

ANTÔNIO MARIA GOMES DE CASTRO

Engenheiro Agrônomo
ACAR AMAZONAS

**EFEITOS DE MACRONUTRIENTES NO CRESCIMENTO DE
MUDAS E NA PRODUÇÃO DO GUARANAZEIRO.**

(Paullinia cupana, var. sorbilis)

Orientador - DR. JOSÉ RENATO SARRUGE

Dissertação Apresentada a Escola Superior
de Agricultura Luiz de Queiróz da Universi-
dade de São Paulo, para obtenção do Título
de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas

PIRACICABA

Estado de São Paulo

1975

A G R A D E C I M E N T O S

A pesquisa é essencialmente uma conjugação de esforços. Baseado nessa premissa, o autor registra sua gratidão as Instituições e pessoas abaixo relacionadas, por contribuições diretas ou indiretas no decorrer deste trabalho:

INSTITUIÇÕES

- Associação de Crédito e Assistência Rural do Amazonas
- Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
- Instituto de Pesquisas e Experimentação Agro-Pecuárias da Amazônia Ocidental (IPEAAOc)
- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)
- Fazenda Pururuca - Proprietário Eng^o Agr^o Nilton Passos
- Fazenda Serafim - Proprietário Sr. Francisco Magnani
- Fazenda do Sr. Raimundo Menezes Belém
- Fazenda do Sr. Ferdinando Desideri
- Escritório Local de Manaus da ACAR-AMAZONAS
- Escritório Local de Maués da ACAR-AMAZONAS

PESSOAS

- Agronomando Aluizio Borges de Rezende
- Técnico Agrícola Benjamin de Souza Mafra
- Dr. José Renato Sarruge (Orientador)
- Eng^o Agr^o Valter Gonçalves de Campos

AGRADECIMENTO ESPECIAL

- A minha esposa Arquiteta Maria Zélia Nunes de Castro, pela intensa participação nas diversas etapas deste trabalho.

S U M Á R I O

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Propriedades dos solos das áreas de cultivo	5
2.2. Nutrição e adubação do guaranazeiro	10
2.3. O uso da diagnose foliar na nutrição e adubação das culturas	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1. Experimento com mudas em condições de ripado	21
3.2. Levantamento do estado nutricional de guaranazais em Maués	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Experimento com mudas em condições de ripado	29
4.1.1. Acumulação de matéria seca	29
4.1.2. Acumulação de nutrientes nas raízes	35
4.1.3. Acumulação de nutrientes nos caules	48
4.1.4. Acumulação de nutrientes nas folhas	52
4.1.5. Quantidades de nutrientes extraídos	65
4.2. Levantamento do estado nutricional de cultivos de guaraná em Maués-AM	68
4.2.1. Produção de frutos	69
4.2.2. Relações entre os teores de macronutrientes nas folhas e a produção	73
4.2.2.1. Nitrogênio	73
4.2.2.2. Fósforo	76
4.2.2.3. Potássio	79
4.2.2.4. Cálcio	81
4.2.2.5. Magnésio	84
4.2.2.6. Enxôfre	86

	Página
4.2.3. Quantidades retiradas pelos frutos	88
5. CONCLUSÃO	94
6. SINOPSE E "ABSTRACT"	97
6.1. Sinopse	97
6.2. Abstract	99
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

1. INTRODUÇÃO

O guaraná é explorado comercialmente somente no Estado do Amazonas, Brasil, sendo o Município de Maués o maior centro produtor. Nos últimos anos, os estados do Pará e Bahia iniciaram plantios comerciais, porém ainda de pouca expressão econômica, quando comparados aos plantios do Amazonas.

Uma das características econômicas mais importantes da cultura é a pequena oferta em relação a demanda estimada. Uma estimativa das produções no período 1960-1973 é apresentada na Tabela 1. Consta-se que, em termos absolutos, é reduzida a produção anual total de guaraná. Deve-se inclusive ressaltar que aparentemente não existe um crescimento linear da produção, ocorrendo variações de ano a ano, em função de problemas de alternância. Para se conseguir os dados da Tabela 1, houve necessidade de interpelações, para suprir a deficiência de dados estatísticos em determinados anos.

A par de uma oferta reduzida, foi constatada uma demanda potencial elevada com projeções para os anos de 1980 e 1985. Só para suprir o mercado de refrigerantes com sabor de guaraná, com base no

coeficiente técnico de 300 g de amêndoas de guaraná/100 l de refrigerante, a ser regulamentado pela lei dos sucos, que irá integrar o novo Código Nacional de Bebidas, haverá necessidade de 2.050 t de amêndoas de guaraná no ano de 1.980, com um "déficit" projetado de 1.776 t, aproximadamente. Não está se considerando as possibilidades do mercado internacional, por falta de produção.

TABELA 1 - Estimativas da produção e destino da produção de guaraná no Brasil, nos anos de 1960 a 1973.

ANO	Destino da Produção (t)				TOTAL (t)
	Refrigerante	Bastão	Xarope	Pó	
1960	43,8	55,0	1,7	6,4	109,6
61	48,6	55,6	1,8	7,3	113,3
62	53,4	56,2	1,9	8,4	119,9
63	59,0	56,7	1,9	9,4	127,0
64	65,4	57,3	2,0	10,7	135,4
65	72,5	57,9	2,1	12,1	144,6
66	79,7	58,5	2,3	13,9	154,4
67	87,7	59,1	2,4	15,7	164,9
68	95,6	59,6	2,5	17,8	175,5
69	104,4	60,3	2,6	19,9	187,2
1970	114,8	60,8	2,7	22,3	200,6
71	125,1	62,0	2,9	24,9	214,9
72	137,4	62,4	3,0	28,0	230,8
73	150,6	63,2	3,2	31,2	248,2
	60%	25%	1,2%	12,6%	

FONTE - BRANDT et alii (8).

Aparentemente, o desequilíbrio entre oferta e demanda acarretou um sensível aumento nos preços do produto. A partir de 1970 ocorreram bruscas elevações nos preços, que passaram de Cr\$ 5,70/kg de amêndoas a Cr\$ 150,00/kg no ano de 1974.

A nutrição do guaranazeiro é um assunto praticamente desconhecido. Entretanto, constitui-se num dos aspectos de maior importância no processo de produção de guaraná. Considerando-se os baixos índices de disponibilidade de elementos para as plantas, nos solos onde a cultura é desenvolvida, os altos teores de elementos tóxicos, como por exemplo, o alumínio trocável, originados por uma elevada acidez do solo, pode-se pensar que a correção desses fatores prejudiciais deva contribuir decisivamente para o aumento da produtividade de guaraná no Estado do Amazonas, tanto a nível de culturas já estabelecidas, como a nível de cultivos em formação. Para o segundo caso, deve-se acrescentar a importância da obtenção de mudas selecionadas, sadias e bem nutridas, como um fator positivo na produção dos futuros guaranazais.

Considerando-se a nutrição do guaranazeiro como uma variável importante da produção, a inexistência de dados específicos que possam ser utilizados pelos que se dispõem a pesquisar ou explorar o guaraná e a importância estratégica que esta cultura apresenta para o desenvolvimento setorial e global do Estado do Amazonas, foram instalados experimentos com a finalidade de se coletar dados sobre a nutrição desta cultura.

Os objetivos destes experimentos foram:

- Caracterizar os efeitos dos macronutrientes sobre a produção de frutos, em culturas tradicionais de Maués, nas condições atuais de exploração.

- Determinar os efeitos de tipos de substrato e modo de fornecimento de nutrientes, sobre a acumulação de matéria seca e macronutrientes, por mudas de guaraná.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Apesar das possibilidades econômicas e sociais da cultura, o guaraná apresenta diversos problemas técnicos na sua exploração, traduzidos pelos baixos índices de produtividade conseguidos pelos plantadores de Maués-AM, que segundo CASTRO (12), está em torno de 0,33 kg/pé/ano, embora em programas de controle de produção da ACAR AMAZONAS se tenha constatado plantas com produções de até 10,00 kg/pé. Destacam-se entre os fatores contribuintes para este baixo rendimento, a alta heterogeneidade genética do material cultivado, agravada pelo método de propagação utilizado, a incidência de pragas e doenças em larga escala, e a baixa fertilidade natural dos solos onde a cultura se acha instalada, afetando o estado nutricional das plantas (CASTRO, 12).

2.1. Propriedades dos solos das áreas de cultivo

Os levantamentos já realizados na região amazônica tem determinado solos em sua maioria com boas propriedades físicas e baixa fertilidade natural.

FALESI et alii (26, 27) em levantamentos efetuados em áreas de cultivo de guaraná, no Amazonas, encontraram predominantemente solos com B latossólico, conforme indica a Tabela 2.

TABELA 2 - Distribuição percentual de unidade de solo existentes na área da estrada Manaus-Itacoatiara, Estado do Amazonas.

Tipo de Solo	Simbolo	% média encontrada
Solos com B latossólico		
Latossol Amarelo, textura muito pesada	LAmp	53,55
Latossol Amarelo, textura pesada	LAp	25,63
Latossol Amarelo, textura média	LAm	13,63
Latossol Amarelo, textura leve	LAl	4,82
Solos Hidromórficos		
Podsol hidromórfico	PH	0,76
Glei pouco húmico	G PH	1,80
Solos pouco desenvolvidos		
regossol	R	0,25

FONTE - FALESI et alii (27).

Para VIEIRA (64) os latossolos amarelos representam a maior ocorrência na região amazônica, sendo a unidade de grande importância agrícola para a região. Estes solos são caracterizados por um perfil de mais de 1,50 m de espessura, assentados sobre arenitos e argilitos da formação barreiras. São bastante intemperizados, com elevada acidez, altos teores de óxidos hidratados de ferro e alumínio, argila 1:1,

baixos valores de saturação de bases e CTC. A drenagem é boa, apesar dos altos teores de argila (que variam de 17 a 35%, no LA1 a mais de 70%, no LAmp, em ambos os casos no horizonte B).

A fertilidade dos solos da região de Manaus foi estudada por NASCIMENTO, ROSAND & SANTANA (51), em 8 ensaios com microparcelas de milho, instalados em classes de solos diferentes. Os teores de elementos analisados nos solos dos 8 ensaios estão expressos na Tabela 3.

TABELA 3 - Características químicas dos solos da região de Manaus, Amazonas.

Classes de Solos	pH em água 1:2,5	N %	Disponíveis ⁽¹⁾ (ppm)		Trocáveis mg/100g	
			P	K	Ca+Mg	Al ³⁺
Latossol Amarelo (oxissol)	5,2	0,07	3	27	3,40	0,20
Latossol Amarelo (oxissol)	4,6	0,16	3	27	0,70	1,50
Latossol Amarelo (oxissol)	5,3	0,16	4	43	3,10	0,20
Latossol Amarelo (oxissol)	5,4	0,21	9	51	4,20	0,10
Podzol Hidromórfico (Spodosol)	5,0	0,08	5	23	0,60	0,50
Spodzol (Spodosol)	4,7	0,06	2	12	1,20	0,40
Antropogênico	5,2	0,19	300	20	6,20	0,30
Antropogênico	5,0	0,14	210	23	2,60	0,60

(1) Não há referências sobre os métodos de extração utilizados.

FONTE - NASCIMENTO, ROSAND & SANTANA (9).

Os dados da Tabela 3 comprovam a baixa disponibilidade de nutrientes nos solos onde se cultiva o guaraná, notadamente ao se relacionar os dados da Tabela 2 com os da Tabela 3. Verifica-se que os latossolos representam 97,60% do total da área estudada no levantamento da estrada Manaus-Itacoatiara, onde atualmente estão se implantando cultivos de guaraná. Na Tabela 3, vê-se que o teor de P disponível nestes solos varia de 3 a 9 ppm, teores aparentemente muito baixos para suprir um cultivo permanente. Também o K apresenta níveis baixos na maioria dos solos, apresentando nível médio e apenas um solo (51 ppm). Os valores de pH evidenciam condições de acidez, embora os teores de alumínio, no complexo, sejam inferiores a 0,50 emg/100g de solo, com exceção de 1 solo.

Nos ensaios com milho, para avaliação da fertilidade desses solos, verificou-se em 6 dos 8 ensaios uma resposta muito grande ao fósforo, a exceção dos solos antropogênicos, onde o potássio passou a representar o principal elemento limitante.

Além da baixa disponibilidade de fósforo, os latossolos da Amazônia apresentam problemas de retenção de fosfatos aplicados, aparentemente em função dos altos teores de óxidos hidratados de ferro e alumínio. FASSBENDER (28) trabalhando com 8 latossolos da região encontrou uma capacidade de retenção de fosfatos de 26,8% a 51,6%. ROEDER & BORNEMISZA (54) em latossolos e solos aluviais do Maranhão, encontraram valores extremos de 84,2 a 91,8%, para a capacidade de retenção de fósforo, sendo estes solos muito semelhantes aos latossolos do Amazonas.

As adições de matéria orgânica tem mostrado respostas mais positivas que as aplicações de adubos químicos e calagem, segundo os trabalhos de ALMEIDA et alii (3), que compararam os efeitos de calagem, NPK + calagem e NPK, em presença e ausência de esterco de curral, na cultura do milho, em latossolos. Na mesma classe de solos e com idêntico desenho experimental, SOUZA et alii (62), trabalhando com o feijão Cowpea (*Vigna sinensis*) a exemplo dos trabalhos de ALMEIDA et alii (3), obtiveram uma resposta altamente significativa para as aplicações de matéria orgânica, sendo que o tratamento NPK + matéria orgânica produziu 44 vezes mais do que a testemunha. Na mesma linha de trabalho, MONTEIRO et alii (48) confrontraram o uso dos micronutrientes zinco e cobre em presença e ausência de matéria orgânica em latossolos cultivados com milho. Apenas os tratamentos que receberam matéria orgânica foram diferentes dos que não receberam. Houve um aumento de produção de aproximadamente 400%, quando se comparou a testemunha com matéria orgânica, com a testemunha sem matéria orgânica e um aumento de 50% quando se comparou a testemunha com matéria orgânica e o tratamento matéria orgânica + NPK + Mg + calagem.

Vale ressaltar os resultados obtidos por produtores de pimenta do reino apenas com o uso de adubo orgânico. CASTRO (13) verificou que os produtores que adubaram seus pimentais com esterco de galinha obtiveram produtividades idênticas aos que aplicaram adubos químicos.

Não se conhecem trabalhos de pesquisa sobre o comportamento do guaraná nas condições de fertilidade dos latossolos anteriormente caracterizados. Algumas observações de técnicos e agricultores mais observadores, entretanto, tem sido coletadas, visando-se reunir dados

que equacionem o problema. Quentin, citado por MOREIRA FILHO (49) observou que, em Maués-AM, os solos de menor acidez apresentavam guaranazais mais produtivos.

2.2. Nutrição e adubação do guaranazeiro

A literatura existente sobre problemas específicos de nutrição e adubação do guaranazeiro é escassa e superficial. Os dados encontrados advêm geralmente de trabalhos de experimentação, sem maiores preocupações com o controle de fatores aleatórios de possível influência nos resultados alcançados.

Um dos primeiros autores a se preocupar com a nutrição e adubação do guaranazeiro foi WATZEL (67), que recomendava a adubação das covas e a escolha de terrenos férteis para o estabelecimento das culturas. Não há especificação de como se deva proceder na adubação das covas.

No Pará, GONÇALVES (35) baseado em observações pessoais em uma pequena plantação instalada na sede do IPEAN, recomenda a seguinte forma de adubação:

Torta de amendoim	2.000 kg/ha
Sulfato de amônio	150 kg/ha
Superfosfato triplo	150 kg/ha
Cloreto de Potássio	100 kg/ha
Farinha de ostras	125 kg/ha

O autor recomenda aplicar a torta de amendoim em sulcos, 1 metro distante dos troncos, e os adubos restantes aplicados a longo, misturados e incorporados ao solo pelas enxadas do microtrator. As aplicações seriam feitas anualmente. Não há entretanto, referências sobre os acréscimos de produção conseguidos com esta adubação, o que dificulta a difusão da recomendação junto aos produtores de guaraná.

Também baseado em observações, MAIA (45), em plantações no Município de Ituberá, Bahia, tem utilizado inicialmente 0,20 kg por planta da fórmula 20-20-10, aumentando paulatinamente as quantidades aplicadas, de acordo com o crescimento das plantas. No 5º ano, as aplicações chegam a 0,25 kg/pé, em intervalos de 4 meses.

Considerando-se que o espaçamento utilizado seja 5,00m x 5,00m perfazendo 400 plantas/ha, as plantas adultas estariam recebendo 120 kg/ha de N, 120 kg/ha de P_2O_5 e 60 kg/ha de K_2O , aplicados parceladamente em 3 vezes. Estas quantidades são semelhantes às recomendadas pelo IPEAN, com base em níveis de fertilidade dos solos e já adotadas pela ACAR AMAZONAS para as plantações do Estado do Amazonas. A recomendação do IPEAN é de 50 kg/ha de N, 100 kg/ha de P_2O_5 e 100 kg/ha de K_2O , a partir do 3º ano, sendo aplicados em sulcos, na projeção da copa, com o parcelamento do nitrogênio. No primeiro e segundo ano, aplica-se 50% e 75% da fórmula, respectivamente. Conseguindo-se a produção média de 1,0 kg/pé, o uso da fórmula seria viável economicamente. Esta recomendação foi mantida por MOREIRA FILHO (49).

Em São Paulo, na Estação Experimental de Pariquera-Açu, CIONE⁽¹⁾ (comunicação pessoal) aplicou calcário em plantas de 9 anos de idade, na base de 5.000 kg/ha, 3 anos após o plantio. Observou uma melhoria no aspecto de coloração da folhagem e um aumento de produção estimado em 30 a 40%. Não foi usada uma metodologia sistemática de estudo, apenas sendo feitas observações visuais.

No Amazonas, MOREIRA FILHO (49) recomenda a implantação das culturas em solos com B latossólicos, de textura média a pesada. Considerando os níveis de alumínio trocável desses solos em média 1,8 emg/100g de solo, o autor admite "a conveniência da aplicação de corretivos visando principalmente a redução do nível de acidez e liberação de nutrientes para a solução do solo". A recomendação é aplicar a calagem com base no teor de Al^{3+} , ou seja, multiplicando-se a quantidade de alumínio existente no solo por 2, o que fornecerá diretamente a quantidade de calcário, em t/ha. Considerando-se um valor médio do teor de alumínio dos solos acima mencionados igual a 1,8 emg/100g, aplicação média de calcário será de 3.600 kg/ha para estes solos.

Também no caso de nutrição e adubação de mudas, poucos são os trabalhos conduzidos dentro de procedimentos científicos. CASTRO (14), constatou a inexistência de experimentos de adubação e nutrição de mudas de guaraná, supondo que haja a necessidade de se aplicar nutrientes para garantir o perfeito desenvolvimento das plantas jovens, com ênfase principalmente em nitrogênio e fósforo, considerando-se as propriedades químicas dos solos utilizados como substrato.

(1) Engenheiro-Agrônomo José Cione - Chefe da Estação Experimental de Pariquera-Açu. Instituto Agronômico de Campinas.

Baseado em observações, SOUZA (61) recomenda para a formação de mudas de guaraná a aplicação de 23 g de N, 46 g de P_2O_5 e 23 g de K_2O , por 50 kg de substrato, constituído de terriço e esterco. Após 4 meses é indicada uma aplicação de 5 g da mesma mistura em cobertura, segundo o autor, mudas bem nutridas foram conseguidas por este procedimento.

Estudando os efeitos de tipos de substrato, sobre o crescimento de mudas, bem como a absorção foliar de nutrientes, CASTRO (11) concluiu que:

- a) Esterco de gado, quando misturado com argila e areia na proporção volumétrica de 3:4:3 provocou maior crescimento relativo das mudas do que outros substratos;
- b) A aplicação de uréia nas folhas de guaraná, até a concentração de 3% na solução, não produziu injúrias aos tecidos;
- c) Não houve diferenças estatísticas significativas de alturas das plantas ou diâmetro dos caules, entre as mudas da testemunha e as mudas dos tratamentos aspergidos com: uréia a 1%, 2% e 3%, adubo líquido completo Ouro Verde a 1%, 2%, 3% e sulfato de magnésio a 1%. O sistema de mensuração utilizado pode ter mascarado os resultados.

MOREIRA FILHO (49) recomenda que as mudinhas sejam pulverizadas com adubo foliar, na concentração de 0,5%, 7 a 10 dias após o transplante, repetindo-se a aplicação 2 meses após, aumentando-se a concentração para 1%. Segundo o autor, esta recomendação foi testada pelo IPEAN com êxito, usando-se o adubo comercial Fertipal. É recomendado também que sejam feitas outras aplicações, sempre que as plantas manifestem sintomas de deficiência nutricional.

2.3. O uso da diagnose foliar na nutrição e adubação das culturas

A produção das culturas é função de diversos fatores que se associam para determiná-la qualitativa e quantitativamente. Estes fatores são reunidos em equações que procuram representar a produtividade, das quais apresenta-se a proposta por FITTS & HANWAY (29). Nesta equação, a produtividade (P) = f (solo, cultura, clima, tratos culturais). Cada um dos fatores da equação possui diversas variáveis, que são consideradas no estabelecimento do fator.

No caso do fator "solo" da equação, a fertilidade é um dos mais importantes componentes. Dessa forma é imperativo a sua avaliação. Diversos métodos tem sido propostos para avaliar a fertilidade dos solos, sejam baseados em princípios físico-químicos, sejam baseados em princípios biológicos. ROSAND (55) classifica da seguinte forma os métodos de avaliação de fertilidade:

1. Métodos físico-químicos

- a) Análise química dos solos;
- b) Métodos rádio-químicos;
- c) Análise de tecidos vegetais.

2. Métodos biológicos

- a) Sintomas de deficiências;
- b) Ensaios biológicos de ambiente controlado;
- c) Ensaios biológicos de campo.

Esta classificação é semelhante a proposta por WALLACE (66), que classifica os métodos de diagnóstico de estado nutricional de

plantas em 3 tipos: (a) Métodos usando plantas; (b) Métodos baseados em análise de solos; e (c) Métodos baseados em experimentos de campo com fertilizantes.

A aplicação e a eficiência de cada método estão relacionados a cada situação específica. As condições estruturais das instituições de pesquisas influem definitivamente na escolha de um dos métodos e até na sua eficiência. Os métodos rádio-químicos embora eficientes, exigem laboratórios muito bem aparelhados para o seu uso. Os métodos biológicos podem ser utilizados sem necessidade de equipamentos muito sofisticados.

FITTS & HANWAY (29) englobam os métodos de avaliação de fertilidade em 2 grandes grupos. Os que se baseiam na análise dos solos e os baseados na análise de tecidos vegetais. O termo "análise de solos" apresenta na sua classificação um sentido mais amplo, englobando além da disponibilidade dos elementos, as reações que ocorrem com os íons no solo.

Para CHAPMAN (20) a análise de tecidos, os sintomas visuais e a análise de solos são todos utilizáveis e complementares no diagnóstico do estado nutricional das plantas. LORENS & BARTZ (43) postulam idêntica afirmação, apresentando uma avaliação das técnicas de diagnóstico de fertilidade.

A análise de tecidos vegetais ou diagnose foliar, como os demais métodos de avaliação de fertilidade dos solos, apresenta vantagens e desvantagens na sua aplicação, que devem ser avaliados para cada

caso a ser estudado. Sua aplicação pode ser mais fácil, como no caso dos testes rápidos, geralmente semi-quantitativos e por isto de menor precisão, ou mais difícil, como no caso da análise de tecidos vegetais, de maior precisão e exigindo laboratórios especializados para a sua utilização (ROSAND, 55).

A presença de um nutriente no solo, segundo FITTS & HANWAY (29) não assegura que o mesmo seja assimilado pela planta. Dessa forma, a análise dos tecidos vegetais é de alta valia para se obter informações sobre a assimilação de nutrientes sob influência de fatores como tratos culturais, pragas e doenças, entre outros.

As vantagens e desvantagens da diagnose foliar foram discutidas por ALDRICH (2) da Universidade de Illinois, USA. Como vantagens, são enumeradas: (a) possibilidade de confirmar as deficiências aparentes por sintomas visuais, o que pode ser usado em programas de extensão; (b) possibilidade de se descobrir deficiências ocultas, que não se manifestam por sintomas visuais específicos, mas por redução no crescimento e produtividade; (c) utilização na demarcação de áreas deficientes em macro e micronutrientes, sem a necessidade de instalação de experimentos custosos e demorados, com utilização dos experimentos para solução dos problemas apontados pela diagnose foliar; (d) utilização para determinar se o nutriente aplicado ao solo foi absorvido pela planta ou retido pelo solo, o que pode estar relacionado com a localização dos adubos; (e) indicação de interações ou antagonismos entre nutrientes; (f) determinação da mobilidade dos elementos na planta durante o ciclo e suas funções no metabolismo.

Os problemas apontados por ALDRICH (2) para o uso da diagnose foliar são os seguintes: (a) técnicas de amostragem, lavagem e preservação das amostras para envio ao laboratório. Todos estes fatores podem afetar a precisão dos resultados; (b) carência de padrões convenientes para amostragem, parte de plantas, idade das plantas, época de amostragem, que precisam ser convenientemente estudados; (c) a análise dos tecidos, em casos excepcionais, pode não indicar a causa do problema nutricional; (d) dificuldade de aplicação dos resultados no caso de plantas anuais; (e) a interpretação dos resultados oferece dificuldades e exige conhecimentos especializados do interpretador.

ULRICH & HILLS (63) consideram que a interpretação da concentração dos nutrientes nas amostras de plantas, em relação ao nível crítico é essencial para o uso com sucesso do método. Os usos e vantagens da diagnose foliar apontados por estes autores são: (a) avaliação de programas de adubação; (b) controle da nutrição dos cultivos evitando excessos ou carências nutricionais; (c) diagnóstico das causas relacionadas com o crescimento anormal de culturas; (d) como um meio de avaliação do estado nutricional de uma cultura, em condições de campo. Neste caso, os resultados podem apontar as deficiências mais evidentes, aperfeiçoar as práticas de adubação e identificar áreas onde experimentos de adubação se fazem necessários. Os mesmos autores sugerem algumas limitações na diagnose foliar. O método revela apenas uma deficiência de cada vez. Um segundo nutriente pode estar presente em baixa concentração no solo, porém devido ao crescimento limitado ou à deficiência apresentada pelo primeiro elemento, pode acumular-se nos tecidos. A correção da deficiência do primeiro elemento determina o crescimento normal e o estabelecimento de deficiência do segundo elemento.

Este aspecto, portanto, torna-se bastante difícil a interpretação dos dados de diagnose foliar.

Os princípios básicos da diagnose foliar foram descritos por ULRICH & HILLS (63), PREVOT & OLLAGNIER (53), GOUNY (36) MUNSON & NELSON (50), MAGNITSKI (44), CHAPMAN (19), EPSTEIN (23) e SMITH (60), entre outros. Baseados nestes autores, resumidamente, são transcritos a seguir apenas os mais importantes.

O conceito de nível crítico, um dos mais significativos para a diagnose foliar, é apresentado na Figura 1.

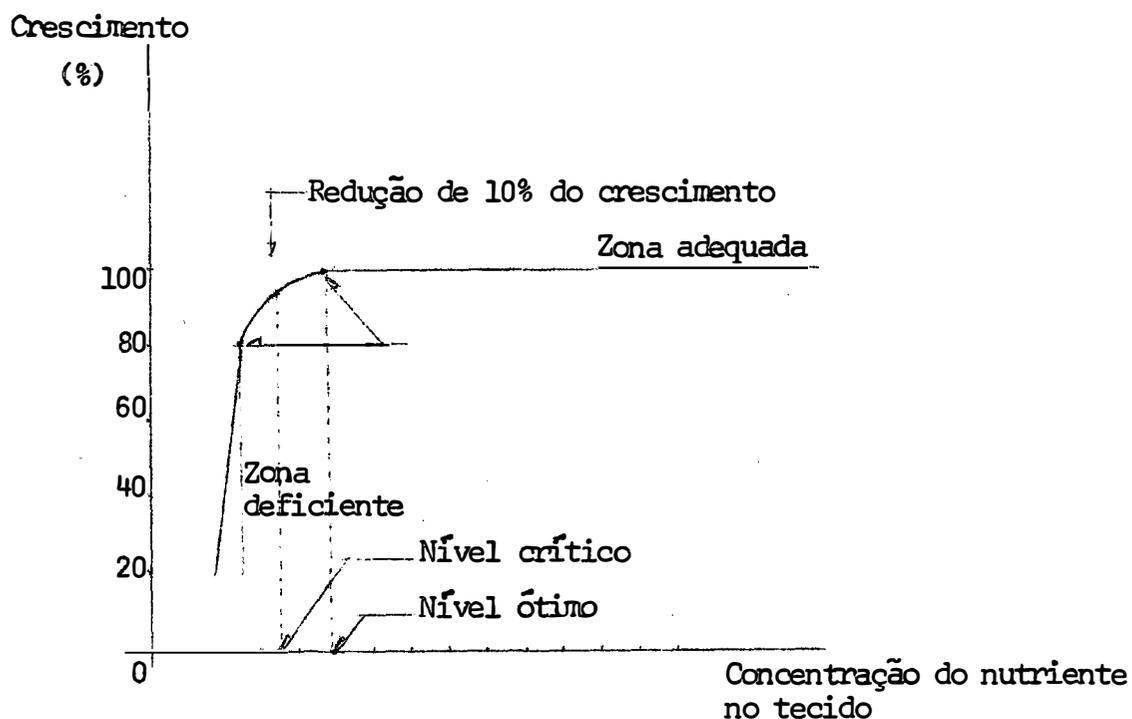


FIGURA 1 - Expressão geral do crescimento em função da concentração do nutriente no tecido. Fonte: MUNSON & NELSON (50).

Basicamente, o nível crítico, representado na Figura 1, é definido pela concentração de nutriente na amostra de planta, abaixo

do qual a velocidade de crescimento, a produção ou a qualidade do produto diminuem rapidamente. No gráfico, este ponto é representado pela metade da zona de transição, correspondente à concentração de nutrientes que provoca um decréscimo de aproximadamente 10% no crescimento, em relação ao crescimento máximo. Abaixo do nível crítico ocorre a zona de deficiência, onde a medida que cresce a quantidade de nutriente absorvido ocorre um aumento correspondente no crescimento, de tal forma que a concentração do nutriente permanece constante no tecido. Acima do nível crítico ocorre o ponto de ótimo, onde a concentração do elemento do tecido propicia o máximo desenvolvimento. A partir deste ponto, o nutriente deixa de ser fator limitante no crescimento e/ou produtividade, podendo ocorrer um aumento de concentração do elemento no tecido, quando o mesmo se eleva no substrato, pois o crescimento se mantém constante. Pode ocorrer o que se denomina consumo de luxo, ou seja, um aumento na concentração do elemento nos tecidos sem o correspondente aumento de crescimento e/ou produção.

O nível crítico deve ser estimado em experimentos que apresentem parcelas onde ocorram plantas deficientes de um nutriente e parcelas com bom suprimento de todos os nutrientes. De outra forma, podem se manifestar variações de concentração sem variações de produção, ou diferenças de produção sem diferenças de concentração de nutrientes.

A amostragem representa a chave do processo de diagnose foliar. JONES Jr. & STEYN (41) afirmam que a amostragem é atualmente a etapa de maior deficiência concluindo sobre a necessidade de quantificá-la. Alguns procedimentos corretos e incorretos de amostragem são apresentados pelos autores. Para Malavolta em EPSTEIN (24) a folha re-

cém madura é, em geral, o órgão que melhor reflete o estado nutricional da planta.

No Brasil, foram desenvolvidos trabalhos de diagnose foliar em café (*Coffea arábica* L.), milho (*Zea mays* L.), cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e algodão (*Gossypium hirsutum* L.) por MALAVOLTA & GOMES (46). Foram determinados teores altos, médios e baixos de N, P e K, em folhas de cafeeiro. A ausência, o teor normal e o excesso de macronutrientes na solução nutritiva, e seus efeitos sobre os teores nas folhas de mudas de cafeeiro também foram determinados.

Finalmente vale ressaltar o conceito de nível crítico fisiológico-econômico, proposto por MALAVOLTA & GOMES (46) visando avaliar o emprego da dose mais econômica de adubação. De acordo com o enunciado, por estes autores, o "nível crítico é a concentração do elemento na folha, abaixo da qual a produção é limitada e acima da qual a adubação não é econômica".

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O guaraná foi classificado por DUCKE (22) em duas sub-espécies, quais sejam, *Paullinia cupana* var. sorbilis e *P. cupana* HBK tipyca, cada uma apresentando características morfológicas próprias. O guaranazeiro cultivado atualmente em Maués e outros municípios do Estado do Amazonas é o *P. cupana* var. sorbilis, utilizada no presente trabalho.

3.1. Experimento com mudas em condições de ripado

Para este experimento foram selecionadas mudas de guaraná de, aproximadamente, 3 meses de idade, de uma população cultivada em areia.

Sacos plásticos, pretos e furados, com dimensões de 30 x 18 cm e capacidade para aproximadamente 3 a 4 litros de substrato, foram encheidos com diversos tipos de substrato, obedecendo aos seguintes tratamentos, e nas proporções em volumes assinaladas entre parênteses:

Tratamento 1 - Areia + barro (1:1) - Testemunha

- Tratamento 2 - Areia + barro (1:1) + adubação foliar com solução nutritiva de 15 em 15 dias.
- Tratamento 3 - Areia + barro (1:1) + adubação foliar com solução nutritiva de 30 em 30 dias.
- Tratamento 4 - Areia + barro + esterco de gado (3:4:3).
- Tratamento 5 - Areia + barro + esterco de gado (3:4:3) + adubação foliar com solução nutritiva de 15 em 15 dias.
- Tratamento 6 - Areia + barro + esterco de gado (3:4:3) + adubação foliar com solução nutritiva de 30 em 30 dias.
- Tratamento 7 - Areia + barro + esterco de galinha (3:4:3).
- Tratamento 8 - Areia + barro + esterco de galinha (3:4:3) + adubação foliar com solução nutritiva de 15 em 15 dias.
- Tratamento 9 - Areia + barro + esterco de galinha (3:4:3) + adubação foliar com solução nutritiva de 30 em 30 dias.
- Tratamento 10 - Areia + barro (1:1) + solução nutritiva adicionada ao substrato.

Utilizou-se o delineamento experimental "inteiramente casualizado", com os 10 tratamentos já assinalados e 4 repetições. Cada unidade experimental constou de 10 saquinhos, com uma muda em cada. O experimento totalizou 40 unidades experimentais, com 400 plantinhas, sendo instalado na Fazenda Pururuca localizada no km 25 da estrada Manaus-Itacoatiara, Município de Manaus-Amazonas.

A solução nutritiva usada nas adubações foliares (tratamentos 2, 3, 5, 6, 8 e 9) e adicionada diretamente ao substrato (tratamento 10) foi a de HOAGLAND & ARNON (39) sendo o ferro fornecido como Fe EDTA, segundo JACOBSON (40).

A aplicação da solução nutritiva na parte aérea das plantas foi realizada com um pulverizador costal "Jacto", capacidade para 4 litros, com bico normal para baixa pressão. As plantas foram protegidas da chuva por uma cobertura de plástico por 2 dias após cada pulverização não sendo regadas durante este período.

Cronologicamente foram realizadas as operações, constantes da Tabela 4.

TABELA 4 - Cronograma de operações do experimento sobre nutrição de mudas de guaraná.

Operação realizada	Data	Idade das mudas
Preparo dos substratos	23/07/1974	
Transplântio das mudas	29/07/1974	3 meses
Replântio (5%)	08/08 a 26/09/1974	4 a 5 meses
Pulverizações (solução nutritiva)		
1a. (tratamentos 2,3,5,6,8,9)	03/09/1974	4 meses
2a. (tratamentos 2, 5, 8)	17/09/1974	4,5 meses
3a. (tratamentos 2,3,5,6,8,9)	03/10/1974	5 meses
4a. (tratamentos 2, 5, 8)	18/10/1974	5,5 meses
5a. (tratamentos 2,3,5,6,8,9)	04/11/1974	6 meses
6a. (tratamentos 2, 5, 8)	20/11/1974	6,5 meses
7a. (tratamentos 2,3,5,6,8,9)	06/12/1974	7 meses
Regas	todo o período	
Controle de ervas daninhas	todo o período	
Coleta do experimento	26/02/1975	10 meses

As regas foram realizadas de 2 em 2 dias, exceto em dias chuvosos ou após as pulverizações. A incidência de ervas daninhas, foi maior nos tratamentos que continham matéria orgânica. As mesmas foram erradicadas manualmente.

A análise química do barro e da areia que fizeram parte dos substratos onde foram cultivadas as mudas revelaram os resultados expresso na Tabela 5. Os métodos analíticos utilizados estão descritos no trabalho de CATANI & JACINTO (18).

TABELA 5 - Análise química e densidade aparente do barro e da areia dos substratos das mudas do experimento sobre nutrição de mudas de guaraná.

Componente	Densidade Aparente	pH	C (orgânico) (%)	Teor Trocável (mg/100g)					
				PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
Barro	1,21	4,8	0,48	0,02	0,01	0,04	0,04	0,70	2,90
Areia	1,18	6,1	0,12	0,01	0,01	0,08	0,08	0,14	0,48

A colheita das mudas foi feita cortando-se os saquinhos lateralmente e fazendo-se o destorroamento cuidadoso do substrato para evitar-se perdas de raízes. As mudas foram separadas em caules, folhas e raízes, lavadas em água corrente e a seguir foram postas para secar, em estufa de circulação forçada de ar, com 75°C de temperatura até peso constante.

Após a secagem, o material foi pesado e moído em moinho Wiley, com peneira nº 20, nas amostras foram feitas determinações químicas de N, P, K, Ca, Mg e S, de acordo com os métodos descritos por SARRUGE & HAAG (57).

A análise estatística dos resultados foi realizada de acordo com GOMES (34).

3.2. Levantamento do estado nutricional de guaranazais em Maués

O estado nutricional de plantas de guaraná foi avaliado pelo método de diagnose foliar, utilizando-se a técnica denominada por ULRICH & HILLS (63) de "Nutrient Survey".

No Município de Maués, Amazonas, latitude 3°23'32"S e longitude 57°39'23" W.Gr., distante 256 km de Manaus por via aérea, foram escolhidas três propriedades produtoras de guaraná, baseando-se a escolha em diferença de tipo de solos, no uso ou não de adubos, na idade e sanidade dos guaranazais e na facilidade de acesso à propriedade. Obcedendo-se estes critérios, foram escolhidas as propriedades especificadas na Tabela 6.

TABELA 6 - Características das propriedades escolhidas, número de plantas amostradas e data da coleta das amostras para o levantamento nutricional dos guaranazais de Maués-AM.

Nome do Proprietário	Localização	Adubação	Nº de Plantas amostradas	Data de coleta de amostras
Raimundo Menezes Belém	Estrada Maués-Miri - km 20	Não usa	40(1 a 40)	24/07/1974
Ferdinando Desideri	Estrada do Aeroporto km 1	Usa	40(41 a 80)	24/07/1974
Francisco Magnani (Fazenda Serafim)	Margens do Lago Maués	Não usa	40(80 a 120)	24/07/1974
Francisco Magnani	Margens do Lago Maués	Usa	40(121 a 160)	24/07/1974

Nas propriedades foram escolhidas 40 plantas em cada uma, com a idade variando entre 20 a 25 anos, no espaçamento de 5 x 6 m, procurando-se evitar plantas atacadas de moléstias e pragas e que ainda apresentassem lançamento de ramos do ano.

As plantas selecionadas para amostragem foram numeradas de 1 a 160, (conforme Tabela 6) e identificadas com piquetes. Em cada planta marcada colheram-se ao redor de 50 folhas, para diagnose foliar. Entre as fileiras, e na projeção da copa das plantas escolhidas, coletou-se para cada área uma amostra composta e superficial de solos (0 - 30 cm) com um trado pedológico.

As folhas escolhidas para amostragem se localizavam em ramos do ano, sendo colhidas na época em que se iniciavam os lançamentos de novos ramos, o estado fisiológico das folhas era de "recentemente maduras". As folhas colhidas de cada árvore foram lavadas e colocadas em sacos de papel. Foi feita uma secagem prévia do material ao sol, completando-se posteriormente a secagem em estufa de circulação forçada de ar à 70°C até peso constante. As folhas secas foram moídas em moinho Wiley, peneira nº 20, e analisadas quimicamente para N, P, K, Ca, Mg e S, segundo os métodos descritos por SARRUGE & HAAG (57).

As amostras de solo foram secas ao ar, tamizadas através de peneira com abertura de malha de 2 mm e analisadas quimicamente. Os resultados estão expressos na Tabela 7 e os métodos de análise encontram-se no trabalho de CATANI & JACINTHO (18).

TABELA 7 - Características químicas dos solos das propriedades produtoras de guaraná em Maués-AM, utilizadas para o levantamento nutricional dos guaranazais.

Propriedade	pH	C %	Teor Trocável em emg/100g de terra					
			PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
Magnani (sem adubação)	4,3	2,31	0,04	0,06	0,19	0,19	3,39	9,25
Magnani (com adubação)	4,2	2,22	0,04	0,08	0,19	0,14	3,12	9,01
Desideri (com adubação)	4,3	3,18	0,04	0,08	0,40	0,24	3,87	12,45
Belém (sem adubação)	4,6	2,73	0,05	0,06	0,08	0,32	3,58	10,02

As plantas das propriedades dos Senhores Desideri (local II) e Magnani (local IV) receberam a adubação química pela primeira vez. As quantidades aplicadas, tipos de adubos, época e modo de aplicação estão resumidos na Tabela 8.

Na época da colheita, as produções das plantas selecionadas em cada propriedade foram computadas anotando-se o peso da matéria verde das produções individuais, após o despulpamento dos frutos (guaraná em rama, não torrado). Constituiu-se uma amostra composta de cascas e frutos de cada área estudada, para a execução de análises químicas de N, P, K, Ca, Mg e S, seguindo-se os mesmos procedimentos já descritos anteriormente para análise foliar.

TABELA 8 - Quantidades, época e modo de aplicação de adubos nas plantas -
ções de guaraná em Maués, utilizadas para o estudo.

Fertilizantes Utilizados	1a. Aplicação		2a. Aplicação		Modo
	Quantidade (kg/pé)	Data	Quantidade (kg/pé)	Data	
Sulfato de amônio	0,10	março	0,10	junho	Na projeção da copa, a lanço
Superfosfato simples	0,31	de		de	
Cloreto de Potássio	0,07	1974	0,07	1974	

A análise estatística dos resultados obtidos foi executada de acordo com GOMES (34).

Cronologicamente, as operações principais das atividades estão expressas na Tabela 9.

TABELA 9 - Cronograma de atividades do levantamento do estado nutricional de guaranazais em Maués-AM.

Atividades	Data
Escolha e identificação das plantas componentes da amostra nas propriedades produtoras	23/07/1974
Coleta de amostras de folhas	24/07/1974
Coleta de amostras de solos	24/07/1974
Início da colheita de frutos nas plantas componentes da amostra	10/11/1974
Término da colheita	15/01/1975

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento com mudas em condições de ripado

4.1.1. Acumulação de matéria seca

Uma das formas de se avaliar o crescimento de espécies vegetais é através da medição da acumulação de matéria seca. Na Tabela 10, encontram-se os valores de peso da matéria seca relativos a cada tratamento estudado.

A acumulação total média de matéria seca foi afetada pelos diversos procedimentos testados no experimento. De uma maneira geral, as mudas que cresceram em substrato contendo esterco de gado (tratamento 4), acumularam estatisticamente mais matéria seca que praticamente todos os outros tratamentos, com exceção do tratamento esterco de galinha e pulverizações de 30 em 30 dias, com solução nutritiva.

Numa primeira abordagem superficial, a adubação foliar foi efetiva apenas no caso de substrato contendo esterco de galinha. No entanto, apresentou efeito depressivo na acumulação de matéria seca quando a frequência de aplicações foi de 15 em 15 dias, tanto no caso de substrato com esterco de galinha, como com esterco de gado.

TABELA 10 - Acumulações de matéria seca de mudas de guaranazeiros em função de tipos de substrato e dos modos de aplicação de nutrientes.

Tratamentos	Matéria seca-Peso médio/planta (g)			
	Total	Raiz	Caule	Folha
1. Testemunha	1,61 de*	0,61 bc	0,40 a	0,60 e
2. Pulverização (15 dias)	1,58 de	0,58 bc	0,41 a	0,59 e
3. Pulverização (30 dias)	1,51 e	0,58 bc	0,39 a	0,54 e
4. Esterco de gado	3,80 a	0,87 a	0,82 a	2,11 a
5. Est. gado + Pulv. (15 d)	2,52 bcd	0,60 bc	0,43 a	1,48 bc
6. Est. gado + Pulv. (30 d)	2,77 bc	0,72 abc	0,49 a	1,56 ab
7. Esterco de galinha	1,79 de	0,54 bc	0,39 a	0,86 de
8. Est. gal. + Pulv. (15 d)	1,85 cde	0,55 bc	0,39 a	0,91 cde
9. Est. gal. + Pulv. (30 d)	2,93 ab	0,78 ab	0,79 a	1,36 bcd
10. Sol. nut. no Substrato	1,29 e	0,46 bc	0,35 a	0,48 e
Teste F	16,04*	4,46*	2,80*	18,86*
Dms (Tukey a 5%)	0,96	0,26	0,48	0,60
CV (%)	18,13	17,46	42,70	23,80

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

A aplicação de solução nutritiva diretamente no substrato e adubação foliar, em qualquer frequência de aplicação, não apresentaram nenhum efeito em relação a testemunha, em termos de acumulação de matéria seca.

A Figura 2 representa graficamente os efeitos dos diversos tratamentos utilizados, na acumulação média de matéria seca das mudas de guaraná.

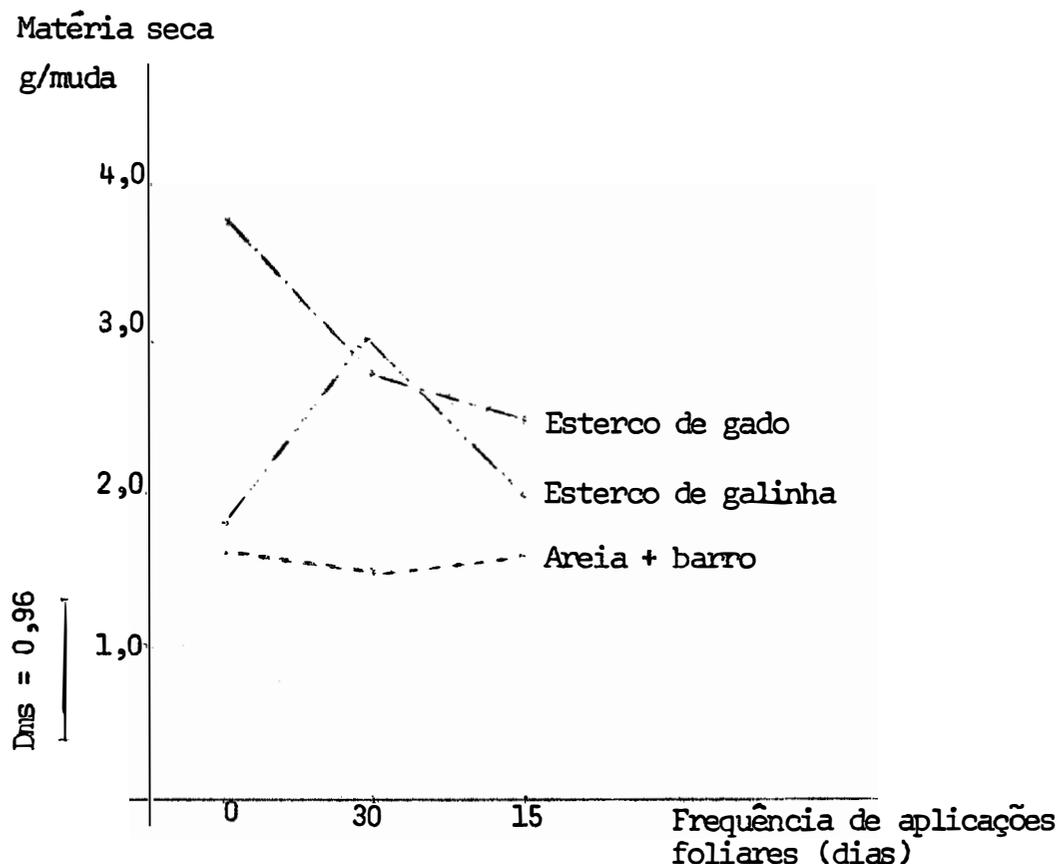


FIGURA 2 - Representação gráfica dos efeitos de aplicações foliares de adubos e tipos de substratos sobre a acumulação de matéria seca de mudas de guaraná.

Houve diferença de comportamento das diversas partes das plantas em termos de matéria seca acumulada em função dos tratamentos.

Analisando-se a acumulação de matéria seca das raízes, verifica-se que a testemunha só é diferente estatisticamente do tratamento 4. Este último tratamento acumulou mais matéria seca do que seis outros tratamentos, não diferindo apenas daqueles que receberam esterco e foram pulverizados com solução nutritiva de 30 em 30 dias.

Klinge, citado por BENNEMA (7), afirma que nos latos - solos amarelos de Manaus aproximadamente 50% das raízes dos vegetais se distribuem na camada dos 20 cm superficiais, em função aparentemente da matéria orgânica e água disponível.

RUSSEL (56) relaciona o crescimento das raízes expresso em matéria seca, profundidade e ramificações com a aplicação de matéria orgânica. A aplicação de 110 t/ha de esterco produziu um sistema radicular mais desenvolvido.

WEAVER & CLEMENTS (68) consideram os fatores hereditabilidade, teor de água no solo (umidade), concentração de O_2 (aeração), estrutura do solo, temperatura, como determinantes do desenvolvimento radicular diretamente. A parte aérea influencia indiretamente este desenvolvimento. O teor de água no solo e a aeração são considerados os fatores mais importantes do processo.

CASTRO & PITELLI (15) citam que a variação de umidade do solo apresenta efeitos no volume e distribuição das raízes de milho. A deficiência de água apresenta como resposta uma distribuição superficial das raízes. Não há referências sobre a acumulação de matéria seca.

Pelos dados apresentados anteriormente pode-se aparentemente explicar a acumulação de matéria seca pelas raízes e consequentemente o seu crescimento, em função dos efeitos da presença de matéria orgânica no substrato e suas implicações nas propriedades físicas e químicas. A discussão destes aspectos será aprofundada posteriormente.

Os caules não apresentaram diferenças quanto a acumulação de matéria seca, o que era esperado, devido ao crescimento lento desta parte da planta, quando comparada com as raízes e folhas.

A acumulação de matéria seca das folhas apresentou pequenas diferenças em relação ao comportamento geral apresentado pelas plantas inteiras. Uma das exceções é o tratamento 9 (esterco de galinha mais pulverizações de 30 em 30 dias) que foi diferente do tratamento 4 (esterco de gado).

Um dos fatores que influi na absorção foliar é a quantidade de massa foliar. As plantas com pouca massa foliar absorvem não pouca quantidade de elemento, quando pulverizadas e vice-versa.

A acumulação de matéria seca pelas folhas apresentou diferenças entre os tratamentos de até mais de 4 vezes (por exemplo, veja-se tratamentos 4 e 10). Os tratamentos que não receberam matéria orgânica (tratamentos 1, 2, 3 e 10), apresentaram sempre menores massas foliares. Este aspecto pode ter influenciado na absorção foliar.

A relação entre a parte aérea e as raízes variou com os tratamentos. Considerando-se a parte aérea total constituída de caules mais folhas, as relações nos tratamentos estão expressas na Tabela 11.

TABELA 11 - Relações parte aérea/raízes de mudas de guaraná em função de tipos de substrato e dos modos de aplicação de nutrientes.

Tratamentos	Raiz (g)	Parte aérea (g)	Relação parte aérea/raiz
1. Testemunha	0,62	1,00	1,6
2. Pulverização (15 dias)	0,58	1,00	1,7
3. Pulverização (30 dias)	0,58	0,93	1,6
4. Esterco de gado	0,87	2,93	3,4
5. Esterco de gado + Pulv. (15 dias)	0,60	1,91	3,2
6. Esterco de gado + Pulv. (30 dias)	0,72	2,05	2,8
7. Esterco de galinha	0,54	1,25	2,3
8. Esterco de galinha+Pulv.(15 dias)	0,55	1,30	2,4
9. Esterco de galinha+Pulv.(30 dias)	0,78	2,15	2,7
10. Solução nutritiva no substrato	0,46	0,83	1,8

Os tratamentos cujos substratos continham esterco de gado apresentaram maiores relações parte aérea/raiz, enquanto os tratamentos que não continham matéria orgânica no substrato apresentaram as menores relações.

A adubação foliar nem sempre propicia aumento de matéria seca ou produção. Em São Paulo, SILVA (59), comparando a adubação foliar com a adubação convencional não obteve efeitos de aumento de produção com a adubação foliar, embora as folhas tenham apresentado teores de fósforo mais elevados nos tratamentos que sofreram pulverização com o elemento. A adubação no solo foi suficiente para manter o crescimento e o aspecto sadio das plantas.

4.1.2. Acumulação de nutrientes nas raízes

Os elementos essenciais estão diretamente ou indiretamente ligados aos processos bioquímicos de crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Correlações entre acumulação de matéria seca e teor de nutrientes em determinados tecidos vegetais foram apresentados por MUNSON & NELSON (50), CHAPMAN (19), ULRICH & HILLS (63) entre outros.

Na Tabela 12 apresentam-se os teores médios de N, P, K Ca, Mg e S encontrados nas raízes das mudas submetidas aos vários tratamentos em estudo. De maneira geral, as variações de P, Ca, Mg e K foram as mais sensíveis. O N apresentou pequena variação, enquanto o S não apresentou variações que fossem estatisticamente diferentes.

O nitrogênio apresentou teores mais elevados nos tratamentos que receberam matéria orgânica e menores teores quando os substratos foram apenas areia + barro. Comparando-se os tratamentos constando de pulverizações foliares, em intervalos de 15 ou 30 dias, com os tratamentos sem aplicações foliares, constatou-se que não houve diferenças para nenhum nutriente estudado.

O fósforo apresentou comportamento diferente do nitrogênio quanto aos teores contidos nas raízes. Os tratamentos 1, 2, 3 e 10 (substrato areia + barro) apresentaram os menores teores de fósforo. Os tratamentos 7, 8 e 9 (substrato com esterco de galinha) apresentaram os maiores teores, enquanto os tratamentos 4, 5 e 6 (substrato com esterco de gado) apresentaram teores intermediários. Estes 3 grupos de tratamentos foram diferentes entre si e os tratamentos dentro de cada grupo não apresentaram diferenças.

TABELA 12 - Acumulação média de macronutrientes pelas raízes de mudas de guaraná em função de tipos de substratos e modos de aplicação de nutrientes.

Tratamentos	Teores (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
1. Testemunha	1,14b*	0,06cd	0,45c	0,09c	0,11d	0,11
2. Pulverização (15 dias)	1,16b	0,04d	0,47bc	0,15c	0,11d	0,14
3. Pulverização (30 dias)	1,08b	0,05d	0,44c	0,13c	0,12d	0,15
4. Esterco de gado	1,56a	0,15bc	0,66bc	0,20b	0,25c	0,18
5. Est. gado + Pulv. (15 d)	1,58a	0,18b	0,70bc	0,19b	0,32abc	0,16
6. Est. gado + Pulv. (30 d)	1,52a	0,15b	0,67bc	0,22b	0,27bc	0,17
7. Esterco de galinha	1,64a	0,46a	1,12a	0,49a	0,37ab	0,18
8. Est. gal. + Pulv. (15 d)	1,60a	0,47a	1,30a	0,48a	0,35abc	0,21
9. Est. gal. + Pulv. (30 d)	1,61a	0,50a	1,27a	0,52a	0,41a	0,18
10. Sol. nutic. no Substrato	1,07b	0,07cd	0,56bc	0,15c	0,11d	0,14
Teste F	13,62*	89,37*	52,54*	188,33*	24,17*	1,87ns
Dms (Tukey a 5%)	0,33	0,10	0,23	0,06	0,12	
CV (%)	9,66	19,05	12,65	9,61	20,12	24,54

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

O teor de potássio das raízes foi pouco afetado pela presença de esterco de gado no substrato. Os tratamentos 1, 2, 3 e 10 não apresentaram diferenças dos tratamentos 4 e 6, a cujos substratos de areia + barro foi adicionado esterco de gado. Quando as plantas crescidas no substrato contendo esterco de gado foram pulverizadas de 15 em 15 dias, suas raízes apresentam ligeiro aumento do teor de K o que elevou o teor do tratamento 5 quando comparado com os tratamentos 1 e 3. Os subs

tratos que continham esterco de galinha (tratamentos 7, 8 e 9) apresenta ram os maiores teores de K nas raízes. O comportamento do cálcio nas raízes foi semelhante ao do fósforo.

O magnésio apresentou teores mais baixos nos tratamentos sem matéria orgânica (tratamentos 1, 2, 3 e 10). Os teores mais altos foram encontrados nos tratamentos 7, 8 e 9, que não apresentaram diferenças entre si. O tratamento 9 apresentou teor diferente do tratamento 4 não o sendo dos tratamentos 5, 7 e 8, enquanto o tratamento 4 não se diferenciava estatisticamente dos tratamentos 5, 6 e 8. O enxofre não mostrou diferenças significativas nos vários tratamentos estudados.

O teor de elementos apresenta pequena influência no crescimento radicular, uma vez que, segundo EPSTEIN (24), quando os mesmos são absorvidos pela raiz são em seguida transportados pelo xilema até as folhas, geralmente na forma mineral, onde vão participar de reações bioquímicas associadas ao desenvolvimento.

As raízes se compõem, segundo ESAU (25), de tecidos de parênquima, epiderme e tecidos vasculares, tendo como característica au sência de cloroplastos funcionais. Dessa forma, as raízes dependem da parte aérea para síntese de compostos orgânicos para seu desenvolvimento.

Os resultados encontrados no presente trabalho estão em consonância com as generalizações enunciadas. Comparando-se os dados de acumulação de matéria seca pelas raízes, expressos na Tabela 10, com os dados de acumulação de macronutrientes, expressos na Tabela 12, não se encontram relações entre os teores de elementos nas raízes e o seu de senvolvimento. O tratamento 4 que apresentou mais matéria seca que to-

dos os outros tratamentos, com exceção dos tratamentos 6 e 9, não apresenta qualquer variação no teor de nutrientes que possa justificar maior produção. Por outro lado, a acumulação de matéria seca dos tratamentos 1, 2, 3 e 10, que não é diferente estatisticamente da acumulação de matéria seca dos tratamentos 6, 7 e 8, apresentaram diferenças quanto aos teores de N, P, K, Ca e Mg. Consequentemente, é aparentemente pouco provável a existência de uma relação direta, no presente caso, entre acumulação de nutrientes nas raízes e o seu desenvolvimento. É muito mais provável a existência de um efeito indireto através da translocação dos nutrientes para a parte aérea onde participam dos processos biossintéticos com posterior retorno pelo floema, na forma orgânica.

Um ponto que deve ser abordado é a contribuição relativa de cada processo de adubação testado na acumulação de nutrientes pelas raízes. No presente caso, as mudas apresentaram duas fontes de nutrientes: os substratos, com diferentes disponibilidades de elementos (tratamentos 1, 4, 7 e 10) e as aplicações foliares.

Para se estudar empiricamente as contribuições de cada fonte, deve-se discutir a mobilidade dos íons no floema. Bukovac & Wittwer, citados por WITTIWER & TEUBNER (69) classificam os íons absorvidos pelas folhas em *MÓVEIS* (Na, Rb, K, P, Cl, S), *PARCIALMENTE MÓVEIS* (Zn, Cu, Mn, Fe, Mo) e *IMÓVEIS* (Ca, Sr, Ba, Mg), enquanto EPSTEIN (24) apresenta uma distribuição semelhante, porém incluindo o lítio e o boro entre os elementos imóveis. CAMARGO (9) considera o Mg e o Cu como parcialmente móveis no floema. O N é considerado altamente móvel, pois é metabolizado logo que penetra no simplasto, transformando-se em compostos orgânicos de grande mobilidade.

Pelo exposto, pode-se concluir que o N, P, K, Mg e S aplicados às folhas apresentam possibilidades de atingirem as raízes, enquanto o Ca se acumularia nas folhas. Portanto, considerando-se o teor de N, P, K, Mg e S das raízes como proveniente da absorção foliar + absorção radicular, deveriam ocorrer variações nos teores destes elementos entre os tratamentos 1, 2 e 3 ou 4, 5 e 6 ou 7, 8 e 9. Por outro lado admitindo-se um efeito linear da intensidade de pulverização sobre a absorção foliar, os tratamentos 2, 5 e 8 deveriam apresentar teores mais elevados dos elementos móveis nas raízes e/ou acumulação de matéria seca, o que não ocorreu em ambas as hipóteses.

Uma diminuição da intensidade das pulverizações foliares deve refletir em uma contribuição maior do substrato para o suprimento de elementos para as raízes. De fato, na Tabela 12 verifica-se que ocorreu uma perfeita distinção de teores de N, Ca e Mg nas raízes, entre os tratamentos constantes de substratos com e sem matéria orgânica. Nos substratos com matéria orgânica as raízes apresentaram maiores teores de elementos do que nos substratos sem matéria orgânica. O P e o K apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos sem matéria orgânica (tratamentos 1, 2, 3 e 10) e os tratamentos constituídos de esterco de galinha (tratamentos 7, 8 e 9). Apenas o S não apresentou diferenças entre os tratamentos.

Em função das diferenças de teores encontrados nas raízes, pode-se supor que os substratos tenham apresentado diferenças em termos de disponibilidade de nutrientes. A análise química da matéria orgânica utilizada no trabalho revelou os seguintes resultados, contidos na Tabela 13.

TABELA 13 - Características químicas e físicas da matéria orgânica componente dos substratos de experimento sobre nutrição de mudas de guaraná.

Componente	Cinzas %	Densidade aparente	Matéria orgânica %	Teor total de nutriente (%)		
				N	P	K
Esterco de gado	69,00	0,30	31,00	0,87	0,25	0,11
Esterco de galinha	48,60	0,33	51,40	1,78	1,94	1,03

Aparentemente o esterco de galinha, com suas maiores concentrações de nutrientes, deveria ser o mais adequado para o desenvolvimento vegetal. Os resultados obtidos entretanto, não estão totalmente de acordo com esta constatação. As análises químicas efetuadas avaliam os teores totais de N, P e K nas amostras, e não indicando a disponibilidade dos elementos para os vegetais. Por outro lado, o esterco de galinha utilizado no experimento e também pelos fazendeiros da área, é proveniente de "camas" de criação de frango de corte, composto principalmente de restos de serragem de madeira.

Por sua vez, a matéria orgânica do solo é composta de restos de vegetais e animais que se decompõem principalmente sob a ação de agentes biológicos. O material estável coloidal e amorfo, resultante final da ação microbiana é denominado húmus. Segundo CATANI (17) o húmus é constituído principalmente de celulose (2 - 10%), hemicelulose (menos que 2%), gorduras, ceras e taninos (1 - 8%), lignina (35 - 50%) e proteínas (28 - 35%).

As diferenças de constituição afetam a velocidade de decomposição da matéria orgânica no solo. A lignina, segundo RUSSEL (56) é muito resistente ao ataque de microrganismos e apenas umas poucas espécies conseguem decompô-la. Considera-se, que 15% de lignina na matéria orgânica reduz seriamente a velocidade de decomposição da celulose. Valores de 20 a 30% de lignina, comuns em determinados tipos de madeira, reduzem tanto a decomposição que praticamente eliminam o valor agrícola destes materiais como adubação orgânica.

No presente caso, apesar do esterco de galinha, constituído de mais de 50% de restos de madeira, apresentar maiores teores totais de elementos, a sua composição possivelmente contribuiu para uma decomposição mais lenta e para o estabelecimento de uma disponibilidade menor de nutrientes.

A pouca disponibilidade de N no substrato com esterco de galinha pode ser a causa da inexistência de diferenças entre os teores de N das raízes para os tratamentos com esterco de gado e esterco de galinha.

Com a limitação de disponibilidade de N nos tratamentos com esterco de galinha, pode-se supor que o N tenha limitado a acumulação de matéria seca nos tratamentos referidos. Dessa forma, enquanto os tratamentos com esterco de gado (tratamentos 4, 5 e 6) apresentam teores mais baixos de P, K, Ca e Mg nas raízes do que os tratamentos com esterco de galinha, os teores de N nos tratamentos com esterco de gado e esterco de galinha não diferem. Assim em razão da falta de disponibilidade de do N nos tratamentos 7,8 e 9, e da maior disponibilidade de P,K e possivelmente de outros nutrientes, pode ter ocorrido um efeito de concentra

ção nestes tratamentos que se traduziu em concentrações mais elevadas de P, K, Ca e Mg nas raízes.

A relação parte aérea - raiz pode apresentar menor valor, segundo HEWITT (37), quando em condições de deficiência de N. Foi observado que os maiores valores da relação foram referentes aos tratamentos com esterco de gado, enquanto que os tratamentos com esterco de galinha apresentaram menores valores. Os tratamentos que não receberam matéria orgânica apresentaram as menores relações.

Os nutrientes além dos efeitos isolados que apresentam sobre o metabolismo vegetal, podem apresentar efeitos de interações. Estas interações podem, segundo HEWITT (37), determinarem influência na acumulação de matéria seca, conteúdo de água, desenvolvimento, velocidade de assimilação de nutrientes e respiração.

FRIED & SHAPIRO (30) distinguem efeitos estimulativos e efeitos inibidores nas interações entre os nutrientes. Os efeitos de inibição são classificados em competitivos e não competitivos e são explicados pela interferência de um íon no mecanismo de absorção do outro íon. Exemplos de inibição competitiva na absorção são apontados o K^+ x CS^+ x Rb^+ e o Ca^{2+} x Se^{2+} x Ba^{2+} . Além destes efeitos na absorção, as relações entre concentração de nutrientes nos substratos podem desregular a sequência metabólica ou mesmo agir através de mecanismos de inibição em processos enzimáticos. Como exemplo, pode-se mencionar a relação N/S (totais), citada por EPSTEIN (24), que nas plantas deve-se situar em torno de 36, quando não houver "consumo de luxo". O N e o S se incorporam nas proteínas nesta relação, sendo que a variação de qualquer dos elementos provoca desequilíbrio de substrato e menor rendimento das reações em que ambos participem.

Na literatura diversas relações são consideradas de importância para a nutrição das plantas, entre macronutrientes, entre macro e micronutrientes e entre micronutrientes. Como o estudo dos micronutrientes não é objetivo do presente trabalho somente as relações entre macronutrientes serão consideradas.

CAMARGO & SILVA (10) consideram que, além dos efeitos de interações na absorção radicular, ocorrem interações na absorção foliar. São apontadas como interações antagônicas na absorção radicular as relações N/K, K/Mg, Mg/P. OVERSTREET & JACOBSON (52) referem-se a interação (inibição competitiva) entre K^+ e Ca^{2+} . Além das relações já citadas, ACHORN & COX (1) caracterizam que a relação NH_4-N/P afetaria a absorção de P.

A determinação das relações ideais entre elementos geralmente é estabelecida em condições controladas de fornecimento de nutrientes, variando-se as concentrações dos elementos em estudo e analisando-se posteriormente os efeitos no vegetal. Embora estas condições não tenham sido observadas no presente experimento, tentou-se verificar as relações entre os macronutrientes nas condições experimentais. Isto foi feito procurando-se estabelecer quais as relações que estariam associadas com o máximo de acumulação de matéria seca pelas partes das mudas e se as diferenças entre relações poderiam explicar o comportamento dos diversos tratamentos. Os dados são de caráter pouco conclusivo em razão das limitações da metodologia utilizada.

Com base nos efeitos isolados dos elementos e nas referências bibliográficas encontradas foram testadas as relações N/P, N/K, K/Ca e K/Mg das raízes, conforme aparecem na Tabela 14. Entretanto, de-

ve-se mencionar que estas relações tem sido estudadas principalmente na parte aérea.

TABELA 14 - Relações N/K, N/P, K/Ca e K/Mg em raízes de mudas de guaraná em função dos tratamentos estudados.

Tratamentos	Relações			
	N/P	N/K	K/Ca	K/Mg
1. Testemunha	19,80bc*	2,53a	4,84a	4,04ab
2. Pulverização (15 d)	29,13a	2,48a	3,78ab	4,09ab
3. Pulverização (30 d)	24,74ab	2,40a	3,66abc	3,67bc
4. Esterco de gado	10,52de	2,38ab	3,27bc	2,67cde
5. Est. gado + Pulv. (15 d)	9,16de	2,29ab	3,62abc	2,23e
6. Est. gado + Pulv. (30 d)	10,53de	2,29ab	3,02bcd	2,49de
7. Esterco de galinha	3,68e	1,50bc	2,27d	2,99bcde
8. Est. galinha + Pulv. (15 d)	3,40e	1,21c	2,77bcd	3,54bcd
9. Est. galinha + Pulv. (30 d)	3,24e	1,17c	2,45cd	3,15bcde
10. Solução nutritiva no substrato	15,27cd	1,96abc	3,72abc	5,12a
Teste F	33,17*	10,27*	8,11*	14,54*
Dms (Tukey a 5%)	7,65	0,82	1,28	1,11
CV (%)	24,48	16,83	15,87	13,53

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

Todas as relações estudadas nas raízes apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, como demonstrou o teste F.

A relação N/P foi mais elevada nos tratamentos 1, 2, 3 e 10, apresentando valores intermediários nos tratamentos 4, 5 e 6, in -

clusive com valores muito próximos entre si. Os menores valores foram obtidos para os tratamentos 7, 8 e 9, não sendo estes, porém, diferentes dos valores dos tratamentos 4, 5 e 6.

As variações de relações N/P podem ser atribuídas a 2 fatores: ao aumento da concentração do N, em função da deficiência de P ou ao aumento da concentração de P, em função da deficiência de N. Ambos os casos são citados na literatura (HEWITT, 55).

Os tratamentos que receberam matéria orgânica, notadamente os constantes de esterco de galinha, apresentaram menores relações N/P do que os tratamentos sem matéria orgânica. Comparando-se os teores de N e P e as relações N/P nos vários tratamentos, pode-se aparentemente constatar níveis deficientes de P para os tratamentos 1, 2, 3 e 10, acarretando acumulação de N; N e P balanceados, apresentando relações satisfatórias, nos tratamentos 5, 6 e 7; níveis deficientes de N, causados pela acumulação de P, nos tratamentos 6, 7 e 9. Esta interpretação está coerente com a composição química dos substratos e com a acumulação de matéria seca verificadas.

A relação N/K não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 10, embora os três primeiros tratamentos tenham apresentado relações maiores. Os tratamentos 7, 8 e 9 apresentaram as menores relações. A mesma linha de raciocínio utilizada para a relação N/P pode explicar esta relação.

As relações K/Ca e K/Mg são expressões do antagonismo na absorção radicular entre os nutrientes relacionados. Vários trabalhos tem tratado destas relações, sempre com conclusões idênticas, ou se

ja, a maior absorção de um elemento provoca de acréscimos na absorção do outro. Segundo CAMARGO & SILVA (10), estas relações tem sido estudadas principalmente na absorção radicular.

EPSTEIN (23) explica a competição iônica entre K, Ca e Mg com base na variação de afinidade destes íons pelos seus carregadores, que é influenciada pelas concentrações externas dos íons. A medida que a concentração externa aumenta, são mobilizados mecanismos, de afinidades menores, podendo neste caso ocorrer a competição. O K, Ca e Mg representam o exemplo típico desse esquema.

Os dados analisados até este momento indicam que aparentemente foi pequena a contribuição das pulverizações foliares de nutrientes na composição química das partes das plantas. Dessa forma, para que ocorressem variações nas relações K/Ca e K/Mg seria necessário a ocorrência de variações de concentrações destes íons nos substratos, o que foi propiciado pela adição de esterco de gado e de galinha.

Como consequência das afirmações anteriores deve-se esperar que as relações K/Ca e K/Mg tenham variado nas raízes entre os seguintes grupos de tratamentos: areia + barro (tratamentos 1, 2, 3 e 10), esterco de gado (tratamentos 4, 5 e 6) e esterco de galinha (tratamentos 7, 8 e 9), o que realmente aconteceu.

A relação K/Ca nas raízes foi maior nos tratamentos sem matéria orgânica, embora sem apresentar diferenças em relação aos tratamentos com esterco de gado. Apenas a testemunha (tratamento 1) diferiu significativamente do tratamento 4, sendo este tratamento o que propiciou maior acumulação de matéria seca. O tratamento 7 apresentou a

menor relação K/Ca, a qual foi diferente da testemunha e do tratamento 4.

Na cultura do milho, GALLAHER et alii (31) encontraram variações da relação K/Ca em função de variações do teor de K no solo. Assim, para baixos níveis de K no solo, a relação K/Ca variou de 0,35 a 1,07. Para níveis ~~mais~~ altos de K no solo, a relação K/Ca na parte aérea variou de 1,28 a 4,69. As produções ~~mais~~ altas do milho foram conseguidas quando a relação K/Ca foi igual a 2,91 com o K em alta concentração no solo. Os valores da relação K/Ca, associados com as maiores produções de raízes em mudas de guaranazeiro, variaram de 2,45 a 3,27.

A relação K/Mg das raízes apresentou os maiores valores nos tratamentos sem matéria orgânica, obedecendo a seguinte ordenação decrescente: tratamento 10, 2, 1 e 3. As menores relações foram encontradas nos tratamentos 4, 5 e 6, os quais foram diferentes dos tratamentos citados anteriormente, embora não diferissem dos tratamentos que receberam esterco de galinha. Não ocorreram diferenças entre tratamentos com pulverização e sem pulverização.

WALKER & PECK (65) trabalhando com milho encontraram correlações lineares negativas entre os seguintes pares de variáveis: teor de K no solo e o teor de Mg na planta; adubação com K e teor de Mg na planta e teor de K e Mg na planta. Boynton & Burrell, citados por WALKER & PECK (65) encontraram deficiência de Mg em uma plantação de maçã causada pela elevação de teor de K no solo.

No trabalho já citado de GALLAHER et alii (31) com a cultura do milho, a aplicação de doses de fertilizantes potássicos de 0

a 224 kg/ha produziu relações K/Mg nas plantas que variaram de 0,25 a 0,77 na dose 0 até 2,37 a 5,96 na dose máxima do adubo. A relação K/Mg que correspondeu a produção mais elevada de milho foi igual a 2,37.

Comparando-se o valor da relação K/Mg correspondente a produção mais elevada de milho, obtida por GALLAHER et alii (31) com as relações K/Mg das raízes verifica-se que este se aproximou muito dos valores dos tratamentos 4, 5 e 6, que representaram, no caso do tratamento 4, a maior acumulação de matéria seca. Assim sendo, tanto no caso da relação K/Ca, como da relação K/Mg, as relações diferentes daquelas dos tratamentos 4, 5 e 6, aparentemente anormais, podem indicar antagonismos dos elementos em questão. As suas influências no metabolismo, embora não tão drásticas como as deficiências de N ou P, são sentidas em termos de menor acumulação de matéria seca.

4.1.3. Acumulação de nutrientes nos caules

Os caules não apresentaram diferenças significativas quanto à acumulação de matéria seca (ver Tabela 10). O teor de nutrientes, entretanto, variou entre os tratamentos, como pode ser observado na Tabela 15.

O comportamento geral dos tratamentos, com relação aos teores de N, P, K, Ca e Mg nos caules, foi muito semelhante ao comportamento verificado nas raízes. O N apresentou teores diferentes entre os tratamentos que receberam matéria orgânica e os que não receberam. Os tratamentos 1, 2, 3 e 10 diferiram dos tratamentos restantes em teor de P nos caules, não diferindo entre si. Os tratamentos 4, 5 e 6 diferiram dos tratamentos 7, 8 e 9 em relação aos teores de P, também não diferin-

do entre si. O tratamento 7, apresentou o maior teor de P, diferente de todos os demais, com exceção do tratamento 9, talvez em função de um efeito de concentração, pois é o que apresenta menos matéria seca.

TABELA 15 - Acumulação média de macronutrientes pelos caules de mudas de guaranazeiro em função de tipos de substratos e modos de aplicação de nutrientes.

Tratamentos	Teores (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
1. Testemunha	0,70b*	0,05d	0,51d	0,27c	0,07c	0,07ab
2. Pulverização (15 d)	0,73b	0,04d	0,55cd	0,33c	0,06c	0,07ab
3. Pulverização (30 d)	0,69b	0,03d	0,51d	0,30c	0,06c	0,08ab
4. Esterco de gado	1,18a	0,21c	0,89bcd	0,43bc	0,21b	0,09ab
5. Esterco de gado + Pulverização (15 d)	1,20a	0,23c	0,85bcd	0,49bc	0,24ab	0,07ab
6. Esterco de gado + Pulverização (30 d)	1,20a	0,19c	0,92bc	0,52bc	0,21b	0,05b
7. Esterco de galinha	1,31a	0,72a	1,35a	0,89a	0,26ab	0,10ab
8. Est. galinha + Pulverização (15 d)	1,22a	0,61b	1,24ab	0,75ab	0,28a	0,06ab
9. Est. galinha + Pulverização (30 d)	1,38a	0,70ab	1,43a	0,93a	0,27ab	0,11a
10. Sol. nut. no substrato	0,80b	0,07d	0,76cd	0,40c	0,06c	0,06ab
Teste F	18,18*	20,94*	17,21*	12,36*	60,00*	3,50*
Dms (Tukey a 5%)	0,31	0,09	0,41	0,34	0,06	0,05
CV (%)	12,33	13,10	18,28	26,24	14,71	28,57

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

O potássio não apresentou diferenças entre os teores nos tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 10, sendo que os tratamentos que tiveram o mesmo substrato não apresentaram diferenças de teores de K nos caules entre si. Idêntica constatação pode ser feita em relação aos teores de Ca, Mg e S nos caules, nos tratamentos estudados.

As dimensões dos caules de mudas de guaranazeiro são controladas geneticamente. Como o material ainda é pouco pesquisado é grande a variação de dimensões e massa, de cada muda de uma população. Isto talvez explique o alto coeficiente de variação (42,70%) obtido na análise estatística da acumulação de matéria seca pelos caules (ver Tabela 10).

Em um experimento preliminar realizado em condições semelhantes aos que atualmente se descreve, foram verificadas as dimensões dos caules de mudas de aproximadamente 10 meses de idade. O comprimento variou de 6,00 a 9,70 cm, enquanto que os diâmetros variaram de 9,60 a 15,60 mm, sem que estas variações pudessem ser atribuídas a efeitos dos tratamentos.

As relações entre os macronutrientes, a exemplo do que foi feito para as raízes, são apresentadas na Tabela 16.

Confrontando-se estas relações com as relações obtidas para as raízes (Tabela 14) apenas algumas observações devem ser acrescentadas. Os princípios gerais e implicações foram já discutidos em função das raízes.

TABELA 16 - Relações N/P, N/K, K/Ca, K/Mg em caules de mudas de guarana-zeiro em função dos tratamentos estudados.

Tratamentos	Relações			
	N/P	N/K	K/Ca	K/Mg
1. Testemunha	18,34abc*	1,37b	1,90	6,90bcd
2. Pulverização (15 dias)	19,84ab	1,32b	1,67	9,21b
3. Pulverização (30 dias)	24,60a	1,34b	1,73	8,28bc
4. Esterco de gado	5,57d	1,49ab	2,11	4,30d
5. Est. gado + Pulv. (15 dias)	5,33d	1,43b	1,78	3,62d
6. Est. gado + Pulv. (30 dias)	6,48cd	1,33b	1,79	4,47d
7. Esterco de galinha	1,84d	1,00b	1,54	5,21cd
8. Est. galinha + Pulv. (15 dias)	1,98d	1,02b	1,81	4,48d
9. Est. galinha + Pulv. (30 dias)	1,97d	1,53ab	1,57	5,35cd
10. Solução nutritiva no substrato	11,97bcd	2,01a	1,90	13,43a
Teste F	10,56*	3,20*	0,92ns	15,57*
Dms (Tukey a 5%)	12,46	0,55		3,72
CV (%)	52,71	18,70	19,66	23,62

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

A relação N/P dos caules de cada tratamento foi menor do que a respectiva relação N/P das raízes. Entre os tratamentos, o comportamento foi o mesmo, tanto nas raízes como nos caules.

As diferenças entre as relações N/K foram mais notáveis nas raízes do que nos caules, sendo que as relações N/K nos caules foram menores do que a respectiva relação N/K das raízes, com exceção

dos tratamentos 9 e 10. Isto é explicado pelo maior teor de K nos caules que nas raízes.

As relações K/Ca dos caules não apresentaram diferenças significativas, enquanto as relações K/Mg cresceram em todos os tratamentos em função tanto do aumento dos teores de K como da diminuição de Mg nos tecidos. Este comportamento está de acordo com a relação de antagonismo existente entre os dois elementos nas plantas e ocorreu com mais intensidade nos tratamentos que não receberam matéria orgânica (tratamentos 1, 2, 3 e 10).

4.1.4. Acumulação de nutrientes nas folhas

Na Tabela 17 encontram-se os teores dos macronutrientes nas folhas.

A variação dos macronutrientes nas folhas causadas pelos vários tratamentos praticamente segue os mesmos padrões observados para os caules e raízes, com pequenas exceções.

O nitrogênio e o magnésio somente apresentaram diferenças entre os tratamentos que receberam matéria orgânica e os que não receberam.

O fósforo apresentou os maiores teores nos tratamentos 7, 8 e 9 que diferiram estatisticamente dos demais. Os tratamentos 1, 3, 4, 5, 6 e 10 não apresentaram diferenças entre si, o mesmo ocorrendo com os tratamentos 1, 2, 3, 6 e 10.

TABELA 17 - Acumulação média de macronutrientes pelas folhas de mudas de guaranazeiro em função de tipos de substrato e modos de aplicação de nutrientes.

Tratamentos	Teores (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
1. Testemunha	1,63b	0,12bc	0,85b	0,37c	0,18b	0,19abc
2. Pulverização (15 dias)	1,48b	0,06c	1,05b	0,37c	0,14b	0,14cd
3. Pulverização (30 dias)	1,59b	0,17bc	0,89b	0,46bc	0,18b	0,09d
4. Esterco de gado	2,37a	0,27b	0,99b	0,53bc	0,36a	0,27a
5. Est. gado + Pulv. (15 d)	2,52a	0,27b	1,01b	0,57b	0,36a	0,18bc
6. Est. gado + Pulv. (30 d)	2,38a	0,18bc	1,05b	0,62b	0,36a	0,16bcd
7. Esterco de galinha	2,72a	0,99a	1,97a	1,15a	0,42a	0,17bc
8. Est. gal. + Pulv. (15 d)	2,53a	1,10a	1,86a	1,02a	0,43a	0,13cd
9. Est. gal. + Pulv. (30 d)	2,68a	1,04a	2,14a	1,18a	0,44a	0,22ab
10. Sol. nutritiva no subst.	1,53b	0,16bc	1,19b	0,36c	0,12b	0,16bcd
Teste F	26,68*	117,79*	21,18*	68,06*	68,00*	9,41*
Dms (Tukey a 5%)	0,48	0,19	0,51	0,19	0,08	0,08
CV (%)	9,32	17,73	16,30	11,97	3,33	49,41

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

Para o potássio só houve diferença entre os tratamentos 7, 8 e 9, que apresentaram os maiores teores, e os demais tratamentos. O cálcio apresentou idêntico comportamento ao potássio, porém o tratamento 4 não foi diferente dos tratamentos sem matéria orgânica.

O enxofre foi o único elemento a apresentar comportamento diferente dos demais, exibindo um padrão de variação diverso nas raízes, caules e folhas. Ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos com pulverização e sem pulverização. Os tratamentos 4 e 9 apresentaram os maiores teores de S, sendo que este último não diferiu dos tratamentos 1, 5, 6, 7 e 10. O tratamento 3 apresentou o teor mais baixo de S, não diferindo entretanto, dos tratamentos 2, 6, 8 e 10.

A comparação entre os teores apresentados pelas folhas das mudas com os teores de folhas de plantas adultas, cultivadas em condições de campo, permitiram diversas considerações.

A seguir, apresenta-se os teores médios de macronutrientes das folhas de 5 plantas de alta produção, utilizadas no experimento com plantas adultas em Maués-AM e discutido no item 4.2.

Produção média kg/pê	Teores de macronutrientes (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
6,00	4,45	0,31	0,96	0,13	0,17	0,18

Comparando-se estes teores, com os de macronutrientes nas folhas das mudas do tratamento 4, que foi o que mais acumulou matéria seca (ver Tabela 17) vê-se que os resultados para P e K são semelhantes. As mudas apresentam teores mais elevados de Ca, Mg e S, enquanto que as folhas de plantas adultas apresentaram maiores teores de N. Comparando-se agora com o tratamento 10, o que menos acumulou matéria seca, observa-se que as mudas apresentaram teores menores de N, P, Mg, teores mais elevados de K e Ca e teores semelhantes de S.

Por outro lado, a comparação com o tratamento 9, que juntamente com os tratamentos 7 e 8 acumularam mais macronutrientes, mostra que estes tratamentos, a exceção do N, cujo teor nas folhas de plantas adultas foi 1,66 vezes mais alto que nas folhas das mudas, apresentou todos os outros macronutrientes em teores mais elevados que nas folhas de plantas adultas.

As comparações acima podem ser utilizadas para explicar as diferenças de acumulação de nutrientes verificadas entre os tratamentos, bem como a acumulação de matéria seca.

No caso dos tratamentos que não receberam matéria orgânica (tratamentos 1, 2, 3 e 10), pode-se verificar que os teores de N e P foram os mais limitantes, quando comparados com os teores das folhas de plantas adultas. Este comportamento aparentemente está de acordo com a análise química dos componentes do substrato (ver Tabela 5), que mostra baixos teores de N (cálculo indireto, a partir da matéria orgânica), e P, e teores um pouco mais elevados de Mg e Ca. A limitação dos teores de N e P pode dessa forma estar relacionada ao pouco desenvolvimento das mudas destes tratamentos.

Uma consideração especial deve ser feita em relação ao tratamento 10, que de maneira geral não apresentou diferença dos tratamentos 1, 2 e 3, embora recebendo solução pelas raízes. Como foi feita apenas uma aplicação, é provável que a baixa CTC do substrato, juntamente com o período relativamente longo de regas a que o tratamento foi submetido (7 a 8 meses) tenham contribuído para a completa lixiviação dos elementos aplicados. O P, aplicado em pequena quantidade, pode ter sofrido processos de retenção, o que em geral impediu um acréscimo de disponibilidade da já existente no solo.

Os teores de nutrientes dos tratamentos que receberam esterco de gado (4, 5 e 6), não foram diferentes entre si, exceção feita para o S. Comparados com os teores nas folhas de plantas adultas, apenas o N apresenta um teor mais baixo, o que pode ser explicado pelo baixo teor de N demonstrado pelo esterco de gado, além de problemas de imobilização de N pelos microorganismos, já discutida anteriormente. Esta restrição, entretanto, embora não permitindo o máximo desenvolvimento absoluto do tratamento 4, permitiu o máximo desenvolvimento relativo. O teor de S, diferente dos tratamentos 5 e 6, pode estar relacionado às diferenças de acumulação de matéria seca entre estes tratamentos.

Deve-se fazer uma ressalva quanto aos teores de Ca e Mg, que nas folhas de plantas adultas aparentemente estão em níveis baixos, o que é reforçado pelas correlações positivas desses elementos com a produção, o que será posteriormente discutido.

Já os tratamentos que receberam esterco de galinha (tratamentos 7, 8 e 9) com exceção do N, apresentaram todos os teores de macronutrientes mais elevados que nas folhas de plantas adultas. Este comportamento pode ser explicado como um "efeito de concentração", com os outros macronutrientes atingindo o nível de "consumo de luxo" em função da deficiência de N.

Comparando-se os tratamentos que foram adubados pelas folhas, com os que não sofreram esta prática, vê-se que apenas o enxofre apresentou diferenças de teores significativas estatisticamente. Mesmo assim, o maior teor de S em tratamento pulverizado, ocorreu no caso do tratamento 9. Os tratamentos que sofreram maior número de pulverizações,

apresentaram menores teores de S (tratamentos 2, 5 e 8) do que os que não foram pulverizados (tratamentos 1 e 4).

Como já foi discutido anteriormente, estas evidências indicam que, no presente caso, foram mínimas as vantagens da absorção foliar, possivelmente em virtude de uma baixa absorção de nutrientes pelas folhas.

Estudando a anatomia da folha do guaranázeiro, AREIA (4) verificou que as folhas adultas possuem epiderme uniestratificadas em ambas as faces. Pelos uni e pluricelulares são encontrados nas duas faces. Tanto a epiderme superior quanto a inferior são providas de cutícula de 2 micra na face superior e um pouco menos espessa na epiderme inferior.

Os estômatos são numerosos, de 280 a 320/mm². Medem de 32 a 39 micra de diâmetro e possuem estíolo frequentemente sinuoso ou denteado. A célula estomática é recoberta por espessa camada cuticular.

As paredes celulares das células da epiderme são espessadas por camadas cutinizadas.

CAMARGO (9) classifica os fatores que influenciam a absorção foliar em 4 grupos: (1) fatores inerentes a folha; (2) fatores inerentes aos nutrientes; (3) fatores inerentes a solução de nutrientes; (4) fatores externos.

Entre os fatores inerentes as folhas, a espessura da cutícula, frequência estomatal, frequência de plasmodesmas, riqueza de ceras na cutícula e nas paredes celulares, afetam a absorção iônica de nutrientes. Alta pilosidade nas folhas dificulta o contato da solução com a superfície foliar.

Os caracteres anatômicos da folha do guaranazeiro, aparentemente não são vantajosos para a absorção de nutrientes. A cutícula espessa, com pelos e possivelmente com teor variável de ceras, deve apresentar fenômeno de hidrorrepelência, o que tem grande efeito na eficiência das pulverizações.

SILVA-FERNANDES (58) classificam as superfícies foliares em 3 grupos, de acordo com a sua molhabilidade: (1) superfícies de forte hidrorrepelência; (2) superfície de forte hidroafinidade; (3) superfícies difíceis de molhar, embora as gotinhas se espalhem prontamente. Neste 3º grupo, é classificado o café, o qual possui pouca cera na cutícula, mas é dificilmente molhável. O guaranazeiro possui muitas semelhanças com o cafeeiro, quanto ao tipo de folha .

Um outro aspecto da anatomia da folha do guaranazeiro aparentemente desfavorável a absorção é a conformação dos estômatos. Apesar de numerosos, os estíolos são denteados, o que deve dificultar a penetração de soluções por esta via. A presença de uma espessa camada cuticular, revestindo a célula estomática, como foi demonstrado por AREIA (4), aparentemente deve funcionar como uma barreira a mais, no processo de absorção foliar.

Os outros fatores arrolados por CAMARGO (9) como intervenientes na eficiência da absorção foliar possivelmente tiveram menor influência no presente trabalho, uma vez que foram controlados para se obter máxima eficiência. Possivelmente, os aspectos desfavoráveis da anatomia da folha, devem ser responsáveis pela maior percentagem da ineficiência da prática testada.

As relações entre alguns macronutrientes, a exemplo do que foi feito com as raízes e com os caules são apresentadas na Tabela 18.

Aparentemente, as relações N/P e N/K apresentaram maior importância do que as outras, sendo que a relação K/Ca não apresentou significância estatística, enquanto a relação K/Mg pouco variou, entre os tratamentos.

Pela Tabela 18, verifica-se que as diferenças estatísticas significativas na relação N/P, ocorreram entre os tratamentos com esterco de galinha e os tratamentos 1 e 2. Entre os grupos cultivados no mesmo substrato apenas o tratamento 2 diferiu dos tratamentos 1, 3 e 10.

Para a relação N/K os três primeiros tratamentos e os 4 últimos não apresentaram diferenças entre si. Os tratamentos restantes (tratamentos 4, 5 e 6) apesar de estatisticamente diferentes dos tratamentos 2, 7, 9 e 10, não diferiram da testemunha, sendo por isso difícil relacionar estas relações com a acumulação de matéria seca.

TABELA 18 - Relações N/P, N/K, K/Ca e K/Mg em folhas de mudas de guarana zeiro, em função dos tratamentos estudados.

Tratamentos	Relações			
	N/P	N/K	K/Ca	K/Mg
1. Testemunha	14,72b*	1,92abc	2,30	4,85bc
2. Pulverização (15 dias)	25,60a	1,43c	2,90	7,94b
3. Pulverização (30 dias)	10,24bc	1,80bc	1,96	4,99bc
4. Esterco de gado	8,71bcd	2,39ab	1,87	2,78c
5. Est. gado + Pulv. (15 dias)	9,48bcd	2,58a	1,73	2,65c
6. Est. gado + Pulv. (30 dias)	13,74b	2,30ab	1,68	2,94c
7. Esterco de galinha	2,75cd	1,38c	1,73	3,76bc
8. Est. gal. + Pulv. (15 dias)	2,32d	1,83bc	3,32	4,36bc
9. Est. gal. + Pulv. (30 dias)	2,59cd	1,28c	3,28	4,63bc
10. Sol. nut. no substrato	10,35bc	1,30c	5,78	10,75a
Teste F	18,38*	12,37*	1,69ns	8,24*
Dms (Tukey a 5%)	7,94	0,68		4,30
CV (%)	32,74	15,73	73,68	35,74

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

A relação N/P nas folhas pode ser afetada por deficiência ou excesso de N, causando a deficiência ou excesso de P e vice-versa. BAKER & TUCKER (5), verificaram que, no trigo de inverno as plantas deficientes de P tendem a acumular mais nitrogênio nítrico do que plantas normais.

BEAUFILS (6) baseado em diversos resultados de ensaios fatoriais de adubação em milho, e análises foliares, elaborou uma escala de avaliação de relações entre N, P e K em folhas de milho.

Pela escala de Beaufils, os valores obtidos para a relação N/P da Tabela 18 teriam a seguinte distribuição:

<u>Tratamento</u>	<u>Relação N/P</u>	<u>Classificação</u>
2	$> 25,28$	severo excesso
1 e 6	de 12,56 a 25,28	excesso
3,4,5 e 10	de 8,99 a 11,37	ótimo
7, 8 e 9	$< 4,05$	severa deficiência

Esta classificação está de acordo com o que foi discutido anteriormente, isto é, que os tratamentos 7, 8 e 9 apresentavam deficiência de N. Por outro lado o tratamento 2 classificado em "severo excesso" pode ser justificado pela deficiência de P. Apenas a classificação dos tratamentos 3 e 10 como "ótimos", discorda das discussões anteriores.

As relações entre os teores dos macronutrientes em raízes, caules e folhas, apresentaram algumas particularidades que merecem ser apontadas. (Para melhor visualização, apresenta-se o conjunto de todos os teores estudados, em raízes, caules e folhas, na Tabela 19).

O nitrogênio acumulou-se principalmente nas folhas, seguido pelas raízes. A distribuição de N nas plantas aparentemente foi pouco afetada pelos tratamentos, uma vez que, a relação N-raízes/N-caules variou de 1,19 a 1,65 enquanto a relação N folhas/N caules variou de 1,90 a 2,35.

TABELA 19 - Acumulação de macronutrientes (%) em raízes, caules e folhas de mudas de guaranazeiro, em função de tipos de substrato e modos de aplicação de nutrientes.

Tratamentos	Partes da planta	Teores (%)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
1	Raiz	1,14	0,06	0,45	0,09	0,11	0,11
	Caule	0,69	0,05	0,51	0,26	0,07	0,07
	Folha	1,63	0,12	0,85	0,37	0,18	0,19
2	Raiz	1,16	0,04	0,47	0,12	0,11	0,14
	Caule	0,73	0,04	0,55	0,33	0,06	0,07
	Folha	1,48	0,06	1,05	0,37	0,14	0,14
3	Raiz	1,07	0,05	0,44	0,12	0,12	0,15
	Caule	0,69	0,03	0,51	0,30	0,06	0,08
	Folha	1,59	0,17	0,89	0,45	0,18	0,09
4	Raiz	1,57	0,15	0,66	0,20	0,25	0,18
	Caule	1,18	0,21	0,89	0,43	0,21	0,09
	Folha	2,37	0,27	0,99	0,53	0,36	0,27
5	Raiz	1,58	0,18	0,70	0,27	0,32	0,16
	Caule	1,20	0,23	0,85	0,49	0,24	0,07
	Folha	2,52	0,27	1,01	0,57	0,36	0,18
6	Raiz	1,52	0,15	0,67	0,22	0,27	0,17
	Caule	1,20	0,19	0,92	0,52	0,21	0,05
	Folha	2,38	0,18	1,05	0,62	0,36	0,16
7	Raiz	1,64	0,46	1,12	0,49	0,37	0,18
	Caule	1,31	0,72	1,35	0,89	0,26	0,10
	Folha	2,72	1,00	1,97	1,15	0,42	0,17
8	Raiz	1,60	0,47	1,32	0,48	0,35	0,21
	Caule	1,22	0,61	1,24	0,75	0,28	0,06
	Folha	2,53	1,10	1,86	1,02	0,43	0,13
9	Raiz	1,61	0,50	1,27	0,52	0,41	0,18
	Caule	1,36	0,70	1,43	0,93	0,27	0,11
	Folha	2,68	1,04	2,14	1,15	0,44	0,20
10	Raiz	1,07	0,07	0,56	0,15	0,11	0,14
	Caule	0,80	0,07	0,76	0,40	0,06	0,06
	Folha	1,53	0,16	1,19	0,35	0,12	0,16

O fósforo na maioria dos tratamentos acumulou-se principalmente nas folhas (a exceção do tratamento 6). Nos tratamentos que receberam matéria orgânica, houve maior acumulação de P em caules, enquanto nos restantes, os maiores teores foram encontrados nas raízes. As relações P-raízes/P-caules e P-folhas/P-caules variaram de 0,64 a 1,34 e 0,97 a 5,00 respectivamente, indicando grandes variações de distribuição de P nas plantas em função dos tratamentos.

Os teores de potássio foram maiores nas folhas, seguido pelos caules e raízes, sem entretanto apresentar diferenças notáveis entre os tratamentos. A relação K-raízes/K-caules variou de 0,72 a 1,07 enquanto a relação K-folhas/K-caules variou de 1,12 a 1,90.

Os teores de cálcio foram maiores nas folhas, seguido pelos caules e raízes. A influência dos tratamentos sobre a distribuição do elemento nas mudas, foi pequena considerando-se a variação da relação Ca-raízes/Ca-caules (0,35 a 0,64) e Ca-folhas/Ca-caules (0,89 a 1,51).

O magnésio apresentou maiores teores nas folhas, seguido pelas raízes e caules. A distribuição foi pouco afetada pelos tratamentos, como indicam as relações Mg-raízes/Mg-caules (1,21 a 1,92) e Mg-folhas/Mg-caules (1,53 a 2,72).

O enxofre apresentou uma distribuição muito variável, sendo que, ora as raízes ora as folhas apresentaram maiores teores. Nos tratamentos 2, 3, 6, 7 e 8 as raízes apresentaram maiores teores, enquanto os tratamentos restantes, a maior concentração ocorreu nas folhas. As relações S-raízes/S-caules e S-folhas/S-caules variaram com os tratamentos, sendo de 1,49 a 3,45 e 1,23 a 3,14, respectivamente.

Uma observação interessante é que as distribuições de macronutrientes entre raízes, caules e folhas se assemelharam bastante entre os tratamentos 4 e 9, de maiores produções de matéria seca, diferindo entretanto do tratamento 10, e que menos acumulou matéria seca. As relações verificadas nos 3 tratamentos para efeito de comparação, estão na Tabela 20.

TABELA 20 - Relações entre os teores de macronutrientes nas raízes, caules e folhas de mudas de guaranazeiro, em alguns tratamentos do experimento sobre nutrição de mudas de guaranazeiro.

Tratamentos	Relação	Macronutrientes					
		N	P	K	Ca	Mg	S
4. Esterco de gado	Raízes/ caules	1,33	0,71	0,74	1,21	0,46	1,91
	Folhas/ caules	2,01	1,28	1,12	1,72	1,23	2,81
9. Est. galinha + Pulverização (30 d)	Raízes/ caules	1,20	0,71	0,89	1,53	0,56	1,68
	Folhas/ caules	1,97	1,48	1,49	1,67	1,24	1,84
10. Solução nutritiva no substrato	Raízes/ caules	1,33	0,96	0,73	0,38	1,83	2,34
	Folhas/ caules	1,90	2,16	1,56	0,89	2,00	2,58

Pelo exposto pode-se supor que a distribuição de alguns macronutrientes sofre influências dos tratamentos estudados e tem alguma relação com a acumulação de matéria seca dos diversos tratamentos.

4.1.5. Quantidades de nutrientes extraídas

As mudas individualmente extraíram quantidades variáveis de macronutrientes, em função dos diversos tratamentos. As Tabelas 21 e 22 mostram a extração de macronutrientes pela planta toda, por raízes, caules e folhas, respectivamente.

As folhas de maneira geral extraíram maiores quantidades de macronutrientes, seguidos das raízes e dos caules. O N foi o macronutriente extraído em maior quantidade, seguido do K e do Ca.

Nas folhas, o fósforo, passou a se constituir no 3º elemento em ordem de exigência, com valores muito próximos do Ca, nos tratamentos 7, 8 e 9.

Não será feita a análise de extração de macronutrientes por tratamentos e por partes das mudas, uma vez que ~~apresentaria~~ redundâncias com o que já se discutiu anteriormente. Em vez disso, serão rapidamente discutidos os dados da extração total, expressos na Tabela 22, aparentemente de maior interesse.

O tratamento 4, que apresentou a maior acumulação de matéria seca, retirou a maior quantidade de N, seguido pelo tratamento 9. A menor quantidade foi retirada pelo tratamento 10, bastante próxima dos tratamentos 1, 2 e 3. Em todos os tratamentos, o N foi o macronutriente mais extraído pelas mudas, o que indica exigência da planta por este elemento. As quantidades extraídas de N em cada tratamento estão de acordo com os dados de acumulação de matéria seca.

TABELA 21 - Quantidades totais de macronutrientes (mg) extraídas por mudas de guaranazeiro, em função dos tipos de substratos e modos de aplicação de nutrientes.

Tratamentos	Quantidades extraídas (mg)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
1. Testemunha	19,50	1,30	9,84	3,80	2,06	2,12
2. Pulverização (15 dias)	18,39	0,66	11,15	4,23	1,68	1,92
3. Pulverização (30 dias)	17,59	1,02	9,30	4,35	1,90	1,70
4. Esterco de gado	73,28	8,72	33,89	16,41	11,52	8,04
5. Est. gado + Pulv. (15 dias)	50,66	6,09	22,80	11,65	8,26	3,96
6. Est. gado + Pulv. (30 dias)	53,06	4,83	24,26	13,82	8,55	4,09
7. Esterco de galinha	37,31	13,81	28,20	15,96	6,62	11,85
8. Est. gal. + Pulv. (15 dias)	36,56	14,98	28,87	14,80	6,90	2,51
9. Est. gal. + Pulv. (30 dias)	59,80	23,53	50,30	27,40	11,31	4,99
10. Solução nut. no substrato	15,00	1,34	10,97	3,83	1,29	1,58

Em relação ao fósforo, verifica-se que os tratamentos 1, 2, 3 e 10 retiraram quantidades de até 10 vezes menores que o tratamento 4, o que está de acordo com o baixo teor de P nos substratos. Os tratamentos 7, 8 e 9 entretanto, extrairam até 3 vezes mais P, sem aumentar o crescimento, o que define o "consumo de luxo" de elemento, e o provável efeito de acumulação, em função da deficiência de N.

O potássio foi o segundo macronutriente mais requerido pelas mudas. O tratamento 9 extraiu a maior quantidade, sendo seguido pelo tratamento 4.

TABELA 22 - Quantidades de macronutrientes (mg) extraídas por raízes, caules e folhas de mudas de guaranazeiro em função de tipos de substratos e modos de aplicação de nutrientes.

Tratamentos	Parte da planta	Quantidades (mg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
1	Raiz	6,90	0,40	2,70	0,50	0,70	0,70
	Caule	2,80	0,20	2,04	1,08	0,28	0,28
	Folha	9,80	0,70	5,10	2,22	1,08	1,14
2	Raiz	6,70	0,20	2,70	0,70	0,60	0,80
	Caule	2,99	0,16	2,25	1,35	0,25	0,29
	Folha	8,70	0,30	6,20	2,18	0,83	0,83
3	Raiz	6,30	0,30	2,50	0,70	0,70	0,90
	Caule	2,69	0,12	1,99	1,17	0,23	0,31
	Folha	8,60	0,90	4,81	2,48	0,97	0,49
4	Raiz	13,60	1,70	5,70	1,70	2,20	1,60
	Caule	9,68	1,72	7,30	3,53	1,72	0,74
	Folha	50,00	5,70	20,89	11,18	7,60	5,70
5	Raiz	9,50	1,10	4,20	1,10	1,90	1,00
	Caule	5,16	0,99	3,65	2,11	1,03	0,30
	Folha	36,00	4,00	14,95	8,44	5,33	2,66
6	Raiz	10,90	1,10	4,80	1,60	1,90	1,20
	Caule	5,88	0,93	4,51	2,55	1,03	0,24
	Folha	37,00	2,80	16,38	9,67	5,62	2,65
7	Raiz	8,80	2,50	6,00	2,60	2,00	1,00
	Caule	5,11	2,81	5,26	3,47	1,01	0,39
	Folha	23,40	8,50	16,94	9,89	3,61	1,46
8	Raiz	8,80	2,60	7,10	2,60	1,90	1,10
	Caule	4,76	2,38	4,84	2,92	1,09	0,23
	Folha	23,00	10,00	16,93	9,28	3,91	1,18
9	Raiz	12,50	3,90	9,90	4,00	3,20	1,40
	Caule	10,90	5,53	11,30	7,35	2,13	0,87
	Folha	36,40	14,10	29,10	16,05	5,98	2,72
10	Raiz	4,90	0,30	2,60	0,70	0,50	0,60
	Caule	2,80	0,24	2,66	1,40	0,21	0,21
	Folha	7,30	0,80	5,71	1,73	0,58	0,77

As extrações de cálcio e magnésio foram semelhantes a do potássio, valendo as mesmas considerações. O enxofre, entretanto, foi mais extraído pelo tratamento 7, o que pode ser apontado como "consumo de luxo", uma vez que o valor com o melhor desempenho na produção de matéria seca foi o do tratamento 4.

Os tratamentos que extraíram as maiores quantidades de nutrientes foram os tratamentos 9 e 4, com uma extração total de macronutrientes de 177,33 mg e 151,86 mg. Considerando-se as quantidades de nutrientes fornecidas pelos seus substratos, só a fração orgânica poderia fornecer 900 mg de P e 396 mg de K, para o esterco de gado e 7.760mg de P e 4.120 mg de K, para o esterco de galinha. Estas quantidades representam no mínimo mais de 10 vezes as maiores extrações de P e 8 vezes as maiores extrações de K. O N não foi calculado devido aos problemas de disponibilidade já discutidos.

A finalidade dos cálculos acima foi demonstrar que, nas condições do experimento, o substrato com esterco de gado apresentou condições de suprir as necessidades químicas das mudas, havendo alguma dúvida quanto ao nitrogênio, principalmente para o esterco de galinha, devido a problemas de imobilização biológica do N.

4.2. Levantamento do estado nutricional de cultivos de guaraná em Maués-AM

A diagnose foliar pode ser utilizada como um meio de avaliação do estado nutricional de uma cultura instalada, segundo ULRICH & HILLS (63). Esta aplicação, denominada originalmente de "nutrient sur

vey", pode conduzir a detecção das deficiências nutricionais mais evidentes, controlar a eficácia dos programas de adubação, identificar áreas onde estudos sobre adubação são requeridos.

Este método possui limitações, conforme foi demonstrado no item 2.3. Além das limitações do método, a alternância das produções, decorrente de uma interação dos fatores dos quais a nutrição é um deles, e a amostragem, utilizada pela primeira vez na cultura do guaraná, poderão se constituir em outros fatores limitantes a um máximo aproveitamento dos resultados desse estudo.

4.2.1. Produção de frutos

Nas quatro localidades escolhidas, ocorreram variações entre as produções de frutos, tanto entre árvores, como entre locais. A Tabela 23 apresenta a produção de sementes não torradas de guaraná(*), em cada uma das localidades estudadas.

Verificam-se que as produções variaram de 0 a 8,06 kg de sementes por pé, nas localidades estudadas. As médias de produções entre as áreas estudadas apresentaram as localidades III e IV, ambas situadas na propriedades do Sr. Magnani com as maiores produções médias, sendo que a localidade II, situada na propriedade do Sr. Desideri, apresentou a menor produção média. Estatisticamente não houve diferenças significativas entre as médias de I, III e IV, sendo que III e IV diferiram estatisticamente de II.

(*) Os frutos de guaraná são colhidos manualmente, despulpados, e as sementes torradas em fornos rústicos, a semelhança do café.

TABELA 23 - Produção de sementes (g) não torradas de guaraná em quatro localidades do Município de Maués-AM.

Plantas	L O C A I S			
	I	II	III	IV
1	1950	425	1850	
2		335	1075	1920
3		1255	950	2925
4		2900	1250	1300
5		450	1525	1070
6	1945	100	2232	1825
7	2235	675	1725	1275
8		775	2075	2400
9	2525	1250	1470	6020
10	1150	750	1500	1670
11		500	1575	1800
12		1550	1150	975
13	1500	725	1710	875
14			1550	2620
15		2075	3700	1100
16		250	1625	2425
17	650	75	2815	1285
18		375	1375	1200
19		175	1695	900
20		1350	2425	950
21	225	375	2225	4450
22		1550	750	2225
23		350	4575	2125
24	1515	250	4400	1475
25	2470	75	3850	1500
26	1300	300	2775	2600
27	4785		1745	1450
28	1595	1275	1550	1475
29		2075	1800	1525
30		400	1360	1525
31			2075	1200
32	2385	1225	1975	2100
33	1740	675	1475	1605
34	7880	200	3150	800
35	4600		2750	800
36	2000	1175	4710	725
37	2950			550
38	915	150	800	750
39	8060	125	1875	4025
40	375	700		2925
MÉDIAS	1368,75ab*	672,25b	1972,80a	1759,12a
Teste-F = 7,75*	Dms (Tukey a 5%) = 755,53 CV % = 89,72			

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

A produção média, apesar de muito importante no cômputo da produtividade dos guaranazais, foi comprometida como indicador pelo menos no caso da localidade I. Nesse caso, as produções variaram de 0 a 8,06 g/pé, sendo que 18 das 40 plantas escolhidas como amostra não produziram. Eliminando-se estas plantas, a produtividade média seria de 2.644,17 g/pé, aproximadamente 2 vezes maior que a verificada. Possivelmente um efeito de alternância, somado a desuniformidade de implantação do guaranazal devem estar ligados a este fenômeno. Os locais III e IV apresentaram maior uniformidade de produção, com apenas 3 plantas não produzindo nas duas áreas.

Nos locais I e III, as plantas não foram adubadas, enquanto II e IV receberam adubos, conforme foi descrito no item 3.2. Os resultados das análises de solos das quatro localidades estão descritas no mesmo item.

Inicialmente, verifica-se que a prática da adubação executada não apresentou efeitos visíveis sobre a produção de frutos. As áreas não adubadas apresentaram desempenhos semelhantes às áreas adubadas, sendo que a área II, que recebeu adubos, apresentou a menor produção média.

A análise dos solos das quatro áreas não apresentaram diferenças marcantes nos teores de elementos entre os solos não adubados e adubados.

O total de $Al^{3+} + H^+$ representa a acidez titulável dos solos, segundo CATANI & BITTENCOURT (16). Na Tabela 7, verifica-se que os locais I e II apresentaram os maiores teores de acidez titulável, sendo que na propriedade do Sr. Desideri (local II), que apresentou a me

nor produção média, o teor de $Al^{3+} + H^+$ foi igual a 16,32 emg/100g de terra, enquanto no local IV (propriedade do Sr. Magnani) o teor foi de 12,13 emg/100g de terra. Este resultado está de acordo com a observação de Quentin, citado por MOREIRA FILHO (49), e descrita no item 2.1 deste trabalho.

A não observância de efeitos da adubação sobre as propriedades químicas dos solos, ou sobre as produções médias de frutos podem ser explicadas em função das características dos solos amazônicos, já apresentados na revisão de literatura. Foi mostrado que os solos apresentam boas profundidades e drenagem, sendo altamente lixiviados, o que pode ter provocado um baixo aproveitamento do N.

Foi visto que os latossolos amazônicos possuem alta capacidade de retenção do P aplicado (ver ítem 2.1). Este fenômeno aliado a pequena quantidade do P aplicado, podem explicar o comportamento verificado em relação a adubação fosfatada.

Em relação ao K, a baixa CTC dos latossolos pode aparentemente ter contribuído para que o nutriente permanecesse na solução do solo, contribuindo para a sua rápida lixiviação. Por outro lado, um fator que tem caráter geral e que pode mascarar os resultados analíticos de áreas adubadas e não adubadas são os extratores utilizados, pouco específicos para solos tropicais, pelo menos no caso do P e do K.

Na faixa de acidez apresentada pelos solos das quatro áreas (pH 4,2 a 4,6) a disponibilidade dos nutrientes não é a mais adequada para os vegetais. Segundo CATANI & BITTENCOURT (16) na faixa de pH entre 4,0 e 5,0 a solubilidade e/ou disponibilidade dos nutrientes é

pouco vantajosa para os vegetais. O N, P, K, Ca, Mg, S e Mo sofrem de restrições nesta faixa. Os micronutrientes B, Cu, Zn, Fe e Mn podem até atingir níveis tóxicos. O Cl é praticamente indiferente a acidez.

Estas constatações podem ser relacionadas tanto com as baixas produções médias, como com os teores dos elementos nas folhas. Dessa forma, os teores de macronutrientes nas folhas deverão apresentar algumas evidências sobre as propriedades químicas dos solos e sobre as respostas do guaranazeiro a estas propriedades.

4.2.2. Relações entre os teores de macronutrientes nas folhas e a produção

4.2.2.1. Nitrogênio

Foi determinado o teor de N amoniacal total nas folhas e pequena parte do N em outros níveis de oxidação (SARRUGE & HAAG, (57)). Os teores de N nas folhas utilizadas como amostras, nos quatro locais em estudo estão expressos na Tabela 24.

Os teores de nitrogênio nas folhas variaram de 2,23 a 6,10% da matéria seca. O local III apresentou o teor médio mais alto de N, diferente do teor médio no local II, que foi o mais baixo.

O teor médio de N nos locais levantados mostrou-se relacionado com as produções médias de frutos. O maior teor médio de N nas folhas correspondeu a maior produção média de frutos (local III). O menor teor médio de N correspondeu ao menor índice médio de produção de frutos (local II).

TABELA 24 - Teores de nitrogênio em folhas de guaranazeiro em quatro localidades do Município de Maués-AM.

Plantas	Teores de N% nos locais			
	I	II	III	IV
1	q 3,79	4,55	4,55	4,17
2	4,09	4,10	5,14	4,44
3	4,69	2,31	4,49	5,56
4	4,48	3,29	4,87	4,45
5	4,76	3,99	4,41	4,01
6	4,65	4,70	3,99	4,48
7	3,78	4,73	4,66	4,47
8	3,81	3,81	3,64	4,27
9	4,21	3,85	4,73	4,48
10	4,45	3,50	3,75	3,99
11	3,92	3,22	4,68	4,27
12	4,94	3,57	4,94	4,10
13	3,75	5,45	3,08	4,26
14	4,13	4,20	3,92	3,79
15	3,94	2,27	3,79	4,14
16	3,93	3,95	4,51	3,60
17	3,75	3,44	4,17	3,44
18	4,52	3,47	4,72	4,06
19	4,07	4,14	5,53	4,72
20	3,82	2,97	4,58	4,27
21	3,92	3,67	4,23	4,96
22	3,22	3,71	4,23	4,62
23	4,68	4,76	4,59	4,07
24	3,95	3,69	4,63	3,72
25	4,70	4,45	4,35	3,33
26	4,13	3,90	4,73	3,96
27	4,28	4,97	4,30	3,67
28	3,99	4,06	4,06	4,16
29	4,98	3,21	4,46	3,70
30	4,56	3,70	6,10	4,33
31	4,65	4,16	4,65	4,27
32	4,27	4,03	4,30	4,42
33	3,89	5,32	3,42	4,44
34	4,97	4,65	3,64	3,53
35	4,90	2,23	4,84	2,97
36	3,43	4,38	4,27	4,68
37	5,25	4,87	4,87	3,86
38	4,10	4,45	3,49	4,34
39	3,84	2,63	3,77	3,65
40	3,85	4,82	3,75	2,77
MÉDIAS	4,23ab*	3,93b	4,37a	4,11ab
Teste F = 2,96*	Dms (Tukey a 5%) = 0,41			CV = 16,59

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

Os estudos de correlação efetuados entre o teor de N nas folhas e as produções individuais de frutos, apresentam os seguintes resultados, de acordo com as áreas levantadas:

<u>Localidades</u>	<u>Coefficiente de correlação</u>
I. Belém (não adubado)	0,39 ns
II. Desideri (adubado)	-0,40* (significativo a 5%)
III. Magnani (não adubado)	-0,05 ns
IV. Magnani (adubado)	0,16 ns

Apenas o local II mostrou correlação negativa entre os teores nas folhas e a produção individual de frutos. No local I onde o coeficiente de correlação foi positivo e quase igual em valor numérico ao do local II, o menor número de pares correlacionados fez com que este índice não apresentasse significância estatística. Os outros dois coeficientes não apresentaram significação estatística, indicando pouca correlação entre o teor de N nas folhas e a produção de frutos nestes locais.

Aparentemente uma correlação negativa entre o teor de N nas folhas e a produção indicaria uma tendência a produção de frutos diminuir, a medida que crescesse o teor de N nas folhas. Entretanto, essa hipótese merece ser examinada levando-se em consideração outros aspectos.

Não foi medido o crescimento foliar das plantas amostradas. Entretanto, na época de coleta de folhas para a amostragem, foi observado que as plantas do local II (propriedade do Sr. Desideri) apresentavam menor abundância de lançamentos de ramos novos.

A menor abundância de lançamentos deve estar relacionada a uma menor massa foliar. Dentro de determinados limites, a maior massa foliar, deve se relacionar com a maior produção de frutos. Assim a diminuição de área foliar em algumas plantas pode ter provocado "efeito de concentração" de N, fazendo com que a correlação entre teor de N e a produção de frutos fosse significativa e negativa, isto entretanto, não significando que o nutriente em média não limitasse a produção, situando-se em níveis de deficiência na referida cultura (local II).

4.2.2.2. Fósforo

A Tabela 25, apresenta as concentrações de fósforo total encontradas nas folhas amostradas das plantas, nos locais em estudo.

O teor de P nas folhas variou de 0,17 a 0,48% da matéria seca. As plantas do local II apresentaram o maior teor médio de P, enquanto as plantas do local IV apresentaram o menor teor médio. O teor médio do local III não diferiu do local II e I, enquanto este último não diferiu estatisticamente do local IV.

As variações de teores médios aparentemente não estão relacionadas com as variações de teores de P no solo, revelados pela análise. Os solos dos locais I e III apresentaram os maiores teores de P, enquanto o local II apresentava o menor teor. Não houve entretanto a correspondente situação com o teor médio das folhas. O efeito da adubação fosfatada entretanto não foi evidenciado pelo teor nas folhas, uma vez que os locais adubados (locais II e IV), uma apresentou o maior teor médio de P, diferindo do teor médio do outro, que foi o menor. Aparente

mente houve diferenças de aproveitamento da adubação nos dois locais adubados, possivelmente em função do modo de aplicação de adubos, aplicado a lanço no local II e em sulcos de aproximadamente 3 cm de profundidade, no local IV.

O teor de P somente apresentou correlação negativa significativa com a produção nas plantas do local II. Nos demais locais, as correlações apresentaram coeficientes muito baixos. Os coeficientes de correlação (r) foram os seguintes:

<u>Localidades</u>	<u>Coefficiente de correlação (r)</u>
I. Belém (não adubado)	-0,05 ns
II. Desideri (adubado)	-0,47 *** (significativo a 1%)
III. Magnani (não adubado)	-0,06 ns
IV. Magnani (adubado)	-0,02 ns

Tanto o teor médio de P mais alto no local II, como a correlação negativa significativa entre o teor de P e a produção podem ser explicados como um efeito de concentração de P, em função de uma menor massa foliar das plantas, ou mesmo em função da deficiência de N. Dessa forma, nada indica que as plantas do local II tenham níveis suficientes de P, pois conforme foi mostrado por ULRICH & HILLS (63) quando ocorrem "efeitos de concentração" de um nutriente, em função de deficiências de outro nutriente, a correção da deficiência do segundo pode manifestar deficiências no primeiro.

Nos outros locais, que não apresentaram correlações entre o teor de P e a produção de frutos, pode-se supor que os teores de fósforo, nas condições do levantamento, apresentaram-se em níveis de suficiência para as plantas.

TABELA 25 - Teores de fósforo nas folhas de guaranazeiro em quatro localidades do Município de Maués-AM.

Plantas	Teores de P% nos locais			
	I	II	III	IV
1	0,28	0,42	0,30	0,26
2	0,27	0,36	0,35	0,30
3	0,30	0,18	0,32	0,38
4	0,32	0,27	0,37	0,34
5	0,39	0,36	0,31	0,28
6	0,34	0,48	0,28	0,33
7	0,28	0,36	0,33	0,27
8	0,27	0,36	0,29	0,29
9	0,28	0,32	0,38	0,29
10	0,29	0,36	0,28	0,25
11	0,25	0,30	0,34	0,25
12	0,32	0,20	0,29	0,28
13	0,27	0,46	0,24	0,30
14	0,28	0,30	0,37	0,29
15	0,26	0,26	0,32	0,34
16	0,37	0,35	0,32	0,25
17	0,26	0,30	0,34	0,19
18	0,31	0,30	0,34	0,29
19	0,27	0,32	0,39	0,35
20	0,39	0,29	0,34	0,27
21	0,32	0,36	0,31	0,25
22	0,24	0,32	0,34	0,27
23	0,33	0,40	0,37	0,27
24	0,29	0,41	0,37	0,23
25	0,34	0,36	0,37	0,22
26	0,35	0,35	0,29	0,27
27	0,30	0,43	0,32	0,28
28	0,30	0,34	0,34	0,26
29	0,30	0,31	0,28	0,30
30	0,32	0,34	0,45	0,29
31	0,33	0,34	0,31	0,26
32	0,35	0,32	0,33	0,28
33	0,27	0,37	0,23	0,27
34	0,32	0,42	0,26	0,26
35	0,38	0,33	0,29	0,17
36	0,28	0,34	0,30	0,38
37	0,31	0,30	0,30	0,25
38	0,30	0,39	0,26	0,28
39	0,23	0,20	0,21	0,25
40	0,32	0,38	0,20	0,24
MÉDIAS	0,30bc*	0,34a	0,32ab	0,28c
Teste F = 10,60*	Dms (Tukey a 5%) = 0,03 CV % = 8,09			

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

4.2.2.3. Potássio

As concentrações de potássio encontradas nas folhas estão expressas na Tabela 26.

O teor de K nas folhas apresentou uma dispersão de 0,22 a 2,42%, sendo que os maiores teores foram encontrados na propriedade do Sr. Belém (local I). Em consequência o local I apresentou o teor médio mais alto, diferente dos demais, que não apresentaram diferenças entre si.

Aparentemente, os teores encontrados nos solos não se relacionaram com os teores médios de K nas folhas, nos plantios pesquisados. O local I, onde as plantas apresentaram maiores teores de K, apresentou o menor teor de K trocável no solo. A adubação, efetuada nos locais II e IV, também não mostrou efeito na elevação dos teores de K nas folhas.

Tanto os dados da análise de variância, como as correlações entre os teores nas folhas e as produções permitem supor que as variações de teores de K nas folhas apresentaram pouco efeito nas variações de produções, nas condições deste trabalho. Os coeficientes de correlação entre a produção de frutos e o teor nas folhas são apresentados abaixo, verificando-se que nenhum deles apresentou significância estatística.

<u>Localidades</u>	<u>Coefficiente de correlação (r)</u>
I. Belém (não adubado)	-0,28 ns
II. Desideri (adubado)	-0,29 ns
III. Magnani (não adubado)	-0,07 ns
IV. Magnani (adubado)	-0,01 ns

TABELA 26 - Teores de potássio nas folhas de guaranazeiro em quatro localidades do Município de Maués-AM.

Plantas	Teores de K% nos locais			
	I	II	III	IV
1	0,66	0,50	0,87	0,82
2	1,02	1,07	0,95	0,97
3	0,92	0,46	0,84	1,19
4	0,98	0,87	1,00	0,83
5	1,08	0,85	0,75	1,08
6	0,89	0,86	0,75	0,99
7	0,86	0,57	1,03	0,82
8	0,99	0,88	0,72	0,98
9	1,06	0,88	0,66	0,83
10	1,00	0,91	0,40	1,12
11	0,95	0,77	0,71	0,67
12	1,19	0,71	0,60	0,88
13	1,06	1,22	0,61	1,00
14	1,06	1,00	1,16	1,06
15	0,86	0,22	0,79	0,81
16	2,42	0,72	0,71	0,79
17	1,62	0,83	0,62	0,78
18	1,42	0,84	0,87	0,94
19	1,17	1,11	0,85	0,92
20	1,75	0,55	0,66	0,62
21	1,72	0,74	0,81	0,90
22	1,15	0,59	0,85	0,90
23	1,63	0,92	1,04	0,90
24	1,59	0,92	0,92	1,10
25	1,86	0,80	0,73	1,00
26	1,58	0,90	0,73	1,03
27	1,92	0,76	0,99	1,00
28	2,09	0,75	0,61	0,87
29	1,66	0,82	0,91	1,47
30	1,93	0,87	1,38	0,84
31	0,89	0,72	0,89	0,84
32	1,05	0,57	1,03	0,88
33	0,74	0,82	0,45	0,94
34	0,73	0,97	0,61	0,94
35	0,90	0,78	0,72	0,59
36	0,91	0,96	0,59	0,98
37	1,09	0,88	0,51	0,67
38	0,97	0,82	0,74	0,67
39	0,66	0,35	0,85	0,67
40	0,80	0,83	0,80	0,64
MÉDIAS	1,22a*	0,79b	0,79b	0,90b
Teste F = 22,22*	Dms (Tukey a 5%) = 0,16		CV % = 29,50	

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

A elevação do teor médio de K, no local I, pode ser explicada em função de um efeito antagônico com o magnésio ou o boro, como postulam CAMARGO & SILVA (10). No caso do magnésio, cujos teores foram elevados e serão discutidos posteriormente, encontrou-se correlação positiva e significativa desse elemento com a produção no local I, e que pode indicar a ocorrência em níveis deficientes e justificar a acumulação de K nas plantas.

4.2.2.4. Cálcio

Os teores de cálcio nas folhas, nos diversos locais levantados, estão expressos na Tabela 27.

As plantas da propriedade do Sr. Desideri (local II) apresentaram os mais altos teores médios de cálcio, estatisticamente diferente dos demais, que não diferiram estatisticamente entre si. Os teores de cálcio nas folhas variaram de 0,04 a 0,42%, para as plantas amostradas.

A maior acumulação de Ca pelas plantas do local II pareceu estar relacionada ao teor de Ca^{2+} trocável no solo, e este a adubação. Nos locais II e IV foram aplicados superfosfato simples, que contém aproximadamente 20,40% de cálcio, praticamente a mesma quantidade de P_2O_5 . Como o cálcio não apresenta as mesmas propriedades do P, que apresenta fenômeno de retenção nos solos, a disponibilidade do cálcio é aparentemente maior do que a do P, quando se aplica o superfosfato simples nas adubações.

TABELA 27 - Teores de cálcio em folhas de guaranazeiro em quatro localidades do Município de Maués-AM.

Plantas	Teores de cálcio % nos locais			
	I	II	III	IV
1	0,11	0,15	0,11	0,05
2	0,14	0,20	0,10	0,12
3	0,06	0,42	0,07	0,10
4	0,09	0,30	0,09	0,10
5	0,15	0,20	0,08	0,13
6	0,06	0,19	0,06	0,09
7	0,18	0,16	0,08	0,07
8	0,08	0,11	0,10	0,07
9	0,16	0,11	0,11	0,10
10	0,09	0,16	0,17	0,06
11	0,10	0,18	0,09	0,11
12	0,06	0,14	0,13	0,16
13	0,09	0,12	0,24	0,08
14	0,07	0,14	0,09	0,09
15	0,16	0,26	0,09	0,10
16	0,14	0,13	0,08	0,10
17	0,20	0,20	0,07	0,12
18	0,10	0,22	0,07	0,10
19	0,15	0,12	0,07	0,13
20	0,12	0,22	0,08	0,11
21	0,10	0,21	0,07	0,08
22	0,17	0,18	0,06	0,13
23	0,13	0,19	0,05	0,20
24	0,14	0,12	0,10	0,10
25	0,09	0,15	0,08	0,14
26	0,11	0,14	0,10	0,11
27	0,15	0,16	0,14	0,14
28	0,17	0,27	0,06	0,14
29	0,08	0,25	0,04	0,14
30	0,14	0,21	0,07	0,13
31	0,09	0,18	0,05	0,09
32	0,09	0,24	0,05	0,10
33	0,10	0,15	0,17	0,09
34	0,13	0,12	0,13	0,15
35	0,10	0,16	0,11	0,07
36	0,10	0,16	0,16	0,06
37	0,07	0,14	0,08	0,10
38	0,07	0,13	0,26	0,16
39	0,10	0,22	0,12	0,09
40	0,12	0,12	0,08	0,15
MÉDIAS	0,11b*	0,18a	0,10b	0,11b
Teste F = 25,24*	Dms (Tukey a 5%) = 0,03		CV % = 36,60	

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

Dessa forma, no local II, onde o superfosfato simples foi aplicado a lanço, a análise dos solos mostrou um teor de Ca^{2+} trocável de 2 a 5 vezes mais alto que nos outros solos estudados (ver Tabela 7). As plantas do local II, também apresentaram maior teor médio de cálcio em suas folhas.

Em relação ao menor teor de Ca^{2+} trocável no solo do local IV, também adubado com superfosfato simples, pode-se relacionar este fato com a forma de distribuição de adubos utilizada. A aplicação em sulcos possivelmente contribuiu para um menor aproveitamento dos nutrientes pelas raízes, e para uma distribuição desuniforme dos nutrientes aplicados no solo, o que deve ter apresentado efeitos no resultado da análise de solos.

O estudo de correlação entre o teor de Ca nas folhas e as produções confirmam as suposições anteriores.

Os coeficientes de correlação encontrados foram:

<u>Localidades</u>	<u>Coeficiente de correlação (r)</u>
I. Belém (não adubado)	-0,004 ns
II. Desideri (adubado)	0,48*
III. Magnani (não adubado)	-0,10 ns
IV. Magnani (adubado)	-0,12 ns

Apenas o local II mostrou correlação significativa entre o teor de Ca e a produção. Este resultado indica que o nutriente aparentemente está limitando a produção, nas condições do local II.

A correlação significativa entre o teor de cálcio nas folhas e a produção de frutos foi também reportada por GALLO et alii(33) em trabalho realizado com a laranjeira baianinha (*Citrus sinensis* Orb), tendo as plantas como fonte de cálcio e superfosfato simples.

4.2.2.5. Magnésio

As variações de teores de magnésio em folhas de guaranaizeiro por local, estão expressas na Tabela 28.

Os teores de Mg nas folhas variaram de 0,11 a 0,26%. O local II apresentou o maior teor médio.

O K e o Mg apresentam relações antagônicas nas plantas, conforme já discutido anteriormente. Relativamente, pode-se constatar maior acumulação de Mg pelas plantas do local II, associada a um menor teor de potássio. No local I, o fenômeno ocorre de forma inversa, ou seja, maior teor de K associado a uma menor concentração de Mg.

A correlação entre o teor de Mg e a produção mostrou os seguintes resultados:

<u>Localidades</u>	<u>Coefficiente de correlação (r)</u>
I. Belém (não adubado)	0,45*
II. Desideri (adubado)	0,30 ns
III. Magnani (não adubado)	0,21 ns
IV. Magnani (adubado)	0,21 ns

TABELA 28 - Teores de magnésio em folhas de guaranazeiro em quatro localidades do Município de Maués-AM.

Plantas	Teores de Mg % nos locais			
	I	II	III	IV
1	0,18	0,17	0,17	0,16
2	0,24	0,20	0,20	0,22
3	0,16	0,26	0,16	0,19
4	0,17	0,23	0,17	0,20
5	0,21	0,19	0,15	0,19
6	0,17	0,22	0,15	0,18
7	0,20	0,19	0,19	0,17
8	0,17	0,17	0,16	0,12
9	0,16	0,16	0,18	0,20
10	0,18	0,21	0,19	0,17
11	0,16	0,21	0,18	0,22
12	0,16	0,18	0,17	0,21
13	0,15	0,18	0,19	0,19
14	0,18	0,18	0,19	0,18
15	0,19	0,16	0,17	0,19
16	0,19	0,20	0,17	0,16
17	0,17	0,17	0,14	0,18
18	0,17	0,20	0,18	0,16
19	0,18	0,17	0,17	0,15
20	0,18	0,20	0,18	0,18
21	0,18	0,19	0,14	0,14
22	0,16	0,19	0,15	0,17
23	0,19	0,18	0,16	0,23
24	0,17	0,19	0,17	0,17
25	0,16	0,17	0,13	0,18
26	0,16	0,18	0,15	0,18
27	0,18	0,17	0,18	0,17
28	0,18	0,19	0,17	0,17
29	0,17	0,21	0,18	0,19
30	0,18	0,22	0,23	0,17
31	0,15	0,17	0,21	0,17
32	0,20	0,17	0,15	0,18
33	0,19	0,18	0,15	0,16
34	0,17	0,19	0,17	0,21
35	0,19	0,15	0,17	0,11
36	0,18	0,16	0,19	0,20
37	0,19	0,20	0,18	0,12
38	0,18	0,21	0,21	0,13
39	0,13	0,14	0,16	0,13
40	0,16	0,21	0,17	0,15
MÉDIAS	0,17b*	0,19a	0,17b	0,17b
Teste F = 5,00*	Dms (Tukey a 5%) = 0,01 CV % = 11,30			

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

Apenas o local I apresentou correlação positiva e significativa do teor de Mg com a produção de frutos, indicando que o elemento para as condições do local estava limitando a produção.

O antagonismo entre K, Ca e Mg nas folhas foi determinado também na cultura do milho em São Paulo, por GALLO et alii (32). Para cada aumento do teor de K nas folhas de milho, plantados em diversos tipos de solos, ocorreram os decréscimos dos teores de Ca e Mg e vice-versa.

4.2.2.6. Enxôfre

A Tabela 29 apresenta os teores de S total encontrados nas folhas do guaranazeiro, nos locais estudados.

Os maiores teores médios de S total foram encontrados nos locais I e II, diferindo de III e IV, e não apresentando diferenças entre si. Os teores nas plantas variaram de 0,06 a 0,27%.

Os maiores teores dos locais I e II podem estar relacionados a efeito de concentração, principalmente no local II, ou a maiores teores do elemento no solo. Os teores de S total nas folhas não se correlacionaram significativamente com as produções de frutos, possivelmente evidenciando pequeno efeito deste elemento na produção, nas atuais condições nutricionais da cultura.

Os coeficientes de correlação entre o teor de S total nas folhas e as produções são apresentados a seguir:

TABELA 29 - Teores de enxôfre em folhas de guaranazeiro em quatro localidades do Município de Maués-AM.

Plantas	Teores de S % nas folhas			
	I	II	III	IV
1	0,14	0,25	0,10	0,12
2	0,17	0,23	0,16	0,15
3	0,15	0,20	0,14	0,18
4	0,20	0,25	0,14	0,17
5	0,21	0,21	0,15	0,10
6	0,18	0,17	0,15	0,16
7	0,17	0,16	0,13	0,13
8	0,22	0,19	0,06	0,16
9	0,19	0,16	0,15	0,13
10	0,18	0,25	0,11	0,12
11	0,08	0,17	0,09	0,17
12	0,19	0,19	0,11	0,19
13	0,18	0,26	0,14	0,20
14	0,17	0,19	0,09	0,19
15	0,18	0,16	0,13	0,11
16	0,22	0,19	0,10	0,15
17	0,13	0,20	0,17	0,12
18	0,11	0,25	0,12	0,16
19	0,26	0,20	0,18	0,01
20	0,20	0,20	0,09	0,14
21	0,14	0,06	0,19	0,09
22	0,17	0,15	0,12	0,16
23	0,22	0,16	0,13	0,15
24	0,15	0,09	0,13	0,16
25	0,18	0,11	0,15	0,12
26	0,17	0,17	0,13	0,13
27	0,20	0,15	0,14	0,15
28	0,19	0,19	0,19	0,13
29	0,17	0,20	0,16	0,15
30	0,21	0,12	0,23	0,16
31	0,14	0,18	0,16	0,12
32	0,19	0,12	0,19	0,10
33	0,12	0,15	0,20	0,12
34	0,17	0,14	0,20	0,16
35	0,17	0,11	0,18	0,09
36	0,20	0,07	0,14	0,14
37	0,17	0,16	0,13	0,11
38	0,16	0,11	0,18	0,15
39	0,19	0,07	0,11	0,12
40	0,16	0,09	0,19	0,13
MÉDIAS	0,18a*	0,17a	0,15b	0,14b
Teste F = 8,73*	Dms (Tukey a 5%) = 0,02		CV % = 24,30	

* Médias seguidas de pelo menos uma letra comum expressam diferenças não significativas a 5% de probabilidades.

<u>Localidades</u>	<u>Coefficiente de correlação (r)</u>
I. Belém (não adubado)	0,23 ns
II. Desideri (adubado)	0,23 ns
III. Magnani (não adubado)	0,01 ns
IV. Magnani (adubado)	0,04 ns

Estes resultados contudo, não podem ser tomados como conclusivos. Em São Paulo, GALLO et alii (32) verificaram que as plantas de milho adubadas com S, apresentaram maiores teores de S - SO_4 nas folhas e aumentos variáveis de produção, recomendando dessa forma, atenção para a nutrição com este elemento. HIROCE & GALLO (38) demonstraram que doses crescentes de superfosfato simples aumentaram os teores de S nas folhas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e paralelamente as produções. Os aumentos apresentaram significação estatística.

4.2.3. Quantidades retiradas pelos frutos

Os frutos de guaraná são compostos de uma polpa de revestimento da semente, composta pela casca e pelo arilo, e pela semente, composta de tegumento e amendoa. Botanicamente foi descrito por CORREIA (21) da seguinte forma: "fruto cápsula longo estipitada, piriforme, elíptica, septicida, tri-ocular, 6 a 8 mm de comprimento e 10 mm de diâmetro, quase preta quando seca, glabra externamente, contendo uma ou duas sementes ovóides, glabras, arilo curto e cupuliforme, branco".

São as sementes que possuem valor comercial, sendo que estas quando torradas recebem a denominação de "guaraná em rama". MARAVALHAS (47) considera que as "cascas" (tegumento) das sementes devam ser

também utilizadas, pois contém um teor de cafeína semelhante ao das amêndoas. Segundo o mesmo autor, as indústrias apenas utilizam as amêndoas, sendo os envoltórios (tegumentos) das mesmas desprezados. Entretanto, o aspecto de interesse para o presente tópico é determinar que partes dos frutos são exportados e que partes permanecem na propriedade, para calcular as quantidades de nutrientes exportados pelas colheitas.

Tradicionalmente, o guaraná é colhido manualmente, fruto por fruto e despulpado. As sementes são torradas, e sob a forma de guaraná em rama é comercializado (BRANDT et alii, 8; WATZEL, 67; MAIA, 45). Uma parte da produção cada vez percentualmente menor (BRANDT et alii, 8) é destinada a fabricação de bastões, ou pães de guaraná. Dessa forma considerando-se a comercialização de guaraná na forma de sementes, as amêndoas e tegumentos são exportadas, permanecendo a polpa nas propriedades, podendo ser reincorporadas ao solo.

No presente trabalho foram colhidas amostras compostas de frutos das quatro propriedades, para se verificar empiricamente o efeito da nutrição no teor dos frutos e as quantidades de macronutrientes extraídas. Na Tabela 30, são apresentados os teores de macronutrientes na matéria seca das amêndoas (A), tegumentos (T) e polpa (P) de frutos de guaraná, das propriedades estudadas.

Como ocorreu nas folhas, o N apresentou os maiores teores nos frutos, seguido pelo K. Os outros macronutrientes apresentaram teores semelhantes.

Aparentemente não são notáveis as diferenças entre os teores nas propriedades adubadas e não adubadas. A amostragem utilizada

não permitiu a análise estatística dos dados, para um maior aprofundamento, o que inclusive foge dos objetivos deste trabalho.

TABELA 30 - Teores de macronutrientes nas partes dos frutos de guaraná em quatro locais do Município de Maués-AM.

Local	Partes dos frutos	Teores de macronutrientes (%)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
I (Belém)	Amêndoa	3,11	0,17	0,52	0,04	0,07	0,10
	Tegumento	2,79	0,11	0,85	0,19	0,15	0,12
	Polpa	3,04	0,17	1,82	0,22	0,19	0,12
II (Desideri) Adubado	Amêndoa	1,55	0,21	0,50	0,03	0,09	0,11
	Tegumento	2,91	0,12	0,65	0,18	0,19	0,12
	Polpa	2,56	0,19	1,77	0,22	0,23	0,13
III (Magnani) Não adubado	Amêndoa	3,00	0,19	0,55	0,03	0,10	0,05
	Tegumento	2,88	0,14	0,67	0,13	0,16	0,17
	Polpa	2,62	0,18	2,05	0,22	0,26	0,17
IV (Magnani) Adubado	Amêndoa	2,88	0,20	0,59	0,04	0,12	0,11
	Tegumento	3,21	0,12	0,67	0,15	0,12	0,08
	Polpa	2,88	0,23	2,03	0,24	0,24	0,10
Teores Médios	Amêndoa	2,63	0,19	0,54	0,03	0,09	0,09
	Tegumento	2,95	0,12	0,71	0,16	0,15	0,10
	Polpa	2,77	0,19	1,92	0,22	0,23	0,13

As amêndoas apresentaram teores semelhantes ao das folhas, no caso do N, P e S, e menores teores que as polpas para o K, Ca e Mg. Um fato notável são os baixos teores de Ca nas amêndoas.

Para o cálculo de extração de nutrientes, foram utilizados os valores médios, devido a semelhança entre os teores encontrados nas partes dos frutos, para os diferentes locais.

Inicialmente a matéria seca dos componentes dos frutos foram pesadas, para se determinar os percentuais de cada componente. Dessa forma para a matéria seca dos frutos das quatro propriedades, 58,78% correspondeu a amêndoa, 13,74% correspondeu ao tegumento e 27,48% correspondeu a polpa.

A partir desses números, e dos teores médios de macronutrientes da Tabela 30, calcularam-se as quantidades de nutrientes extraídas por 100 kg de frutos (amêndoas + tegumento + polpa), e que estão expressos na Tabela 31.

TABELA 31 - Quantidades médias de macronutrientes extraídas por 100 kg de frutos de guaraná (matéria seca) em Maués-AM.

Partes dos frutos	Quantidades retiradas (kg)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Amêndoas	1,55	0,11	0,32	0,02	0,05	0,05
Tegumentos	0,40	0,02	0,10	0,02	0,02	0,01
Polpa	0,76	0,05	0,53	0,06	0,06	0,04
Frutos (Total)	2,71	0,18	0,95	0,10	0,13	0,10

No total, as maiores quantidades extraídas pelos frutos são de nitrogênio, o que confirma a exigência da cultura pelo elemento. Em seguida aparece o potássio, com os outros elementos em plano inferior e semelhantes.

Pode-se inferir pela Tabela 31 que, através da comercialização de guaraná em rama (amêndoas + tegumento), aproximadamente 72% do N, 72% do P, 44% do K, 40% do Ca, 46% do Mg e 60% do S extraídos pelos frutos estão sendo exportados, permanecendo o restante na propriedade. Este aspecto reforça a necessidade das reposições, principalmente de N e P, que são os macronutrientes exportados em maior quantidade.

Na metodologia analítica empregada, as sementes foram secas em estufa a semelhança do processo de torração, podendo-se extrapolar os dados de extração e exportação para o guaraná em rama, com pouca margem de erro. Entretanto, na necessidade de extrapolar os cálculos presentes para a produção de sementes frescas, pode-se fazer as correções baseadas no índice de umidade calculado a partir dos resultados de MAIA (45), correspondente a aproximadamente 50% de umidade nas sementes verdes.

Finalmente, pode-se estimar as quantidades de macronutrientes exportados por ha, através da produtividade calculada a partir da produção média por pé, e de uma densidade média de plantio de 300 plantas por ha.

A Tabela 32 apresenta uma estimativa das quantidades de macronutrientes exportadas por hectare, em cada uma das propriedades do levantamento, pela cultura do guaraná.

TABELA 32 - Exportação de macronutrientes pela cultura do guaraná (sementes) em kg/ha, em quatro propriedades do Município de Maués-AM.

Locais	Produtividade kg/ha	Quantidades exportadas pelas sementes (kg/ha)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
I Belém (não adubado)	186,00	3,63	0,24	0,78	0,07	0,13	0,11
II Desideri (adubado)	90,00	1,75	0,12	0,38	0,04	0,06	0,05
III Magnani (não adubado)	267,00	5,21	0,35	1,12	0,11	0,19	0,16
IV Magnani (adubado)	237,00	4,62	0,31	0,99	0,09	0,16	0,14

O N é o nutriente exportado em maior quantidade, seguido do K. Vale ressaltar as pequenas quantidades de nutrientes exportadas pela produção se comparadas, por exemplo, as retiradas da cultura do repolho que chega a exportar 230 kg/ha de N, 85 kg/ha de P_2O_5 , 320 kg/ha de K_2O e 426 kg/ha de CaO (LASKE,42).

A baixa disponibilidade de nutrientes nos solos de cultivo, provavelmente deverá estar associada as baixas exportações de macronutrientes e conseqüentemente as baixas produtividades. Entretanto, dentro do atual contexto, as pequenas quantidades de nutrientes exportadas pelas produções de guaraná, mesmo um regime de alternância das produções, pode explicar a continuidade do cultivo em solos com um nível tão baixo de disponibilidade de nutrientes.

5. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados e discutidos anteriormente permitem extrair as seguintes conclusões.

CRESCIMENTO DAS MUDAS

- As mudas plantadas em substrato contendo esterco de gado apresentaram maior desenvolvimento.

TEORES DE NUTRIENTES NAS MUDAS

- Os teores de macronutrientes nas partes das mudas de guaranazeiro foram afetadas pelos tipos de substratos onde as mesmas foram cultivadas.

- A aplicação de solução nutritiva, no substrato ou pulverizada nas folhas não apresentou influência nos teores de macronutrientes nas partes das mudas.

- O maior crescimento das mudas de guaranazeiro esteve associado com os teores de N = 2,37%; P = 0,27%; K = 0,99%; Ca = 0,53%; Mg = 0,36% e S = 0,27% nas folhas.

- Os teores de N = 1,53%; P = 0,16%; K = 1,19%; Ca = 0,36%; Mg = 0,12% e S = 0,16% nas folhas se relacionaram com os menores crescimentos das mudas.

- Nas mudas cultivadas em substrato com esterco de galinha ocorreu consumo de luxo de P, K, Ca e Mg.

- A comparação entre os teores de N nas folhas das mudas e das plantas adultas indica que ocorreu condições de deficiência de N em todos os tipos de substratos.

ACUMULAÇÃO DE MACRONUTRIENTES NAS MUDAS

- O N foi o elemento extraído em maiores quantidades seguido pelo K, Ca, Mg, P e S.

- Para a acumulação de 3,80g de matéria seca foram extraídos 73,28 mg de N; 8,72 mg de P; 33,89 mg de K; 16,41 mg de Ca; 11,52 mg de Mg e 8,04 mg de S.

- A quantidade total de elementos na matéria orgânica utilizada, a exceção do N, foi suficiente para as necessidades das mudas.

ESTADO NUTRICIONAL DE PLANTIOS EM MAUÉS.

- Os teores médios de N = 4,37%; P = 0,32%; K = 0,79%; Ca = 0,10%; Mg = 0,17% e S = 0,15% nas folhas estão relacionados com a maior produção média por pé.

- Os teores médios de N = 3,93%; P = 0,34%; K = 0,79%; Ca = 0,18%; Mg = 0,19% e S = 0,17% nas folhas estão associados a menor produção média por pé.

- O N, P e Ca limitaram a produção no local II. O Mg limitou a produção no local I.

- Comparados com as mudas, os teores de Ca e Mg nas folhas mostraram-se muito baixos em todos os locais.

- As adubações efetuadas não apresentaram influências relativas na produção de frutos, na concentração de macronutrientes nas folhas ou no teor de nutrientes disponíveis no solo, a exceção do cálcio.

EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

- A matéria seca de 100 kg de frutos contém aproximadamente 2,71 kg de N, 0,18 kg de P, 0,95 kg de K, 0,10 kg de Ca, 0,13 kg de Mg e 0,10 kg de S.

- A planta é mais exigente em N e K.

- Das quantidades de macronutrientes extraídas, são exportados pelas sementes (amêndoas mais tegumentos) aproximadamente 72% do N, 72% do P, 44% do K, 40% do Ca, 46% do Mg e 60% do S.

- A devolução da polpa dos frutos ao guaranazal é uma boa prática, em função da quantidade de macronutrientes que a mesma contém.

6. SINOPSE E "ABSTRACT"

6.1. Sinopse

Foram conduzidos dois experimentos sobre nutrição do guaranazeiro (*Paullinia cupana*, var. *sorbilis*) no Estado do Amazonas: um com mudas, visando estabelecer os efeitos de tipos de substrato e formas de fornecimento de nutrientes no crescimento e composição em macronutrientes das mudas; o outro em condições de campo, com plantas adultas, visando determinar os efeitos dos macronutrientes na produção de frutos de guaraná.

No primeiro experimento, as mudas de guaranazeiro foram cultivadas nos seguintes substratos: (a) areia + barro + esterco de galinha; (b) areia + barro + esterco de gado; (c) areia + barro. A unidade experimental constou de 10 mudas, plantadas individualmente em sacos plásticos. Cada 3 unidades foram preparadas com o mesmo substrato, e as mudas dos mesmos foram pulverizadas com água e com solução nutritiva em intervalos de 15 e 30 dias respectivamente. Numa unidade extra, constando de areia + barro, foi adicionada solução nutritiva diretamente no substrato, completando-se 10 tratamentos.

As mudas cultivadas no substrato com esterco de gado, mostraram maior crescimento e melhor balanceamento de macronutrientes. Os substratos sem matéria orgânica apresentaram mudas de menor crescimento e baixos teores de macronutrientes nas folhas. A aplicação de solução nutritiva, por qualquer via, não apresentou efeitos no crescimento ou no teor de macronutrientes nas mudas. Ocorreram condições de deficiência de N em todos os tratamentos. Os teores de elementos nas folhas variaram desde o nível de deficiência ao de "consumo de luxo".

Para o segundo experimento, selecionou-se 160 plantas de aproximadamente 25 anos, sendo 80 (40 e 40) em dois locais não adubados e 80 (40 e 40) em dois locais adubados. Foram coletadas e analisadas quimicamente amostras de solos, folhas e frutos e a produção foi acompanhada.

Verificou-se que a adubação efetuada não apresentou efeitos relativos na produção de frutos ou concentração de macronutrientes nas folhas. As correlações entre teores de macronutrientes e produções individuais apontaram limitações devido ao N, P e Ca num local e Mg em outro local. Os teores de Ca e Mg nas folhas das plantas adultas apresentaram-se muito baixos, quando comparados aos teores nas mudas. O N mostrou ser o elemento mais exigido, extraído e exportado pela planta, seguido do K.

6.2. Abstract

Two experiments on the nutrition of guaraná (*Paullinia cupana*, var. *sorbilis*) were conducted in the State of Amazonas with the purpose of studying the effects of substrate and supply of nutrients in the growth, nutrient content of seedlings and fruit production.

The first two objectives were attained by means of a pot experiment in which "guaraná" seedlings were grown in three different, specially mixed substrates, namely: (a) sand + loam + chicken manure; (b) sand + loam + cattle manure, and (c) sand + loam. The experimental unit consisted of ten seedlings individually planted in plastic containers. Three of these units were prepared for each substrate and the seedlings growing in each received a foliar application of water as needed and nutrient solution at 15 and 30 days intervals, respectively. An extra unit was added using sand + loam + nutrient solution as substrate, thus comprising ten treatments. Substrate and leaf chemical analysis were conducted to evaluate treatment effects.

The third objective was accomplished using commercial plantations located at four different sites, two of which were fertilized. Forty mature plants (25 years old, approximately) were considered in each site for experimental purposes. Soil, leaf and fruit samples were collected in each site and chemically analysed as to their nutrient content. Data on fruit production was also collected.

It was verified in the pot experiment that the seedlings grown in the cattle manure substrate showed better growth and

balance of macronutrients when compared with the substrates which had no organic matter. The application of nutrient solution (foliar or mixed-in) had no effect on the growth and macronutrient content of the seedlings leaves. Symptoms of nitrogen deficiency were observed in all treatments. Nutrient content of the leaves varied from the deficiency level to that of "luxury consumption".

No effect was observed in the fertilized sites as to fruit production and leaf macronutrient concentration. Correlations between leaf macronutrient concentration and fruit production indicated a limiting effect due to N, P, Ca and Mg.

Calcium and magnesium leaf contents were considerably lower in the mature plant as compared to that of the seedlings.

The results from both experiments indicated that nitrogen was the element most required, extracted and exported by the "guaraná" plants, followed by potassium.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACHORN, F.P. & COX, T.R. Production, marketing, and use of solid, solution and suspension fertilizers. In: Fertilizer technology & use. Madison, Soil Sci. Soc. of Am. 1971. p. 381-412.
2. ALDRICH, S.R. Plant analysis problems and opportunities. In: Soil testing & plant analysis. Plant analysis. Madison, Soil Sci. Soc. of Am. 1967. pt. 2, p. 1-10.
3. ALMEIDA, L.C. et alii. A cultura do milho no Estado do Amazonas. 2a. ed. Manaus, IPEAAOc, 1973. 15 p. (Mimeo.).
4. AREIA, C.A. Anatomia da folha do guaraná (*Paullinia cupana*, var. *sorbilis* (Mart.) Ducke. Rodriguésia, 25(37): 297-312, 1966.
5. BAKER, J.M. & TUCKER, B.B. Critical N, P and K levels in winter analysis. Comm. in Soil Sci. and plant analysis, 4(5): 347-58, 1973.
6. BEAUFILS, E.R. Physiological diagnosis. A Guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. Fertilizer Soc. of South Africa J., 1: 1-30, 1971.

7. BENNEMA, J. Soil resources of the tropics with special reference to the well drained soils of the Brazilian amazon forest region. In: International Symposium on Ecophysiology of Tropical Crops, Manaus, 1975. Ecophysiology of tropical crops, preprints of papers. Itabuna, CEPLAC, 1975. v. 1, p. 1-47.
8. BRANDT, S.A. et alii. Avaliação do mercado brasileiro de guaraná. Manaus, ACAR-AMAZONAS, 1973. 23 p. (Série Estudos, 1).
9. CAMARGO, P.N. Princípios de nutrição foliar. São Paulo, Ceres, 1970. 118 p.
10. _____. & SILVA, D. Manual de adubação foliar. São Paulo, Herba 1975. 258 p.
11. CASTRO, A.M.G. de. Aplicação foliar de nutrientes em guaraná. Manaus, ACAR-AMAZONAS, 1973. (não publicado).
12. _____. Diagnóstico da cultura do guaraná em Maués. Subsídios para o seu desenvolvimento. Manaus, ACAR-AMAZONAS, 1971. 34 p. (mimeo.).
13. _____. Estudo sobre a cultura da pimenta do reino. Manaus, ACAR-AMAZONAS, 1972. 60 p. (mimeo.).
14. _____. Formação de mudas de guaraná. Manaus, ACAR-AMAZONAS, 1972 18 p. (mimeo.).

15. CASTRO, A.M.G. de & PITELLI, R. Fatores ambientais envolvidos no crescimento e desenvolvimento dos vegetais. In: MACALHÃES, A.C. Tópicos de fisiologia vegetal. Piracicaba, ESALQ, 1974. p. 140-160.
16. CATANI, R.A. & BITTENCOURT, V.C. A acidez do solo e seus componentes. Piracicaba, ESALQ, 1974. 27 p. (mimeo.).
17. _____. Constituintes orgânicos do solo. Piracicaba, ESALQ, 1974. 23 p. (mimeo.).
18. _____. & JACINTHO, A.O. Análise química para avaliar a fertilidade do solo. Piracicaba, ESALQ, 1974. 57 p. (Boletim Técnico Científico nº 37).
19. CHAPMAN, H.D. Plant analysis values suggestive of nutrient status of selected crops. In: Soil Testing & Plant Analysis. Plant analysis. Madison, Soil Sci. Soc. of Am., 1967. Pt. 2, p. 77-92.
20. _____. The status of present criteria for the diagnosis of nutrients conditions in citrus. In: Plant analysis and fertilizers problems. Washington, Am. Inst. of B. Sci., 1961. p. 75-106. (pub. 8).
21. CORREA, M.P. Dicionário das plantas úteis do Brasil. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, Ministério de Agricultura, 1952.

22. DUCKE, A. Diversidade dos guaranás. *Rodriguesia*, Rio de Janeiro, 3(10): 155-56. 1937.
23. EPSTEIN, E. Mineral nutrition of plants. Principles and perspectives. New York, John Wiley & Sons, 1972. 412 p.
24. _____. Nutrição mineral das plantas. Princípios e perspectivas. Rio de Janeiro. Ed. da USP, 1975. 341 p.
25. ESAU, K. Anatomia das plantas com sementes. São Paulo, Edgar Blucher, 1974. 293 p.
26. FALESI, I.C. et alii. Os solos da área Cacau-Pirera-Manacapuru. Belém, IPEAN, 1970. 198 p. (Série Solos da Amazônia, 3).
27. _____. Os solos da área Manaus-Itacoatiara. Manaus, IPEAN, 1969. 117 p. (Série Estudos e Ensaios, 1).
28. FASSBENDER, H.W. Retención y transformación de fosfatos en 8 latosolos de la Amazônia del Brasil. Fitotecnia Latino-Americana, San José, 6(1): 1-9. 1969.
29. FITTS, T.W. & HANWAY, J.J. Prescribing soil and crop nutrient needs. In: Fertilizer Technology & Use. Madison, Soil Sci. Soc. of Am. 1971. p. 57-79.
30. FRIED, M. & SHAPIRO, R.E. Soil plant relationship in ion uptake. Ann. Rev. of Plant Physiol., 12: 91-112, 1961.

31. GALLAHER, R.N.; PARKS, W.L.; JOSEPHSON, L.M. Some factors influencing yield and cation sum and ratios in corn. Commun. Soil Sci. and Plant Analysis, 6(1): 51-61, 1975.
32. GALLO, J.R.; HIROCE, R.; MIRANDA, L.T. de. A análise foliar da nutrição do milho. I. Correlação entre análise de folhas e produção. Bragantia, 27(15): 177-86, 1968.
33. _____, RODRIGUEZ, O. Relação entre a composição das folhas e produção, e tamanho de frutos, em laranjeira baianinha. Bragantia, 25(7): 77-85, 1965.
34. GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental. São Paulo, Nobel, 1973. 384 p.
35. GONÇALVES, J.R.C. de. A cultura do guaraná. Belém, IPEAN, 1968. 16 p. (Série Culturas da Amazônia, 12).
36. GOUNY, P. Observations sur des relations entre la composition minérale de la planta et le rendement. In: Analyse des plantes et problèmes des fumures minérales. Paris, IRHO, 1956. p. 88-103.
37. HEWITT, E.J. The essential nutrient elements: requirements and interactions in plants. In: STEWARD, F.C. Plant physiology. New York, Academic Press, 1963. 137-360.
38. HIROCE, R. & GALLO, J.R. Efeito do enxôfre na produção da soja. Bragantia, 31, 1972. (Nota nº 3).

39. HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. Circular Calif. Agric. Exp. Sta., nº 347. 1950.
40. JACOBSON, L. Maintenance of Fe supply. Pl. Physiol., 26: 411-13, 1951.
41. JONES JR, J.B. & STEYN, W.J.A. Sampling, handing and analysing plant tissue samples. In: Soil Testing and Plant Analysis. Madison, Soil Sci. Soc. of Am., 1973. p. 249-70.
42. LASKE, P. Abonamiento de las hortalizas. Boletim Verde, Hannover nº 16, 1962. 51 p.
43. LORENS, O.A. & BARTZ, S.F. Fertilization for high yields and quality of vegetable crops. In: Changing patterns in fertilizer use. Madison, Soil Sci. Soc. of Am., 1968.
44. MAGNITSKI, K.P. The diagnosis of mineral nutrition of plants according to chemical composition of leaves. In: Plant analysis and fertilizer problems. Washington, Am. Inst. of B. Sci., 1961. p. 159-79. (pub. 8).
45. MAIA, A.L. O guaraná. Salvador, Associação dos Engenheiros-Agrônomos da Bahia, 1972. 14 p. (mimeo.).
46. MALAVOLTA, E. & GOMES, F.P. Foliar diagnosis in Brazil. In: Plant analysis and fertilizer problems. Washington, Am. Inst. B. Sci., 1961. p. 180-89. (pub. 8).

47. MARAVALHAS, N. Estudos sobre o guaraná e outras plantas produtoras de cafeína. Manaus, INPA, 1965. 25 p. (pub. 10).
48. MONTEIRO, L.F. et alii. Experimento de adubação em cultura de milho. Manaus, IPEAAOc. (não publicado).
49. MOREIRA FILHO, A. Síntese do 2º Seminário Técnico sobre a Cultura do guaraná (*Paullinia cupana*). Manaus, ACAR-AMAZONAS, 1974. 22 p. (mimeo.).
50. MUNSON, R.D. & NELSON, W.L. Principles and practices in plant analysis. In: Soil Testing and Plant Analysis. Madison, Soil Sci. Soc. of Am., 1975. p. 223-48.
51. NASCIMENTO, J.C.; ROSAND, P.C.; SANTANA, C.J.L. de. Estado nutricional de alguns solos da região de Manaus. In: IX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, Belo Horizonte, 1974. Comunicações da Equipe de Fertilidade do Centro de Pesquisas do Cacau apresentados na IX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, Itabuna, CEPLAC, 1974. p. 41-43.
52. OVERSTREET, R. & JACOBSON, L. Mechanisms of ion absorption by roots. Am. Rev. of Plant Physiol., 3: 189-206. 1952.
53. PREVOT, P. & OLLAGNIER, M. Méthode d'utilisation du diagnostic foliaire. In: Analyse des plantes et problèmes des fumures minérales. Paris, I.R.H.O., 1956. p. 177-92.

54. ROEDER, M. & BORNEMISZA, E. Algunas propiedades de suelos de la región Amazõnia del Estado de Maranhão, Brasil. Turrialba, 18 (1): 39-44, 1968.
55. ROSAND, P.C. Conceitos básicos sobre nutrição vegetal e métodos para avaliar a fertilidade dos solos. Itabuna, CEPLAC, 1971. 15 p. (mimeo.).
56. RUSSEL, E.W. Soil conditions and plant growth. London, Longman, 1973. 849 p.
57. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56 p.
58. SILVA-FERNANDES, A.M. Studies on plant cuticle. VIII. Surface waxes in relation to water repelence. Ann. Appl. Biol., 56, 1965.
59. SILVA, N.M. da. Estudo comparativo da adubação foliar com a convencional do algodoeiro. Bragantia, 28(5): 47-64, 1969.
60. SMITH, P.T. Mineral analysis of plant tissue. Ann. Rev. Pl. Physiol., 13: 81-108, 1962.
61. SOUZA, A.F. & ALMEIDA, L.C. Alguns aspectos sobre formação de mudas de guaranazeiro através de sementes em condições de ripado. Manaus, IPEAAOc, 1972. 16 p.
62. SOUZA, A.F. et alii. Adubação mineral orgânica e calagem do feijão cowpea. Manaus, IPEAAOc, 1971. (Indicação de pesquisa GPF - 2).

63. ULRICH, A. & HILLS, F.J. Principles and practices of plant analysis. In: Soil Testing & Plant Analysis. Plant Analysis. Madison, Soil Sci. Soc. of Am., 1967. Pt. 2, p. 11-24.
64. VIEIRA, L.S. Manual da ciência do solo. São Paulo, Ceres, 1975
464 p.
65. WALKER, W.M. & PECK, T.R. Effect of potassium upon the magnesium status of the corn plant. Commun. in Soil Sci. and Plant Anal., 6(2): 189-94, 1975.
66. WALLACE, T. Diagnosing the mineral status of plants. In: Analyse des plantes et problems des fumures minerales. Paris, IRHO, 1956. p. 177-192.
67. WATZEL, J. O guaraná, seu valor industrial e medicinal. Boletim do Ministério de Agricultura, 26(416): 25-32, 1937.
68. WEAVER, J.E. & CLEMENTS, F.E. Ecologia vegetal. Buenos Aires, Cabrerre, 1950. 667 p.
69. WITWER, S.H. & TEUBNER, F.G. Foliar absorption of mineral nutrients. Ann. Rev. Plant Physiol., 10: 13, 1959.