-224, 1996.
- TEIXEIRA, L.A.J.; SPIRONELLO, A.; FURLANI, P.R. & SIGRIST, J.M.M. Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. Rev. Bras. Frutic., 24:219-224, 2002.
- TEIXEIRA, T.D.; GOMES, F.R.; GALVÃO, J.D. & MOURA, L.M. Análise agro-econômica de experimentos de milho realizados em Capinópolis e Sete Lagoas, Minas Gerais, através da função de produção. Experimentiae, 11:45-134, 1971.
- THOMANN, R.V. & MULLER, J.A. Verification of water quality models. Journal. of Environmental Engineering, 108: 923-940, 1982.

- TOMÉ JÚNIOR., J.B. Uma nova abordagem nas recomendações de adubação. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 133p. (Tese de Doutorado).
- TOMÉ JÚNIOR, J.B.; NOVAIS, R.F. Utilização de modelos como alternativa às tabelas de recomendação de adubação. Bol. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo, 25:8-1, 2000.
- TVRDON, J. Conception of the model of agriculture with production and non-production function. Agric. Econ. Czech., 49: 208-212, 2003.
- van RAIJ, B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres, POTAFOS, 1991. 343p.
- VASCONCELLOS, C.A.; MARRIEL, I.E.; SANTOS, F.G. & MAGALHÃES, C.A.O. Influência do manejo de solo e do resíduo de sorgo na mineralização do nitrogênio e a relação $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3., 1999, Santa Maria, RS. Matéria orgânica e qualidade ambiental. Resumos...IHSS, 1999. p. 189-199.
- VELOSO, C.A.C.; OEIRAS, A.H.L.; CARVALHO, E.J.M. & SOUZA, F.R.S. Resposta do abacaxizeiro à adição de nitrogênio, potássio e calcário em Latossolo Amarelo do Nordeste Paraense. Rev. Bras. Frutic., 23:396-402, 2001.
- VIEIRA, S. Estudo econômico de funções de produção para adubação. Ciência e Cultura, 32: 343-345, 1980.
- WANG, G.; DOBERMANN, A.; WITT, C.; SUN, Q. & FU, R. Performance of site-specific nutrient management for irrigated rice in Southeast China. Agron. J., 93:869-878, 2001.
- WAYMAN, O.; KELLEMS, R.O.; CARPENTER, J.R. & NGUYEN, A.H. Potential feeding value of whole pineapple plants. Journal of Animal Science, 42: 1572, 1976.
- WITT, C.; DOBERMANN, S.; ABDULRACHMAN, S. & GINES, H.C. Internal nutrients efficiencies of irrigated lowland rice in tropical and subtropical Asia. Field Crops Research, 63:113-138, 1999.
- ZAGATO, A.G. & GOMES, F.P. O problema técnico-econômico da adubação. Anais da ESALQ, 17: 149-163, 1960.
- ZHANG, J. & BARTHOLOMEW, D.P. Effect of plant population density on growth and dry matter partitioning of pineapple. Acta Horticulturae, 425: 363-376, 1993.
- ZOEBI, D. Patterns of input-output relations in agro-ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 79: 233-244, 2000.

ANEXOS

Quadro 1 A - Análise de variância para os dados de produção total de frutos

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios
Blocos	2	22,23
Tratamentos	(29)	73,24***
NPKS	25	79,55***
Calagem <i>l</i>	1	14,99
Calagem <i>q</i>	1	1,13
Micro <i>l</i>	1	41,26
Micro <i>q</i>	1	72,47*
Resíduo	58	
Total	89	
CV (%)	7,8	

* e *** significativo a 5 e 0,1 % de probabilidade, respectivamente