**MACRONUTRIENTES, BORO E ZINCO NA CITRONELA DE
JAVA: SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS E EFEITOS NA
PRODUÇÃO E QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL.**

JOSÉ ULTIMIO JUNQUEIRA JUNIOR
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Doutor Moacyr Corsi

Disertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiróz", da
Universidade de São Paulo, para obtenção
do título de Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Ciência Animal e Pastagem.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

- J95m Junqueira Junior, José Ultímio
 Macronutrientes, boro e zinco na citronela de
Java: sintomas de deficiências e efeitos na produ-
ção e qualidade do óleo essencial. Piracicaba,
1992.
 65p. ilustr.

 Diss.(Mestre) - ESALQ
 Bibliografia.

 1. Boro em citronela 2. Citronela - Nutrição
3. Macronutriente em citronela 4. Óleo essencial de
citronela 5. Planta aromática 6. Zinco em citronela
I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Piracicaba

ÇDD 633.82

**MACRONUTRIENTES, BORO E ZINCO NA CITRONELA DE
JAVA: SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS E EFEITOS NA
PRODUÇÃO E QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL.**

José Ulfrimio Junqueira Junior

Comissão julgadora: 01/02/93

Prof. Dr. Moacyr Corsi
Prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro
Prof. Dr. Fernando Romariz Duarte

ESALQ/USP
ESALQ/USP
IAC

Prof. Dr. Moacyr Corsi
Orientador

Aos meus pais Norma e José
Último pelo exemplo de vida e
apoio constante,

dedico.

Agradecimentos:

Gostaria de agradecer a todos que direta ou indiretamente auxiliaram na confecção deste trabalho, especialmente aos que seguem: Prof. Moacyr Corsi, Prof. Antonio Roque Dechen, Profa. Marisa A. B. Regitano d'Arce, Prof. Irineu Humberto Pachter, Fernando Romariz Duarte, Prof. Francisco A. Monteiro, Fernando C. Veiga Neto, Luciano M. Verdade, Martha C. Alves Esteves, A. Casselli Jr., L. M. D. Pacheco, Juarez C. Ferreira, Kátia M. de Andrade Ferráz, Eliana M. Garcia Sabino, Secção de Plantas Aromáticas do IAC nas pessoas de Odair A. Bovi, Hilda M. da Silva Honório, Paula Durante, Cristiane de Moraes, CAPES (Bolsa de Pós-graduação), FIRMENICH & CIA LTDA, Divisão de Documentação da Biblioteca Central da ESALQ/USP.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
SUMMARY	ix
 1. INTRODUÇÃO	 1
 2. REVISÃO DE LITERATURA	 3
2.1. Descrição da planta	3
2.2. Usos e mercados	4
2.3. Nutrição mineral	6
2.3.1. Importância dos nutrientes	6
2.3.2. Extração de nutrientes	8
2.3.3. Sintomas visuais carência nutricional	10
2.3.3.1. Deficiência de nitrogênio	11
2.3.3.2. Deficiência de fósforo	12
2.3.3.3. Deficiência de potássio	13
2.3.3.4. Deficiência de cálcio	14
2.3.3.5. Deficiência de magnésio	15
2.3.3.6. Deficiência de enxofre	15
2.3.3.7. Deficiência de boro	16
2.3.3.8. Deficiência de zinco	17
2.4. Qualidade do óleo essencial	17
 3. MATERIAL E MÉTODOS	 19
3.1. Local e data	19
3.2. Recipientes e substrato	19
3.3. Mudas	19
3.4. Soluções nutritivas	20
3.5. Procedimentos	21
3.6. Corte e destilação	21
3.7. Cromatografia à gás	22
3.8. Análise estatística	22

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Sintomatologia das deficiências	23
4.1.1. Tratamento completo	23
4.1.2. Omissão de nitrogênio.....	24
4.1.3. Omissão de fósforo.....	25
4.1.4. Omissão de potássio.....	25
4.1.5. Omissão de cálcio.....	26
4.1.6. Omissão de magnésio.....	26
4.1.7. Omissão de enxofre.....	27
4.1.8. Omissão de boro.....	30
4.1.9. Omissão de zinco.....	30
4.2. Produção de matéria verde e de óleo	30
4.3. Qualidade do óleo.....	40 ✓
4.3.1 Análise univariada dos principais componentes.....	41
4.3.1.1. Citronelal.....	41
4.3.1.2. Citronelol.....	42
4.3.1.3. Geraniol.....	43
4.3.1.4. Somatória de citronelal, citronelol e geraniol.....	43
4.3.2. Análise multivariada.....	44
5. CONCLUSÕES	47 ✓
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
 Apêndice 1 Produção: dados e análise de variância	54
 Apêndice 2 Composição do óleo: dados e análises	58
 Apêndice 3 Cromatogramas representativos de cada tratamento	61

Lista de figuras

Página

1. Derivados do óleo essencial de citronela	5
2. Fotografias dos tratamentos antes do primeiro corte	28
3. Detalhes de coloração de folhas de plantas deficientes em fósforo, potássio e enxofre	28
4. Comparação entre a coloração de folhas dos tratamentos completo, - enxofre e - fósforo	28
5. Folha nova de citronela deficiente em boro	28
6. Fotografias dos tratamentos antes segundo corte	29
7. Produção de matéria verde no primeiro corte	31
8. Produção de óleo no primeiro corte	32
9. Porcentagem de óleo na MV no primeiro corte	33
10. Produção de matéria verde (MV) no segundo corte	34
11. Produção de óleo no segundo corte	35
12. Porcentagem de óleo na MV no segundo corte	36
13. Comparação da produção de óleo entre os dois cortes	37
14. Picos identificados nos cromatogramas de óleo de citronela	41
15. Gráfico das Variáveis Canônicas CAN1 x CAN2	45

Lista de tabelas

1. Preparação das soluções nutritivas para cada tratamento	20
2. Teste bilateral de Dunnett da variável matéria verde no primeiro corte	31
3. Teste bilateral de Dunnett da variável produção de óleo no primeiro corte	32
4. Teste bilateral de Dunnett da variável porcentagem de óleo na MV no primeiro corte	33
5. Teste bilateral de Dunnett da variável produção de MV no segundo corte	34
6. Teste bilateral de Dunnett da variável produção de óleo no segundo corte	35
7. Teste bilateral de Dunnett da variável porcentagem de óleo na MV no segundo corte	36
8. Teste bilateral de Dunnett para as médias dos tratamentos da variável citronelal	42
9. Teste bilateral de Dunnett para as médias dos tratamentos da variável citronelol	42
10. Teste bilateral de Dunnett para as médias dos tratamentos da variável geraniol	43
11. Teste bilateral de Dunnett da variável citronelal+citronelol +geraniol	44

MACRONUTRIENTES, BORO E ZINCO NA CITRONELA DE JAVA: SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS E EFEITOS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL.

Autor: JOSÉ ULTIMIO JUNQUEIRA JR.

Orientador: PROF. DR. MOACYR CORSI

RESUMO

Para que pudessem ser caracterizados os sintomas das deficiências dos macronutrientes, de boro e de zinco na citronela de Java, foi utilizada neste trabalho, a técnica de omissão de cada nutriente da solução nutritiva. Deste modo a citronela foi submetida à nove tratamentos: completo, -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, -B e -Zn. Além dos sintomas visuais, foram avaliadas a produção e a composição do óleo essencial obtido em cada tratamento.

Das plantas cultivadas com omissão de algum nutriente, somente as submetidas ao tratamento -Zn, não apresentaram sintomas visuais de deficiência nutricional. A produção de óleo foi sensivelmente afetada pelos tratamentos, sendo aqueles com omissão de K, de N e de S os mais prejudicados.

A composição também sofreu alterações, com destaque para a redução dos teores de citronelal e geraniol, nos tratamentos -K e -S, respectivamente. A subtração de Mg aumentou a relação citronelal/geraniol e a quantidade de óleo obtida foi ligeiramente superior ao completo, embora as plantas tenham acusado a falta desse nutriente através de sintomas visuais.

Para a avaliação qualitativa foi sugerida uma análise multivariada dos componentes (picos cromatográficos) do óleo essencial. Esta análise, além de outras aplicações, parece ser um método bastante promissor na determinação de possíveis deficiências nutricionais em plantas aromáticas. Os componentes P8 e P6 foram, nesta ordem os que mais sensivelmente discriminaram os tratamentos.

MACRONUTRIENTS, BORON AND ZINC IN JAVA CITRONELLA: DEFICIENCIES SYMPTOMS AND EFFECTS ON YIELD AND ESSENTIAL OIL QUALITY.

Author : JOSÉ ULÍMIO JUNQUEIRA JR.

Adviser: Dr. MOACYR CORSI

SUMMARY

In order to characterize the visual symptoms of macronutrients, boron and zinc deficiencies in the Java citronella, the technique of omission of each nutrient from the nutritive solution was used. Nine treatments were imposed to citronella: complete, -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, -B and -Zn. Besides the visual symptoms, yield and essential oil composition were evaluated.

Except for the -Zn plants all the others showed the visual symptoms of nutrient deficiency. Oil production was influenced by the treatments, and the -K, -N and -S were the most affected.

The oil composition was also affected, and decreases in citronelal and geraniol contents were observed in the -K and -S treatments, respectively. Plants in the no Mg treatment, had higher citronelal/geraniol ratio and higher quantity of oil than those in the complete treatment, although visual Mg deficiency symptoms were observed.

Multivariate analysis of the components (chromatographic peaks) of the essential oil was used for the qualitative evaluation. This analysis, among other applications, seems to be very promising in the determination of possible nutritional deficiencies in aromatic plants. The components P8 and P6 were, in this sequence, those who most sensibly discriminated the treatments.

1. INTRODUÇÃO

A citronela é uma planta aromática originária do Sri Lanka (antigo Ceilão), da qual se extrai um óleo essencial que é utilizado pela indústria de odorizantes desde a metade do século passado, conhecido internacionalmente como "citronella essential oil".

Comercialmente existem dois tipos de óleo de citronela, produzidos a partir de duas espécies botanicamente distintas: o tipo Java ("Java citronella oil"), oriundo da citronela de Java (*Cymbopogon winterianus* Jowitt), também denominada "mahapenguiri" (GUENTHER, 1952), extensamente cultivada em regiões da Ásia, América Central e América do Sul; e o tipo Ceilão ("Ceylon citronella oil"), extraído da citronela do Ceilão (*Cymbopogon nardus* Rendle), ou "lenabatu", até hoje cultivada apenas em Sri Lanka.

A citronela conhecida como tipo Java, segundo GUENTHER (1952), foi levada do Ceilão para Java por alguns pioneiros da indústria de perfumes, tendo sido introduzida por volta de 1890. Na Indonésia encontrou condições bastante favoráveis propagando-se rapidamente. Anos mais tarde, os japoneses a levaram para Formosa de onde passaram a abastecer sua demanda. Na América Central, mais precisamente na Guatemala, a introdução ocorreu por volta de 1930 estimulada pelo declínio das plantações de banana, devido ao "mal de sigatoka".

Embora atualmente o óleo tipo Java seja considerado de melhor qualidade, sendo industrialmente mais vantajoso, nos primeiros anos, houve dificuldade de penetração deste tipo de óleo no mercado internacional, acostumado com o padrão

olfativo da citronela do Ceilão. Até 1900, praticamente a totalidade do óleo comercializado, era oriundo de citronela do Ceilão. Esta situação modificou-se gradualmente até que, nos anos 30, o tipo Java passou a dominar o mercado mundial de óleo de citronela.

A ocupação de Java pelos japoneses, durante a Segunda Guerra, bloqueou a exportação do óleo para o Ocidente. A produção Javanesa foi desestimulada, declinando rapidamente. A falta do óleo de citronela de Java nos mercados norte americano e dos países aliados estimulou a produção na Guatemala, bem como, a introdução em outros países. Desta forma, Honduras, Haiti, Congo Belga e outros, iniciaram a produção desse óleo.

Foi provavelmente nos anos cinquenta, que a citronela chegou ao Brasil. Trazida por imigrantes, a cultura instalou-se às margens do rio Uruguai na região de Porto Soberbo, noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, na divisa com a Argentina, onde ainda hoje é produzida a maior parte da citronela brasileira.

Em Porto Soberbo, as propriedades são pequenas e a mão de obra é basicamente familiar. A mecanização é praticamente inexistente, há pouca utilização de insumos e a destilação é feita em alambiques bastante rudimentares. Estas características de exploração aliadas ao clima frio daquela região concorrem para uma baixa produtividade da cultura o que, eleva o custo de produção e dificulta a colocação do óleo no mercado internacional a preço competitivo. Já nos Estados do Sudeste do Brasil, onde o clima é mais propício à exploração de capins tropicais, a citronela têm demonstrado um bom potencial produtivo, apresentando-se como numa opção de diversificação agroindustrial bastante promissora também para pequenos produtores.

Os processos de extração de óleos essenciais de plantas, são conhecidos e aprimorados à centenas de anos e não se espera grandes aumentos de rendimento

advindos de pesquisas nesta área. Estes aumentos no entanto, se mostram ainda possíveis na parte agrícola, à medida que se conhece melhor a planta e se estabelece técnicas de manejo mais adequadas para a cultura.

Este trabalho teve como objetivo identificar e caracterizar os sintomas de deficiências de macronutrientes, boro e zinco na citronela, além de verificar a influência da omissão desses nutrientes na produção e qualidade do óleo essencial, se constituindo num passo inicial para futuros estudos sobre nutrição desta planta aromática.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Descrição da planta

Taxonomicamente a citronela de Java (*Cymbopogon winterianus* Jowitt), pertence à família Gramineae, à subfamília Panicoideae, e à tribu Andropogoneae. É uma planta herbácea, perene, estolonífera, que forma touceiras com muitos perfilhos. As folhas são laminares com bainhas invaginantes, são longas e estreitas. O caule é ereto e nodoso, podendo alcançar 1,5 m de altura.

A citronela se adapta bem à vários tipos de solo e clima, vegetando abundantemente nas regiões tropicais. A propagação é feita vegetativamente, através de propágulos obtidos pela divisão da touceira já que, apesar de florescer abundantemente nas condições do Brasil Central, a produção de sementes férteis é muito baixa (PINTO et al, 1963). Solos leves e bem drenados favorecem o estabelecimento.

É uma planta do tipo C₄ (HERATH & ORMROD, 1977), apresenta baixo ponto de compensação de CO₂, podendo ser considerada como uma gramínea tropical, e portanto, com potencial para alcançar altas produções de massa verde em condições satisfatórias de temperatura, luminosidade, água e nutrientes.

2.2. Usos e Mercados

As folhas desta gramínea possuem micro-pelos glandulares (IRUTHAYATHAS & HERATH, 1982) que sintetizam e armazenam um óleo aromático que pode ser facilmente extraído por destilação com arraste de vapor, sendo este seu principal interesse econômico. O bagaço que sobra desta destilação, pode ser aproveitado diretamente como volumoso para alimentação de ruminantes de baixa exigência nutricional (SUBBA RAO et al, 1984), ou ainda sofrer algum tipo de tratamento para aumento da digestibilidade (ROLZ et al, 1986). A composição do bagaço da citronela segundo os últimos autores é a seguinte: NDF (72.0%); ADF (42.0%); lignina (11.1%); celulose (28.5%); hemicelulose (30.0%); cinzas (9.3%); proteína bruta (4.5%); óleo essencial (traços).

O óleo essencial de citronela tem grande utilidade na odorização de sabões, desinfetantes e ceras. Mascarando odores indesejáveis de certos ingredientes, cede uma nota de frescor a esses produtos (INTERNATIONAL TRADE CENTRE UNCTAD/GATT, 1986). Também é usado na fabricação de cremes repelentes de mosquitos, e na composição de alguns sabonetes medicinais.

Por ser especialmente rico em citronelal e geraniol, compostos de ampla utilização na perfumaria, o óleo de citronela é também, matéria prima para extração desses compostos por fracionamento. O geraniol assim como seus derivados, é empregado em composições florais em perfumaria fina, possuindo fragrâncias remanescentes de rosa. O citronelal pode ser transformado em hidroxycitronelal, utilizado para a síntese do l-mentol, importante aromatizante de balas, bebidas, doces, etc (Figura 1) (ROBBINS, 1983).

Figura 1. Derivados do óleo essencial de citronela.

A citronela do Ceilão é menos procurada pois seu óleo apresenta uma concentração de alcoois totais da ordem de 55 a 65%, com 7 a 15% de citronelal. Na citronela de Java os alcoois totais normalmente somam mais de 85%, com teores de citronelal em torno de 35% (GUENTHER, 1952).

O mercado internacional chega a comercializar entre 2.000 e 2.500 toneladas de óleo de citronela por ano (ROBBINS, 1983). Deste total, a Indonésia é responsável por 40 a 50%, a China exporta pouco menos que a Indonésia, enquanto Taiwan, Guatemala e Sri Lanka, ficam aproximadamente com 5% cada. O Brasil responde por 2% desse mercado (ROBBINS, 1983). Além destes, outros países são eventuais exportadores, principalmente: Vietnã, Tailândia, Índia, México, Honduras e República Sul Africana.

Dados do último Simpósio de Óleos Essenciais realizado no Brasil, apontam que a produção brasileira é da ordem de 65 t/ano, sendo Porto Soberbo (RS), a região de maior produção com 70% deste total (KIEFER, 1986).

O consumo interno brasileiro de óleo de citronela é bastante significativo, pois várias multinacionais do setor de perfumaria, mantêm unidades produtoras no Brasil e embora o país figure na lista dos países exportadores, este fluxo em certas ocasiões têm se invertido. A queda nas alíquotas de importação de geraniol vêm tornando o produto importado economicamente mais interessante e além disso, o preço internacional é mais estável e a entrega assegurada.

A citronela sofre concorrência de outros óleos essenciais (ROBBINS, 1983), como é o caso do *Eucalypto citriodora* na obtenção do citronelal, ou da palma-rosa (*Cymbopogon martini*) na produção de geraniol. Há também a concorrência dos compostos sintéticos, obtidos a partir da terebentina, usada para a fabricação de muitos princípios aromáticos utilizados em perfumaria.

O Brasil tem condições de solo e clima para produzir um óleo de citronela qualitativamente comparável ao dos melhores produtores mundiais. PEYRON (1972) ao analisar algumas amostras de óleos essenciais provenientes do Mato Grosso, ressaltou as excelentes características químicas, olfativas e de coloração do óleo de citronela oriundo daquela região.

2.3. Nutrição Mineral

2.3.1 Importância dos Nutrientes

A produção vegetal é resultado da atividade bioquímica das plantas, utilizando energia solar e nutrientes para a formação de compostos orgânicos. As plantas superiores necessitam para o seu desenvolvimento além de CO_2 e H_2O , dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, e Zn.

Vários são os exemplos de elementos em compostos vitais, como N nas proteínas, P nos ácidos nucleicos, Fe nos citocromos e Mg na clorofila. Alguns outros,

embora predominem na forma iônica, tem funções importantes como é o caso do K na regulação osmótica e mecanismo estomático (MALAVOLTA, 1979).

A falta, ou mesmo a simples carência, de determinado nutriente, resulta em prejuízo no desenvolvimento das plantas, podendo haver diminuição da produtividade ou, dependendo da severidade e da época de ocorrência, acarretar até mesmo morte da planta.

Nas gramíneas forrageiras, a baixa disponibilidade de fósforo na época do plantio, pode comprometer seriamente o estabelecimento da pastagem. Os capins gordura (*Melinis minutiflora* P. de Beauv) e jaraguá (*Hiparrhenia rufa* Stapf) tem sérias dificuldades de estabelecimento em meios com níveis de fósforo abaixo de 5 ppm, enquanto o capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq) necessita de 10 ppm no mínimo (WERNER & MATTOS, 1972; WERNER & HAAG, 1972).

Já o potássio e o nitrogênio são importantes no estímulo à produção. VICENTE-CHANDLER et al (1964) estudando o uso de altas doses de nitrogênio em gramíneas tropicais, relataram que entre estas, há espécies que apresentam capacidade de resposta a níveis de até 1800 Kg de N/ha/ano. SALETTE (1970) demonstrou a importância da adição de potássio no manejo intensivo de capins tropicais, constatando que doses crescentes de nitrogênio não proporcionavam aumentos na produção do capim-pangola quando o nível de potássio era baixo, com a adição do potássio o efeito da adubação nitrogenada se fazia sentir.

O calcário é fundamental para a correção da acidez do solo, potencializando as respostas de N, P e K, além de ser fonte de Ca e Mg também indispensáveis às plantas.

A citronela, embora não seja uma gramínea utilizada para pastejo (as plantas não são palatáveis aos animais antes da extração do óleo essencial), apresenta

características morfo-fisiológicas muito próximas de gramíneas forrageiras tropicais. O gênero *Cymbopogon*, a que pertencem além da citronela, a palma-rosa (*Cymbopogon martinii*) e o lemongrass (*Cymbopogon citratus*) popularmente conhecido como "erva cidreira" ou "capim santo", foi desmembrado pela sistemática, do gênero *Andropogon* (em algumas referências ainda é possível encontrar a denominação *Andropogon nardus* Rendle), que apresenta espécies sobejamente conhecidas como forrageiras como o capim de gamba (*Andropogon gayanus* Kunth). Esta proximidade será explorada nesta revisão, já que as gramíneas forrageiras foram mais estudadas que as aromáticas.

2.3.2. Extração de nutrientes

A intensidade do processo de produção vegetal depende da capacidade fotossintética das folhas, do CO₂ do ar, da intensidade luminosa, além da umidade, e dos nutrientes fornecidos pelo solo. Sabe-se que o potencial de produção de gramíneas tropicais é bastante elevado, não sendo incomuns produções acima de 50 toneladas de MS/ha/ano (VICENTE-CHANDLER et al., 1964; SILVEIRA et al., 1976). Essa biomassa exportada, é formada as custas de grande quantidade de nutrientes.

HAAG & DECHEN (1984), apresentando dados de alguns autores, ressaltam a elevada absorção de nitrogênio e potássio nas forrageiras (11,5 e 20,2 Kg/ton em *Andropogon gayanus* e 10,7 e 24,6 Kg/ton de MS em capim-colonião, respectivamente). Concentrações semelhantes de N e K (10,7 e 16,6 Kg/ton de MS) também foram observadas por BOMMEGOWDA et al (1983), em citronela adubada com 150 Kg de N/corte, com produção média de 6 t de MS/corte, independentemente da quantidade de potássio aplicada (42, 62 ou 82 Kg de K₂O/corte)

Em forrageiras sob pastejo direto, parte desses nutrientes é reciclada através das fezes e urina dos animais, porém no caso de gramíneas para corte como as

utilizadas como capineira, silagem, feno ou mesmo para extração de óleo, os nutrientes passam a ser exportados de maneira intensa. Neste caso, a não reposição desses nutrientes, resultará em deficiências nutricionais com consequente redução das futuras produções (FARIA, 1986).

A citronela, costumeiramente, é explorada por vários anos sem que haja uma preocupação, por parte do produtor de óleo, com a reposição dos nutrientes. Nem mesmo o bagaço não utilizado como combustível na caldeira, retorna da destilaria às áreas de cultivo como sugerido por DONALÍSIO (1985). Este procedimento, comum à maioria das áreas produtoras de citronela no Brasil, pode explicar em parte, a baixa produtividade da citronela brasileira (em média, menos de 100 Kg de óleo/ha/ano), bastante abaixo do potencial da cultura que, em trabalhos de autores indianos (SINGH et al, 1983; PRAKASA et al, 1984; MUNSI & MUKHERJEE, 1986), chega a produzir 250 até 400 Kg de óleo/ha/ano.

Apesar da baixa absorção de nutrientes na fase de implantação da cultura (26,6 Kg de N/ha e 18,5 Kg de K/ha até 150 dias) segundo os dados de PRAKASA & GANESH (1986), em cultivos explorados mais intensivamente, a quantidade de nutrientes exportada através das folhas da citronela é elevada. BOMMEGOWDA et al (1983) considerando um período experimental de 25,5 meses, quando foram efetuados 5 cortes, obtiveram uma extração total de 313,1 Kg de N/ha e 532,1 Kg de K₂O/ha quando adubaram a citronela com 150 Kg de N/corte. Com metade da dose de N (75 kg/corte), a extração foi de 201,1 e 356,2 Kg/ha de nitrogênio e potássio respectivamente. Os níveis de adubação potássica (42 a 82 Kg de K₂O/ha/corte) não tiveram influência significativa ($P>0,05$) sobre a extração dos nutrientes estudados, e a interação entre K e N também não foi significativa a este nível de significância.

Aplicações de quantidades adequadas de fertilizantes foram consideradas como o fator mais importante para aumento de produção de massa verde na citronela (SINGH et al, 1983). Em um solo com pH 6,5 contendo 31 Kg de fósforo e 341 Kg de potássio disponíveis por hectare, os autores obtiveram produções máximas (aproximadamente 42,4 t de matéria verde/ha/ano e cerca de 300 Kg de óleo) com uma adubação anual de 120 Kg de N e 80 Kg de P_2O_5 /ha. O fornecimento de 40 Kg de K_2O não alterou significativamente ($P>0,05$) a produção em relação ao controle sem potássio.

BOMMEGOWDA et al (1980) alertaram para o fato de que o incremento de produção de óleo devido à adubação nitrogenada, é resultado do aumento do número de folhas produzidas, já que, a aplicação de nitrogênio demonstrou influenciar negativamente a densidade de glândulas oleíferas nas folhas de citronela, reduzindo a percentagem de óleo na matéria verde.

2.3.3. Sintomas visuais de carência nutricional

Na insuficiência de um dos nutrientes necessários ao desenvolvimento (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Cl, Fe, Mn, Mo e Zn), o metabolismo das plantas sofre alterações que podem se traduzir em sintomas visuais específicos. Esta insuficiência pode ocorrer por vários fatores, desde a simples falta do nutriente no solo, até uma indisponibilidade temporária, ou mesmo um desbalanço entre a capacidade de extração e o ritmo de utilização.

A identificação da carência de um nutriente através de sintomas visuais, pode ser bastante útil para correção de desbalanços nutricionais antes que a produção seja seriamente comprometida. Além disso, evita desperdícios ou mesmo indução de outras deficiências ou toxidez, através de aplicações desnecessárias de nutrientes.

MALWATKAR et al (1984), descreveram a ocorrência de alguns sintomas como bronzeamento, amarelecimento e enrugamento de folhas de citronela, porém não conseguiram isolar a causa desta anormalidade que, segundo eles, se devia provavelmente, a um desbalanço nutricional ou deficiência de algum micronutriente (possivelmente Fe, Zn, Mn ou Cu). Apesar da causa incerta, as folhas que apresentavam este tipo de anormalidade produziam um óleo que continha teores de aldeídos totais (expressos como citronelal) até 40% mais baixos que os de folhas normais, depreciando a qualidade do produto. Segundo os autores, a aplicação de $MgSO_4$ e uréia diminuiu a ocorrência deste sintoma.

GUPTA et al¹ citado por BOMMEGOWDA et al (1980), ainda que desconhecendo a causa, resolveu o problema de clorose internerval em citronela cultivada em solo com pH 8 a 8,5, aplicando uma mistura de micronutrientes (0,2% de Zn, 0,4% de Mn, 0,6% de Fe e 1% de Cu).

2.3.3.1. Deficiência de nitrogênio.

Vários autores relataram a importância do nitrogênio para a citronela, revelando interações importantes quanto a: cultivares (SINGH et al., 1980); frequência de corte (MUNSI & MUKHERJEE, 1986); níveis de adubação e retorno de investimento (BOMMEGOWDA et al., 1981); extração de nutrientes (BOMMEGOWDA et al, 1983) e forma do adubo (PRAKASA et al., 1983; PRAKASA et al., 1984).

Normalmente em ensaios de subtração de nutrientes com gramíneas, as plantas submetidas à falta de nitrogênio são as primeiras a manifestar sintomas.

¹GUPTA, R.; Saini, A. D.; Pande, P. C.. Possible causes of chlorosis in Java citronella crop. *Proceedings of the All Co-ordinated Improvement Project on Medicinal and Aromatic Plants. First Workshop*, p. 175-9. Bangalore, 1973.

WERNER & HAAG (1972) verificaram que o capim-colonião com oito dias após a supressão de N, já apresentava um desenvolvimento visivelmente menor que o completo, com amarelecimento e secamento das folhas mais velhas, havendo drástica diminuição no perfilhamento e na elongação dos colmos. WERNER (1971) destacou o avermelhamento mais pronunciado das folhas e a diminuição do vigor e da altura dos perfilhos do capim-jaraguá deficiente em nitrogênio.

HAAG et al (1965), também utilizando a técnica de subtração de nutrientes, observaram que além da clorose intensa, houve paralização do crescimento do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), submetido à deficiência de N. As plantas segundo os autores, não entouceiraram e nem formaram inflorescência.

Para a cana de açúcar cultivada em solução nutritiva, a omissão de nitrogênio provocou além da diminuição geral do vigor da planta, a ocorrência de folhas menores e mais rígidas que o normal (HAAG, 1965). O amarelecimento das folhas velhas seguido de secamento, sintoma de carência comum à várias gramíneas, foi descrito pelo autor como sendo resultado da fragmentação e do desaparecimento dos cloroplastos em plantas submetidas à restrição de nitrogênio.

2.3.3.2. Deficiência de fósforo

A adição de 40Kg de P_2O_5 /ha no plantio da citronela em solo considerado de mediana disponibilidade neste elemento, aumentou consideravelmente a produção de matéria verde (MV) e de óleo, sem alterar a percentagem de óleo na MV (SINGH et al, 1983). O aumento da dose para 80Kg/ha não alterou significativamente ($P>0,05$) nenhum dos parâmetros estudados.

Apesar da sua quase imobilidade no solo, o fósforo na planta é, assim como o nitrogênio, de fácil translocação. Os sintomas de deficiência ocorrem inicialmente nas folhas velhas e em muitas gramíneas provocam mudança na coloração.

HAAG et al (1965), descreveram a presença de laivos arroxeados nas folhas velhas do capim-elefante deficiente em fósforo, tendência descrita também por WERNER (1971) para o capim-jaraguá na supressão de fósforo.

No capim-colonião, além de alteração na cor, a deficiência de fósforo causa redução drástica no perfilhamento e no desenvolvimento geral das plantas, sintomas comuns, também ao capim-jaraguá (WERNER, 1971). A cana-de-açúcar com carência de fósforo apresenta secamento e retorcimento nas pontas das folhas velhas (HAAG, 1965).

2.3.3.3. Deficiência de potássio

Na citronela, mais importante que a quantidade de adubo potássico aplicada, parece ser a manutenção de um nível adequado desse nutriente no solo. SINGH et al (1990), encontraram melhores resultados quanto à produção de massa verde e óleo, com aplicação de apenas 41,5 Kg de K /ha em 4 vezes (plantio e três cortes) do que quando aplicaram o dobro desta quantidade, em uma única dose (plantio).

Segundo WERNER (1984), a carência de potássio desencadeia certos sintomas nas gramíneas que ao se observar uma pastagem atingida por essa deficiência, tem-se a impressão desta ter sido "sapecada" pelo fogo. Tal aspecto é causado pelo secamento à partir das extremidades e margens das folhas mais velhas e pela coloração amarelo-alaranjada das folhas médias, como ocorre no capim-elefante e no colonião (HAAG et al, 1965; WERNER, 1971). Para estas duas forrageiras os autores ainda

constatarem: diminuição do perfilhamento e desenvolvimento aquém do normal com redução do diâmetro dos colmos em relação às plantas sadias.

O capim-jaraguá submetido à carência de K, apresenta desenvolvimento geral e perfilhamento semelhantes à testemunha, ocorrendo apenas um amarelescimento intercalado de estrias longitudinais marrons nas folhas médias. À medida que as folhas vão ficando mais velhas, a coloração marrom passa a predominar e, mais tarde, ocorre o secamento que se inicia pela ponta e bordos das folhas (WERNER 1971).

As folhas velhas da cana-de-açúcar submetida à carência de potássio, são as primeiras a manifestar sintomas, principalmente um secamento que evolui das extremidades e margens para o centro do limbo (HAAG, 1965). Essas folhas adquirem uma cor amarelo pálido, e há o aparecimento de pequenas e esparsas manchas avermelhadas que vão aumentando gradativamente em número e tamanho.

2.3.3.4. Deficiência de cálcio

Algumas gramíneas submetidas a tratamento de omissão de Ca nem sempre apresentam sintomas visuais nítidos. HAAG et al (1965) não conseguiram caracterizar os sintomas de deficiência de cálcio em capim-elefante. Tanto o crescimento quanto o perfilhamento foram normais, segundo os autores.

O capim-colonião na ausência de Ca apresentou-se com coloração verde pálido-amarelada, e desenvolvimento reduzido em relação às plantas normais, sintomas que foram percebidos quinze dias após o início do tratamento (WERNER & HAAG, 1972). Além da coloração alterada, as folhas apresentaram secamento das pontas. No capim-jaraguá ocorreu murchamento das pontas das folhas novas, nas épocas de calor mais intenso.

2.3.3.5. Deficiência de magnésio

Assim como no caso do cálcio, HAAG et al (1965) não obtiveram sintomas da deficiência de Mg em capim-elefante quando suprimiram este elemento da solução nutritiva. De modo análogo, WERNER (1971) também não conseguiu sintomas para o capim-jaraguá deficiente em Mg.

Para o capim-colonião, os sintomas foram notados tardiamente e se caracterizaram por uma coloração verde-amarelada, com ocorrência de estrias longitudinais rugosas nas folhas velhas e médias (WERNER, 1971). O autor ressaltou ter sido esta, a última deficiência a manifestar sintomas e mesmo assim, pouco nítidos. As plantas deficientes apresentavam desenvolvimento comparável ao tratamento completo.

A carência de magnésio na cana-de-açúcar, não provocou alterações no aspecto geral das plantas, que se diferenciaram apenas por sintomas foliares (HAAG, 1965). Nas folhas velhas, apareceram manchas cloróticas isoladas, que a medida que cresceram, se fundiram e adquiriram uma coloração avermelhada. O ápice foliar dessecou, assim como as margens das folhas.

2.3.3.6. Deficiência de enxofre

Os sintomas de deficiência de enxofre aparecem nas folhas novas de capim-elefante (HAAG et al, 1965); estas folhas perdem a cor verde normal e adquirem coloração verde citrina. Esta característica também foi descrita por HAAG (1965), para cana-de-açúcar deficiente em enxofre. O autor descreve que, com o progredir da carência, aparecem manchas ligeiramente cloróticas, dispostas em linha, que posteriormente, adquirem a cor púrpura. As folhas velhas permanecem com a cor verde original.

WERNER (1971) não obteve sintomas de deficiência de S para o capim-jaraguá. O capim-colônia deficiente em enxofre apresenta ligeira redução no crescimento, coloração verde pálido nas folhas novas e amarelecimento das folhas velhas (HAAG & DECHEN, 1984).

2.3.3.7. Deficiência de boro

Embora as carências de micronutrientes nem sempre sejam facilmente percebidas ou reconhecidas, aplicações desses elementos em plantas aparentemente saudáveis, em alguns casos resultam em aumentos de produção, demonstrando aquilo que se conhece por "fome escondida". CHATTERJEE et al (1984), testando a aplicação foliar em citronela de alguns nutrientes (Zn, Mg, Mn, Fe, B, Mo) em três diferentes concentrações (1, 10 e 50 mg/l), ressaltaram que o melhor resultado dentre os tratamentos, foi a aplicação de B na forma de ácido bórico (H_3BO_3) na concentração 10 mg/l.

SINGH et al (1976) também alcançaram aumento de produtividade de óleo com a aplicação foliar de 50 ppm de B, concluindo que, apesar de não ter sido estatisticamente significativo ($P>0,05$), houve elevação na percentagem de óleo em todos os tratamentos com adição de boro.

Os sintomas de deficiência de B, devido à baixa mobilidade deste elemento na maioria das plantas, costumam ocorrer nas folhas novas e meristemas. Em gramíneas forrageiras, esta deficiência, assim como a da maioria dos micronutrientes, dificilmente é relatada. Quanto a esse fato WERNER (1984) enfatizou que enquanto não se suprirem as pastagens com macronutrientes cujas deficiências são mais agudas, não obter-se-ão resultados positivos com aplicação de micronutrientes.

2.3.3.8. Deficiência de zinco

A deficiência de zinco tem ocorrido com certa frequência em solos do cerrado brasileiro. A aplicação deste micronutriente em muitos casos, é considerada indispensável para obtenção de produções satisfatórias das gramíneas produtoras de grãos (milho, arroz, sorgo etc.). Para estas áreas WERNER (1984), recomendou a aplicação de 10 Kg de sulfato de zinco, adicionado à adubação fosfatada, no plantio da gramínea forrageira.

Na citronela, BOMMEGOWDA et al (1980), encontraram pequenos aumentos de produção tanto de MV (22,5 para 23,5 t/ha/corte) como de óleo (148 para 154 Kg/ha/corte) quando aplicaram 10 Kg de Zn/ha/corte, num cultivo sobre solo com pH 7,0 contendo 2,5 ppm de Zn e sendo adubada com 150, 33 e 42 Kg/ha/ corte de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Já CHATTERJEE et al, (1984) constataram que a aplicação isolada de Zn na forma de $ZnCl_2$ via foliar, foi prejudicial ao crescimento e à produção de óleo para todas as concentrações estudadas (1, 10 e 50 mg/l). Quando aplicado em combinação com Mg na concentração 10 mg/l houve aumento de 20% na produção de óleo. Os autores não apresentaram os níveis de nutrientes no solo da área utilizada para o experimento.

2.4. Qualidade do óleo essencial

Análiticamente, a qualidade de um óleo essencial é avaliada pela sua composição. Alcoois, aldeídos, terpenos e outros componentes, são medidos através de análises químicas, espectométricas ou cromatográficas, para serem comparados com padrões conhecidos. Estas análises são particularmente importantes quando o óleo tem como destino o fracionamento, ou seja a obtenção de um ou mais componentes que naturalmente existam em maior quantidade. Segundo a ISO (International Organization

for Standardization) o óleo essencial de citronela tipo Java, resultante da destilação à vapor das folhas de *Cymbopogon winterianus* deve possuir as seguintes características: Densidade relativa 20/20° C: 0,880 até 0,895; Índice de Refração: 1,4660 até 1,4730; Rotação Ótica: -5° até 0°; Solubilidade em etanol 80% (v/v) a 20° C: 1 volume em 2 volumes; Compostos acetiláveis: mínimo de 85%; Compostos carbonílicos: mínimo de 35%.

Na análise para fins comerciais, o chamado teor de geraniol é determinado através de acetilação. Porém nas condições em que é efetuada, não só o geraniol, mas outros alcoois como o citronelol, o nerol, o borneol, e até mesmo o citronelal (um aldeído), são afetados pela acetilação e computados como "geraniol total" (GUENTHER, 1952). A concentração de citronelal é obtida através do método da hidroxilamina (GUENTHER, 1952) e o valor obtido corresponde não só ao conteúdo de citronelal, mas encerra pequenas quantidades de outros compostos carbonílicos.

Estes critérios, embora mundialmente aceitos, ainda podem ser insuficientes para garantir a aceitabilidade do óleo, pois nas grandes indústrias do setor, um óleo essencial ou qualquer substância aromática para ser utilizada, precisa ter sido aprovada pelo perfumista após análise sensorial.

Alguns autores já demonstraram que a citronela apresenta variações na qualidade do óleo em relação à cultivares (WIJESEKERA et al, 1973), maturidade da planta (SINGH et al, 1979), temperatura (HERATH et al, 1979), época do corte (PRAKASA et al, 1985; MALWATKAR et al, 1984). GUENTHER, (1952) afirmou ainda que, a altitude, o tipo de solo, a secagem no campo e mesmo o tipo de destilação também influem na qualidade do óleo.

Embora algum desses fatores possa indiretamente estar ligado ao "status" nutricional da planta, a maioria dos trabalhos publicados até o momento, não detectou

influência significativa da aplicação de fertilizantes sobre a composição do óleo essencial, mesmo nos casos em que a produção é afetada (PRAKASA et al, 1985; MUNSI & MUKHERJEE, 1986; SINGH et al, 1976; SINGH et al, 1990).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Data e local

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Setor de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". O plantio foi feito em 20 de janeiro de 1989, e os tratamentos iniciados 25 dias após. Os cortes foram efetuados em 15/04/89 e 15/06/89, a alambicagem das folhas foi feita no laboratório de óleos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" em Piracicaba, SP.

3.2. Recipientes e substrato

Foram utilizados baldes plásticos cilíndricos de 3 litros de capacidade. Na porção inferior de cada balde foi feito um orifício, no qual foram acoplados, uma rolha e uma mangueira plástica que servia para escoar a solução. Para reter o substrato foi colocada internamente, junto ao orifício, uma pequena tela plástica. Como reservatório foram utilizados vidros âmbar com capacidade de 1 litro. O substrato utilizado foi sílica lavada.

3.3. Mudas

Foram escolhidos, para cada vaso, 5 perfilhos maduros de plantas adultas que após serem fixados na sílica, sofreram um corte a 10 cm de altura, eliminando-se assim, as folhas para diminuir a transpiração. Cada vaso foi irrigado diariamente com

solução completa segundo SARRUGE (1975), diluída na proporção 1/10, durante 25 dias para que as plantas pudessem se estabelecer. Ao final desse período os vasos foram regados com água desmineralizada em abundância, a fim de que fossem "lavados" os nutrientes retidos na sílica.

3.4. Soluções Nutritivas

As soluções nutritivas foram preparadas de acordo com SARRUGE (1975), os volumes de cada solução estoque indicados na Tabela 1 foram colocados em proveta de 1 litro contendo cerca de 100 ml de água desmineralizada, após o que, o volume foi completado até 1 litro também com água desmineralizada.

Tabela 1. Preparação das soluções nutritivas para cada tratamento (ml/l):

solução estoque	Comp	Tratamentos					
		-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
H ₂ PO ₄ M	1	1	-	-	1	1	1
KNO ₃ M	5	-	5	-	5	3	3
Ca(NO ₃) ₂ M	5	-	5	5	-	4	4
MgSO ₄ M	2	2	2	2	2	-	-
KCl M	-	5	1	-	-	2	2
CaCl ₂ M	-	5	-	-	-	1	1
NH ₄ H ₂ PO ₄ M	-	-	-	1	-	-	-
NH ₄ NO ₃ M	-	-	-	2	5	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄ M	-	-	-	-	-	2	-
Mg(NO ₃) ₂ M	-	-	-	-	-	-	2
Micronutrientes*	1	1	1	1	1	1	1
FeEDTA	1	1	1	1	1	1	1

*Micronutrientes:	H ₃ BO ₄	2,86 g/l
	MnCl ₂ . 4 H ₂ O	1,81 g/l
	Zn Cl ₂	0,10 g/l
	CuCl ₂	0,04 g/l
	H ₂ MoO ₄ . H ₂ O	0,02 g/l

A solução de FeEDTA foi preparada ainda de acordo com SARRUGE (1975). Nos tratamentos com omissão dos micronutrientes boro e zinco, foram feitas soluções estoque de micronutrientes sem os respectivos elementos.

3.5. Procedimentos

Diariamente eram efetuadas duas regas: pela manhã, a solução era despejada do recipiente reservatório no vaso, deixando-se a solução escoar pela mangueira até que o nível da solução ficasse em 1/3 da capacidade do vaso. No final da tarde, a solução era recirculada para que a sílica se mantivesse úmida durante a noite, período em que a solução permanecia no vidro reservatório.

As trocas de solução foram feitas com intervalos de 15 dias no começo do experimento, e tornaram-se mais frequentes (até 7 dias) no final do experimento. Em períodos de calor intenso, os vasos com plantas de maior porte consumiam a solução rapidamente, neste caso, se completava o volume com água destilada até a posterior troca de solução.

3.6. Corte e destilação

Após acompanhamento da evolução das deficiências, as plantas foram cortadas a uma altura de 10 cm, a fim de que fossem avaliadas as produções de massa verde (MV) e de óleo essencial. Logo em seguida, as plantas foram pesadas e levadas ao equipamento para destilação.

O material colhido de cada vaso, foi cortado em pedaços menores de aproximadamente 5 cm, e colocado num balão de fundo redondo de capacidade 2 litros. Em seguida adicionou-se 650 ml de água destilada. Acoplado à boca do balão, foi colocado um cotovelo seguido de um condensador de vidro ligado à outro cotovelo,

desembocando em um funil de separação. Uma manta aquecedora forneceu o calor necessário para a ebulição da água, que arrastou consigo o óleo essencial. Ao passar pelo condensador a mistura água + óleo se condensou chegando até o funil onde posteriormente, foi efetuada a separação.

O óleo essencial, após ser coletado em um tubo de ensaio devidamente tarado, foi pesado em balança analítica.

3.7. Cromatografia à gás

A avaliação da composição do óleo do 2º corte, foi feita por cromatografia à gás com detector de ionização de chama na Seção de Plantas Aromáticas e Fumo do Instituto Agronômico de Campinas, utilizando-se cromatógrafo CG® modelo 37 S, com uma coluna Carbowax 20M com 1/8 de polegada de diâmetro e 2,5 m de comprimento. A temperatura inicial da coluna foi de 70°C e a final 180°C; a programação de aquecimento de 2°C por minuto e a temperatura do detector foi mantida à 200°C. A vazão do gás foi a seguinte: ar = 200 ml/min; H₂ = 40 ml/min e N₂ = 2 ml/min. A quantidade de amostra injetada foi 1 µl.

Foram destacados dez picos em cada cromatograma, correspondendo aos principais componentes detectáveis em todas as amostras. O valor da área de cada pico foi tomado em integrador digital Varian® modelo 485 acoplado ao cromatógrafo, sendo a composição percentual do óleo expressa em relação à soma das áreas destes dez picos.

3.8. Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 9 tratamentos (completo; -nitrogênio; -fósforo; -potássio; -cálcio; -magnésio; -enxofre; -boro e -zinco) e 4 repetições, totalizando 36 vasos. Um dos vasos do tratamento -Mg

apresentou problemas com o pegamento e foi descartado. No segundo corte, por problemas na recuperação do material destilado, não foram obtidos os dados de produção de óleo de dois vasos, um do tratamento -N e outro do tratamento -P. Para simplificação da análise estatística as variáveis dessas repetições não entraram na análise deste corte (Apêndice 1). As fotografias foram tiradas pouco antes de cada corte.

Os dados de produção (MV e óleo), rendimento (percentagem de óleo na MV) e percentual dos componentes principais, após análise de variância, foram submetidos ao teste bilateral de Dunnett utilizando-se o pacote estatístico "SANEST". Os dados de composição sofreram também análises multivariadas do tipo "stepwise discriminant function" e "canonical discriminant function" (MANLY, 1986), efetuadas no programa "S.A.S".

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Sintomatologia das deficiências

Alguns dos sintomas de deficiência, só foram notados após o corte. Provavelmente a absorção desses nutrientes na fase de implantação em que se forneceu solução completa, ainda que pequena, foi suficiente para manter um status mínimo, de modo a não afetar, de maneira visível, alguns tratamentos. O corte acelerou a manifestação de sintomas e a diferença nas variáveis quantitativas.

4.1.1. Tratamento completo

As plantas do tratamento completo apresentaram bom desenvolvimento, perfilhamento normal, folhas bem desenvolvidas com coloração verde intensa, apresentando um ligeiro secamento dos ápices (Figura 2 foto central). O envelhecimento

de folhas foi considerado normal, com secamento gradual das folhas mais velhas característico de gramíneas bem nutridas.

4.1.2. Omissão de nitrogênio

As plantas com supressão de nitrogênio foram as que primeiro demonstraram sintomas de deficiência. Por volta da segunda semana após o início dos tratamentos, as folhas das plantas do tratamento -N, já apresentavam uma cor notadamente mais clara que as dos demais. Com o passar do tempo, este sintoma se acentuou ficando bem nítida a mudança de coloração em relação ao completo. As folhas mais velhas tornaram-se amarelas seguindo-se um secamento prematuro que evoluía em forma de V, da ponta para o centro da lâmina foliar (Figura 2). Estes sintomas têm, aparentemente, ocorrência generalizada nas gramíneas, e também foram descritos por HAAG et al (1965) e WERNER & HAAG (1972), respectivamente nos gêneros *Pennisetum* e *Panicum*.

Houve uma redução geral do desenvolvimento prejudicando tanto o número como o desenvolvimento dos perfilhos (Figura 2). Após o corte, a rebrota foi lenta, agravando-se com o passar do tempo a disparidade de desenvolvimento em relação ao tratamento completo (Figura 6). As plantas submetidas a omissão de nitrogênio também tiveram visível redução do comprimento de folhas.

Os restos de talos deixados pelo corte (porção das plantas abaixo de 10 cm) apresentaram um padrão de secamento alterado, resultando em uma estrutura coriácea de coloração mais avermelhada que nos demais tratamentos. Aparentemente esta estrutura tem maior dificuldade de apodrecimento. Este sintoma, pode ser observado em muitas áreas de cultivo na região de Porto Soberbo, onde a falta de apodrecimento dos restolhos, dificulta as ceifas subsequentes que, por serem manuais (com facão), tendem a

ser efetuadas a uma altura cada vez maior. O acúmulo de material morto de diversos cortes acaba por prejudicar a penetração de luz na touceira, diminuindo gradativamente o perfilhamento e consequentemente a produção de massa verde.

4.1.3. Omissão de fósforo

Além de um ligeiro avermelhamento nos bordos de algumas folhas velhas (Figuras 2 e 3), até o primeiro corte, o tratamento com subtração de fósforo, não havia apresentado diferenças evidentes em relação ao completo. O crescimento foi praticamente normal, podendo ser constatado pela produção de MV, estatisticamente equivalente aos melhores tratamentos (Tabela 2)

Após o corte, ocorreu drástica redução do crescimento, houve prejuízo geral para o vigor das plantas, caracterizado por perfilhos mais finos e menos numerosos, além de folhas mais curtas. O avermelhamento das folhas inferiores (mais velhas) apareceu mais rapidamente, se manifestando também de forma mais intensa. A coloração geral das plantas foi alterada, ficando estas, mais amareladas que as do tratamento completo (Figura 6).

4.1.4. Omissão de potássio

Os sintomas se iniciaram por volta da quarta semana de tratamento, caracterizando-se por amarelecimento da ponta e dos bordos das folhas, seguido de secamento bastante rápido, tomando grande parte da área foliar e provocando enrolamento dos bordos em direção ao centro. Algumas folhas, apresentaram escurecimento da nervura central; outras, ainda verdes, se dobraram em torno do eixo longitudinal. As plantas ficaram com aspecto de cabeleira (as folhas enroladas ou dobradas, tinham a aparência de fios finos e compridos) (Figura 2). O resultado visual

destes sintomas, assim como descrito por WERNER (1984), pode ser considerado semelhante ao sapecamento por fogo. Houve redução do crescimento em relação ao tratamento completo, que acentuou-se com o 1º corte (Figura 6).

4.1.5. Omissão de cálcio

Antes do primeiro corte as plantas apresentaram um desenvolvimento tão bom, ou melhor do que o do tratamento completo. A única característica deste tratamento em relação ao controle foi a ocorrência de um maior número de folhas com secamento do ápice. Afora este fato, o aspecto geral era bastante saudável (Figura 2).

Após o corte houve uma redução acentuada do vigor das plantas (Figura 6). Além de terem folhas mal formadas, alguns vasos apresentaram perfilhos que brotaram com podridão que atingia o meristema basal e as folhas ainda na primeira fase de desenvolvimento, resultando em um sintoma parecido com o chamado "carvão da cana", que é causado por fungo. A citronela adquiriu um aspecto de enfezamento (folhas mais curtas, e inseridas mais próximas umas das outras) (Figura 6). Esta diminuição do comprimento de folhas também ocorreu nas plantas do tratamento com subtração de boro.

4.1.6. Omissão de magnésio

Este assim como o tratamento -Ca, não provocou sintomas muito evidentes de carência nutricional. As plantas apresentaram boa produção e aspecto saudável (Figura 2). Após o corte, as plantas rebrotaram normalmente, resultando em plantas semelhantes ao tratamento completo.

Alguns sinais da falta desse nutriente apareceram tardiamente, podendo ser notado um certo amarelecimento das folhas mais velhas, combinado com

avermelhamento das nervuras, dando um padrão listrado às folhas (Figura 6). Houve também uma seca mais acentuada das pontas das folhas em relação ao controle. A arquitetura e o desenvolvimento das plantas não foram afetados assim como em outras gramíneas (HAAG 1965; WERNER 1971).

4.1.7. Omissão de enxofre

Os sintomas visuais de deficiência de enxofre na citronela começaram a aparecer por volta da segunda semana do tratamento. As folhas novas tomaram uma coloração verde claro uniforme (verde citrina), também descrita por HAAG et al (1965) para o capim-elefante. As folhas velhas se tornaram escuras ou arroxeadas (Figuras 2). Este escurecimento iniciou-se na face inferior da folha passando rapidamente à face superior. O contraste entre os dois tipos de folhas era bastante marcante dentro da mesma planta, dando um aspecto inconfundível às plantas deficientes neste elemento (Figura 3). A cor púrpura também foi constatada por HAAG (1965) na cana-de-açúcar deficiente em enxofre.

Após o corte, as plantas deste tratamento, tiveram a rebrota bastante afetada, com visível redução do número de folhas. O desenvolvimento geral foi bem menor que o tratamento completo, havendo um amarelecimento geral das folhas (Figura 6) como ocorre no capim-colônia (HAAG & DECHEN, 1984).

Os sintomas iniciais da carência de enxofre se diferenciam dos sintomas de deficiência de fósforo pelo tom mais arroxeadado, e pelo padrão de coloração que toma praticamente toda a folha, enquanto na deficiência de fósforo, o avermelhamento em forma de V, se concentra na ponta e nos bordos. A Figura 4 mostra a comparação de folhas velhas deficientes em fósforo (à direita) e enxofre (no centro), com uma folha de mesma idade do tratamento completo (à esquerda).

Figura 2. Fotografias dos tratamentos antes do primeiro corte, pela ordem:

- nitrogênio (21)	- fósforo (24)	- potássio (9)
- cálcio (32)	completo (13)	- magnésio (8)
- enxofre (25)	- boro (14)	- zinco (33)

Figura 3. Detalhe de coloração de folhas de plantas deficientes em: fósforo, potássio e enxofre, nesta ordem.

Figura 4. Comparação entre a coloração de folhas (velhas) dos tratamentos: completo, -enxofre e -fósforo.

Figura 5. Folha nova de citronela deficiente em boro

Figura 6. Fotografias dos tratamentos com omissão ao lado do completo antes do segundo corte.

4.1.8. Omissão de boro

Este tratamento praticamente não apresentou sintomas antes do corte (Figura 2). O comprimento, largura e número de folhas foi semelhante ao tratamento completo. Na rebrota, as folhas das plantas deficientes em boro mostraram defeitos de formação caracterizados por enrugamento e rachaduras profundas no limbo, localizadas sempre em um dos bordos da lâmina. Algumas folhas chegavam a se curvar em direção ao bordo seccionado assumindo a forma de um dedo flexionado. O limbo apresentou nervuras descontínuas, característica notada principalmente quando a folha era colocada contra a luz (listras transparentes). Em alguns vasos, este sintoma, pôde ser observado mesmo antes do primeiro corte (Figura 5). As folhas brotaram visivelmente mais finas e curtas que as do tratamento completo (Figura 6), produzindo um aspecto ainda mais espigado do que na deficiência de cálcio. A coloração geral não foi afetada permanecendo o verde escuro semelhante ao completo.

4.1.9. Omissão de zinco

Não foram observados sintomas visuais da deficiência de Zn (Figura 2). Antes do corte algumas folhas apresentaram amarelecimento localizado na base do limbo, o que não foi considerado suficiente para caracterizar um sintoma de deficiência, já que, teve ocorrência restrita a um dos vasos e não se manifestou após o corte.

4.2. Produção de matéria verde e de óleo

Os dados de produção de cada vaso no primeiro e segundo corte encontram-se respectivamente no Apêndice 1. Os gráficos a seguir mostram as médias de produção de MV, óleo e a percentagem de óleo na MV para cada tratamento, no primeiro

e no segundo corte, acompanhados do teste bilateral de Dunnett para comparação das médias com o tratamento completo para cada variável.

Figura 7. Produção de matéria verde da citronela no 1º corte (g/vaso), média das repetições.

Tabela 2. Teste bilateral de Dunnett para as médias dos tratamentos da variável matéria verde (MV) no 1º corte

NOME	nº de Rep	Média	5%	1%
COMPLETO	4	90.572485		
-B	4	120.800003	NS	NS
-Zn	4	112.362503	NS	NS
-Ca	4	112.002495	NS	NS
-Mg	3	106.783335	NS	NS
-P	4	63.707504	NS	NS
-S	4	61.055000	NS	NS
-K	4	46.992500	**	**
-N	4	41.465000	**	**

** - TRATAMENTOS QUE DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

NS - TRATAMENTOS QUE NÃO DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

Figura 8. Produção de óleo da citronela no 1º corte (g/vaso), média das repetições

Tabela 3. Teste bilateral de Dunnett para as médias de tratamentos da variável produção de óleo no 1º corte

NOME	nº de Rep	Média	5%	1%
COMPLETO	4	0.682875		
-Mg	3	0.974533	NS	NS
-Ca	4	0.818800	NS	NS
-B	4	0.701325	NS	NS
-Zn	4	0.638000	NS	NS
-P	4	0.630025	NS	NS
-S	4	0.477125	NS	NS
-N	4	0.444775	NS	NS
-K	4	0.406525	NS	NS

** - TRATAMENTOS QUE DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

NS - TRATAMENTOS QUE NÃO DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

Figura 9. Percentagem de óleo na MV da citronela no 1º corte (g/vaso)

Tabela 4. Teste bilateral de Dunnett para as médias de tratamentos da variável percentagem de óleo na MV no 1º corte.

NOME	nº de Rep	Média	5%	1%
COMPLETO	4	0.751875		
-N	4	1.042350	**	NS
-P	4	0.995850	NS	NS
-Mg	3	0.923833	NS	NS
-K	4	0.873500	NS	NS
-S	4	0.760350	NS	NS
-Ca	4	0.743475	NS	NS
-B	4	0.588900	NS	NS
-Zn	4	0.576325	NS	NS

** - TRATAMENTOS QUE DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

NS - TRATAMENTOS QUE NÃO DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

Figura 10. Produção de matéria verde da citronela no 2º corte (g/vaso)

Tabela 5. Teste Bilateral de Dunnett para as médias de tratamentos da variável produção de matéria verde (MV) no 2º corte.

NOME	nº de Rep	Média	5%	1%
COMPLETO	4	99.574997		
-Zn	4	100.630005	NS	NS
-Mg	3	87.000000	NS	NS
-B	4	81.447502	NS	NS
-Ca	4	60.507500	**	**
-P	3	33.183334	**	**
-S	4	30.422501	**	**
-K	4	27.982502	**	**
-N	3	18.303333	**	**

** - TRATAMENTOS QUE DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

NS - TRATAMENTOS QUE NÃO DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

Figura 11. Produção de óleo da citronela no 2º corte (g/vaso), média das repetições

Tabela 6. Teste bilateral de Dunnett para as médias de tratamentos da variável produção de óleo no 2º corte

NOME	nº de Rep	Média	5%	1%
COMPLETO	4	0.672100		
-Mg	3	0.849567	NS	NS
-Zn	4	0.575650	NS	NS
-P	3	0.448367	**	NS
-B	4	0.408125	**	**
-Ca	4	0.369300	**	**
-S	4	0.293425	**	**
-N	3	0.274933	**	**
-K	4	0.240750	**	**

** - TRATAMENTOS QUE DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

NS - TRATAMENTOS QUE NÃO DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

Figura 12. Percentagem de óleo na MV da citronela no 2º corte (g/vaso), média das repetições

Tabela 7. Teste bilateral de Dunnett para as médias de tratamentos da variável percentagem de óleo na MV no 2º corte.

NOME	nº de Rep	Média	5%	1%
COMPLETO	4	0.673200		
-N	4	1.528200	**	**
-P	4	1.343200	**	**
-Mg	3	0.991767	**	NS
-S	4	0.982850	**	NS
-K	4	0.894925	NS	NS
-Ca	4	0.609225	NS	NS
-B	4	0.574850	NS	NS
-Zn	4	0.507550	NS	NS

** - TRATAMENTOS QUE DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

NS - TRATAMENTOS QUE NÃO DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

O tratamento completo teve boa produção de folhas, contendo uma percentagem de óleo compatível com os dados apresentados na revisão de GUENTHER (1952), em ambos os cortes.

No primeiro corte só foi possível detectar diferença significativa ($P>0,05$) em relação ao completo, apenas nos tratamentos -N e -K, e somente para a variável produção de MV (Tabela 2). Já no 2º corte apenas os tratamentos -Mg e -Zn não foram diferentes ($P>0,05$) do completo em alguma das variáveis de produção. Estes tratamentos tiveram desenvolvimento, aparentemente superior ao do completo (Figura 10). No caso do -Mg também a produção de óleo embora, sem significância estatística ($P>0,05$) foi em média, 0,2g/vaso superior ao tratamento completo (Figura 11; Tabela 6).

Nos tratamentos em que houve supressão de algum nutriente, nota-se diminuição de produção quando se compara o 1º com o 2º corte (em média 50%). Com efeito, enquanto o tratamento completo no 2º corte, produziu praticamente a mesma quantidade de óleo do 1º corte (cerca de 98%), as plantas do tratamento -Ca, por exemplo, produziram em média, apenas 45% do que haviam produzido no 1º (Figura 13).

Figura 13. Comparação da média de produção de óleo entre os dois cortes.

Mesmo nos tratamentos em que não houve diferença significativa ($P>0,05$) em relação ao completo, como no caso do -Mg ou do -Zn, houve redução na quantidade de óleo produzida (32% e 10%, respectivamente), quando comparados os dois cortes.

Além de ter sido o primeiro tratamento a apresentar sintomas de deficiência, a omissão de nitrogênio resultou na menor produção de MV dentre todos os tratamentos, na soma dos dois cortes. Quanto a produção de óleo, este também, ao lado do -K e -S, foi dos mais afetados (Figuras 8 e 11, Tabelas 3 e 6).

De conformidade com a conclusão do trabalho de BOMMEGOWDA et al (1980), a drástica diminuição do número de folhas e perfilhos após o 1º corte no presente experimento, parece ter sido o principal fator da grande redução da produção de óleo no tratamento -N, já que o percentual na MV, foi significativamente maior que no completo ($P>0,01$) (Tabela 7). Estes autores explicaram que a adição de N, tem um efeito maior no aumento da área foliar do que sobre o número de glândulas, resultando na diminuição na densidade de estruturas secretoras (número de estruturas por centímetro quadrado de folha). Este, segundo eles, é o fator responsável pela redução da percentagem de óleo em citronela adubada com nitrogênio, já que o tamanho e o conteúdo de óleo nas glândulas não é afetado.

O experimento de BOMMEGOWDA et al (1980) demonstrou que embora a percentagem de óleo na MV tenha sido maior nas plantas não adubadas, a quantidade total de óleo produzida foi significativamente superior nas áreas em que se forneceu nitrogênio. Ressalta-se portanto, a necessidade de obtenção de curvas de produção buscando a otimização do uso de N. Para tanto, os experimentos devem levar em consideração tanto a produção por área como o aumento do custo de destilação causado pela queda da concentração de óleo.

Assim como ocorreu na subtração do nitrogênio, a falta do fósforo apesar de ter reduzido acentuadamente a produção de MV (Figura 10), teve um efeito menor sobre a produção de óleo (Figura 11), só sendo estatisticamente diferente do tratamento controle no segundo corte e ao nível de significância de 5% (Tabela 6). É interessante notar que enquanto a média de produção de óleo neste corte foi cerca de 2/3 da média do óleo produzido pelo tratamento completo, a média de produção de MV foi de apenas 1/3 do completo.

Tanto na omissão de nitrogênio como na de fósforo, a percentagem de óleo na MV aumentou com o avanço da deficiência (comparando-se o primeiro e o segundo corte). Este aumento de rendimento, por começar a ocorrer antes que a produção seja significativamente afetada (Tabelas 3 e 4), em termos práticos, se acompanhado de sintomas visuais, pode servir de alerta ao produtor quanto a carência desses nutrientes. Algumas áreas de citronela, consideradas de ótimo rendimento na destilaria, podem ter baixa produtividade por área, causadas por carência nutricional.

A supressão de potássio foi o tratamento que mais afetou a produção de óleo nos dois cortes. A percentagem na matéria verde não foi significativamente alterada ($P>0,05$), embora também tenha sido numericamente maior que a do tratamento completo. Já o tratamento -Ca foi o que apresentou maior diferença de produção do primeiro para o segundo corte (Figura 13). A produção média de óleo, que no primeiro chegou a ser maior que o completo (embora sem diferença estatística) (Figura 8), foi significativamente menor ($P>0,01$) no 2º corte (Tabela 6), acompanhando a rápida evolução dos sintomas visuais.

O comportamento mais curioso talvez tenha sido do tratamento em que se omitiu o Mg, pois nos dois cortes, foi este, o que apresentou a maior produção de óleo, embora não tenha sido em nenhum deles, o de maior produção de MV. No segundo corte,

foi possível detectar estatisticamente ($P>0,05$), um melhor desempenho deste tratamento em relação ao tratamento completo quanto a percentagem de óleo. Embora sem dados conclusivos e, ainda que necessitando de estudos mais específicos, este experimento sugere que deficiências marginais de Mg podem vir a se constituir uma interessante prática de manejo para o aumento da produção de óleo.

O tratamento -S foi tão prejudicial a produção quanto os tratamentos -N e -K, sua carência pode ser considerada das mais críticas para a produção da citronela. Felizmente os sintomas iniciais de mudança de coloração já descritos, são bastante nítidos, manifestando-se bem antes que a deficiência comece a afetar significativamente a produção (Tabela 3), deixando bastante tempo para que se corrija o problema.

Os tratamentos -B e -Zn, foram os que apresentaram as menores médias para a percentagem de óleo na MV nos dois cortes (embora a diferença em relação ao tratamento completo, não tenha sido estatisticamente significativa) (Tabela 7). A subtração de Zn, não afetou a produção de óleo ($P>0,05$) em nenhum dos cortes. O mesmo não ocorreu com a retirada do B que, principalmente no segundo corte, causou perda significativa ($P>0,01$) na quantidade de óleo obtida (Tabela 6).

4.3. Qualidade do Óleo

A cromatografia revelou dez picos no óleo de citronela, detectados em todas as amostras. Destes os três mais importantes foram identificados através de co-injeção de padrões e comparação com cromatogramas conhecidos (MASADA, 1976) e encontram-se assinalados na Figura 14. Os percentuais de cada componente (percentagem em relação à soma dos 10 principais) estão no Apêndice 2. Os cromatogramas representativos de cada tratamento foram reproduzidos no Apêndice 3.

Figura 14. Picos identificados nos cromatogramas de citronela

4.3.1. Análise univariada dos principais componentes

4.3.1.1. Citronelal

Apenas o tratamento em que se subtraiu potássio apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) na percentagem de citronelal, decaindo em média 9 pontos percentuais (Tabela 8). O tratamento com supressão de Mg foi o único que, em relação ao controle, apresentou tendência de elevação desse componente embora não tenha sido estatisticamente significativa ($P > 0,05$).

Tabela 8. Teste bilateral de Dunnett para as médias dos tratamentos da variável citronelal

NOME	nº de Rep	Média	5%	1%
COMPLETO	4	33.324753		
-Mg	3	36.497665	NS	NS
-P	3	32.331001	NS	NS
-N	3	31.678668	NS	NS
-Zn	4	31.382500	NS	NS
-S	4	31.281998	NS	NS
-Ca	4	30.332752	NS	NS
-B	4	30.208000	NS	NS
-K	4	24.528000	**	**

** - TRATAMENTOS QUE DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

NS - TRATAMENTOS QUE NÃO DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

4.3.1.2. Citronelol

Os tratamentos, como mostra a Tabela 9, não influenciaram significativamente ($P>0,05$) na concentração de citronelol em relação à testemunha. Dentre os chamados componentes principais, foi o citronelol, o que apresentou menor variação entre os tratamentos.

Tabela 9. Teste bilateral de Dunnett para as médias dos tratamentos da variável citronelal

NOME	nº de Rep	Média	5%	1%
COMPLETO	4	17.033249		
-Mg	3	18.839333	NS	NS
-Ca	4	18.416000	NS	NS
-K	4	18.195999	NS	NS
-S	4	17.741249	NS	NS
-B	4	17.637501	NS	NS
-N	3	17.445999	NS	NS
-Zn	4	16.787500	NS	NS
-P	3	15.949999	NS	NS

** - TRATAMENTOS QUE DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

NS - TRATAMENTOS QUE NÃO DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

4.1.1.3. Geraniol

A subtração de enxofre demonstrou ser bastante prejudicial à concentração de geraniol que foi reduzida em média 36%, em relação ao controle (Tabela 10). Esta diminuição resultou em grande queda na percentagem total dos componentes principais (Tabela 11). Na análise para fins comerciais este, provavelmente, seria considerado o tratamento mais prejudicial à aceitabilidade do óleo.

Tabela 10. Teste bilateral de Dunnett para as médias dos tratamentos da variável geraniol.

NOME	n° de Rep	Média	5%	1%
COMPLETO	4	28.824251		
-P	3	28.806000	NS	NS
-Zn	4	27.871250	NS	NS
-K	4	27.295250	NS	NS
-B	4	27.138750	NS	NS
-N	3	25.281334	NS	NS
-Mg	3	23.415667	**	NS
-Ca	4	22.737499	**	NS
-S	4	18.499250	**	**

** - TRATAMENTOS QUE DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

NS - TRATAMENTOS QUE NÃO DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

4.1.1.4. Somatória dos principais componentes

Esta variável nos dá idéia do valor industrial do óleo obtido em cada tratamento. Os tratamentos -S, -K e -Ca afetaram significativamente ($P>0,01$) a soma dos principais componentes. No tratamento -S o fator responsável foi a queda acentuada do geraniol (Tabela 10), já no -K a diminuição ocorreu no conteúdo de citronelal (Tabela 8), enquanto no -Ca houve queda moderada tanto no citronelal como no geraniol.

O tratamento - Mg, embora tenha apresentado uma queda significativa ($P>0,05$) na percentagem de geraniol em relação ao tratamento completo (Tabela 10),

não demonstrou diminuição significativa ($P>0,05$) na soma dos componentes, devido ao aumento relativo da concentração de citrônella.

Tabela 11. Teste bilateral de Dunnett para as médias dos tratamentos da variável citrônella + citrônello + geraniol.

NOME	nº de Rep	Média	5%	1%
COMPLETO	4	79.752665		
-Mg	3	78.752665	NS	NS
-P	3	77.087001	NS	NS
-Zn	4	76.041245	NS	NS
-B	4	74.984253	NS	NS
-N	3	74.406001	NS	NS
-Ca	4	71.486252	**	**
-K	4	70.019257	**	**
-S	4	67.522499	**	**

** - TRATAMENTOS QUE DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

NS - TRATAMENTOS QUE NÃO DIFEREM DO TRATAMENTO COMPLETO

4.3.2 Análise multivariada

Através do S.A.S., foi feita uma análise denominada "stepwise discriminat function analysis" para escolha dos componentes que mais "separam" os tratamentos (MANLY, 1986), cujo resumo encontra-se no item g do Apêndice 2.

Os testes de hipótese do efeito dos tratamentos sobre a composição (conjunto dos componentes), e os respectivos valores de F da análise multivariada são mostrados no item f do Apêndice 2.

O gráfico das variáveis canônicas CAN1 X CAN2 (Figura 15) obtido no S.A.S. separa nitidamente os tratamentos -N (2), -K (4), -Mg (6) e -S (7). Os demais -P (3); -Ca (5); -B (8) e Zn (9) têm, como demonstrado pela proximidade com o tratamento completo (1), uma composição mais semelhante.

Figura 15 Gráfico das variáveis canônicas obtidas na função discriminante canônica utilizando a percentagem dos 10 componentes detectados no óleo.

É importante ressaltar que a função discriminante do tipo "stepwise" (Apêndice 2) mostrou que as variáveis que mais contribuíram para esta disposição espacial dos tratamentos no gráfico das variáveis canônicas, foram por ordem o P8, o P6, o (P1), o geraniol (P5), o P7, o P9, o citrônolol (P4) e o citrônolal P2, ou seja os picos P8 e P6 foram os que mais efetivamente diferenciaram os tratamentos, o citrônolol e o citrônolal tiveram pouca participação, enquanto os picos P3 e P10 foram eliminados da análise, por não terem influência discriminante.

A análise multivariada dos componentes do óleo, embora não tenha dado idéia classificatória como a análise univariada (não é possível saber ao certo qual o melhor óleo, simplesmente pode-se agrupá-los em nichos de proximidade), por levar em consideração uma gama maior de componentes, e em conjunto, pode se tornar uma ferramenta extremamente interessante na avaliação de experimentos que envolvam qualidade do "bouquet" (conjunto dos aromas de cada componente). Para tanto, há necessidade de se fazer uma avaliação sensorial (olfativa) classificatória dos tratamentos, verificando a proximidade ou distância do padrão comercial, por exemplo, através de uma função discriminante.

Neste trabalho, não foi sugerida a análise olfativa pois a quantidade de óleo obtida em algumas repetições, não permitiria uma análise equilibrada para todos os tratamentos, o que indubitavelmente prejudicaria a validade da mesma. Além disso o tipo de destilação utilizado no experimento resulta em padrões olfativos diferentes do padrão comercialmente aceito pelos perfumistas.

5. CONCLUSÕES

Das deficiências estudadas somente a deficiência de zinco não pôde ser caracterizada. Todas as demais apresentaram sintomas visuais bastante claros. Em algumas deficiências, como as de boro, cálcio e magnésio, estes sintomas só se manifestaram após longo período de supressão do elemento (mais de 60 dias). O corte da planta acelerou a manifestação dos sintomas.

As carências de potássio, nitrogênio e enxofre foram as que mais afetaram a produção de óleo sendo também as que, visualmente, se manifestaram mais cedo.

A percentagem de óleo na matéria verde aumentou com o avanço das deficiências de nitrogênio e fósforo, antes mesmo que a produção de óleo fosse significativamente afetada.

Quanto à qualidade do óleo para fracionamento industrial, as deficiências seguramente mais prejudiciais ao rendimento, são as de enxofre e de potássio, que reduziram significativamente as porcentagens de geraniol e citronelal respectivamente.

A análise multivariada demonstrou que os tratamentos -K, -N, -S e -Mg, foram os que apresentaram o conjunto de componentes mais distante do completo. Esta análise entretanto, carece de uma avaliação sensorial para qualificação dos tratamentos.

Os componetes (picos) que apresentaram maior poder de discriminação dos tratamentos foram o P8 e o P6. Estes dois componentes poderão, após outros estudos, se tornar parâmetros para a identificação de deficiências nutricionais na citronela. Além disso demonstra-se a necessidade da avaliação da influência dos mesmos, e de outros, percentualmente menos expressivos (em relação aos chamados principais: citronelal, citronelol e geraniol) sobre a qualidade olfativa do óleo essencial.

Alguns dos sintomas observados, principalmente no caso da carência de nitrogênio, podem ser encontrados em condição de campo em cultivos comerciais no Brasil, demonstrando que o patamar produtivo da citronela alcançado em outros países, em nossas condições, não está sendo atingido, em parte por causa de deficiências nutricionais facilmente detectáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOMMEGOWDA, A.; NARAYANA, M. R.; KRISHNAMURTHY, K.
Response of Java citronella to micronutrients. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, **25**(3): 568-70. 1980.
- BOMMEGOWDA, A.; NARAYANA, M. R.; KRISHNAMURTHY, K.;
GANESH RAO, R. S. Nitrogen fertilizer use in Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Mysore Journal of Agricultural Science**, Bangalore, **15**(1): 60-2, 1981.
- BOMMEGOWDA, A.; NARAYANA, M. R.; KRISHNAMURTHY, K.;
GANESH RAO, R. S.; CHANDRASEKHARA, G.; PUTTANNA, K.
Nutrient content and uptake studies in Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Mysore Journal of Agricultural Science**, Bangalore, **17**(1): 109-14, 1983.
- CHATTERJE, S. K.; NANDI, R. P.; SARKAR, D. P. Effect of mineral nutrients on growth and essential oil formation in *Cymbopogon winterianus*. **Science and Culture**, Calcutta, **50**(1): 26-9, 1984.
- DONALÍSIO, M. G. R. Gramíneas Aromáticas (Capim-limão, Citronela e Palma-rosa). In: RAIJ, B. van; SILVA, N. M. da; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JR., R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico, 1985. 52p. (IAC. Boletim técnico, 100).
- FARIA, V. P. de. Técnicas de produção de silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8. Piracicaba, 1986. **Anais**. Piracicaba, Fealq, 1986. p.119-44.
- GUENTHER, E. Essential oils of the plant family gramineae. In: _____. **The Essential Oils**. Van Nostrand, Princeton, 1952. v.4.

- HAAG, H. P. Estudos de nutrição mineral na cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) variedade CB 41-76 cultivada em solução nutritiva. Piracicaba. 1965. 141p. (Livre-docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP).
- HAAG, H. P. & DECHEN, A. R. Deficiências minerais em plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 7., Piracicaba, 1984. *Anais*. Piracicaba, FEALQ. 1985. p. 139-68.
- HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; COBRA NETTO, A.; ANDRADE, R. G.; COELHO, R. G. Estudos sobre a nutrição mineral do *Pennisetum purpureum* Schum, var. napier cultivado em solução nutritiva. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9, São Paulo 1965. *Anais*, p. 691-5.
- HERATH, H. M. W.; IRUTHAYATHAS, E. E.; ORMROD, D.P. Temperature effects on essential oil composition of citronella selections. *Economic Botany*, New York, **33**(4): 425-30. 1979.
- HERATH, H. M. W. & ORMROD, D. P. Carbon dioxide compensation values in citronella and lemongrass. *Plant Physiology*, Rockville, **59**: 771-2, 1977.
- INTERNATIONAL TRADE CENTRE UNCTAD/GATT. *Essential oils and oleoresins: a study of selected producers and major markets*. Geneva, 1986. 208p.
- IRUTHAYATHAS, E. E. & HERATH, H. M. W. Micro-hairs of citronella leaves and their relationship to components of citronella oil. *Tropical Agriculture*, Surrey, **59**(3): 227-30, 1982.
- KIEFER, H. Exploração de plantas aromáticas e óleos essenciais. In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., Campinas, 1986. *Anais*. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p. 15-20.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral. In: FERRI, M. G., coord., *Fisiologia Vegetal*, São Paulo, E.P.U.; EDUSP, 1979. v.1 p. 97-113.

- MALWATKAR, G. M.; KOKJE, B. A.; KELKAR, G. D. Seasonal variations in aldehyde content in oil: leaf yellowing and crinkling and leaf browning in Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Indian Perfumer**, New Delhi, **28**(1): 17-23, 1984.
- MANLY, B. F. J. **Multivariate statistical methods**. London, Chapman and Hall, 1986. 159 p.
- MASADA, Y. **Analysis of essential oils by gas chromatography and mass spectrometry**. New York, John Wiley, 1976. 333p
- MUNSI, P.S. & MUKHERJEE, S. K. Response of Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) to harvesting intervals with different nitrogen levels. **Acta Horticulturae**, Wageningen, **188**: 225-9, 1986.
- PEYRON, L. Sur quelques essences en provenance du Mato Grosso. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 5., Rio de Janeiro, 1971. **Anais da Academia Brasileira de Ciências Suplemento**, Rio de Janeiro, **44**: 332-40, 1972.
- PINTO, A. J. A.; INFORZATO, R.; SANTOS, S. R. dos; ABRAMIDES, E. Efeito da aplicação de hormônios vegetais sobre mudas de citronela. **Bragantia**, Campinas, **22**(67): 807-15, 1963.
- PRAKASA, E. V. S. R. & GANEHSA, R. S. R. Biomass accumulation and nutrient uptake patterns in Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Indian Perfumer**, New Delhi, **30**(4):487-92, 1986.
- PRAKASA, E. V. S. R.; SINGH, M.; GANESHA, R. S. R.; RAMESH, S. Effect of urea and neem cake coated urea on yield, and concentration and quality of essential oil in Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, **104**: 477-9. 1985.
- PRAKASA, E. V. S. R.; SINGH, M.; NARAYANA, M. R.; CHANDRASEKHARA, G. Relative efficiency of prilled urea and urea-supergranules in Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Fertilizer Research**, The Hague, **5**: 435-7, 1984.

- ROBBINS, S. R. J. Selected markets for the essential oils of lemongrass, citronella and eucalyptus. **Report of The Tropical Products Institute**, London,. G171: 23-35, 1983.
- ROLZ, C; DE LEON, R.; DE ARRIOLA, M. C.; DE CABRERA, S. Biodelignification of lemongrass and citronella bagasse by white-rot fungi. **Applied and Enviromental Microbiology**, Washington, 52(4): 607-11, 1986.
- SALETTE, J. E. Nitrogen use and intensive management of grasses in the wet tropics. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 11., Surfers Paradise, 1970. **Proceedings**. Sta Lucia, University of Queensland, 1970. p. 404-7.
- SARRUGE, J. R.; Soluções nutritivas **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, 1(3): 231-3, 1975.
- SILVEIRA, A. C. Contribuição para o estudo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) como reserva forrageira no trópico. Botucatu, 1976. 2 volumes (Livre-docência - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas / UNESP).
- SINGH, K.; CHOWDHURY, A.; SUBRAHMANYAM, K.; CHATTERJEE, B. N.; SINGH, D. V. Influence of amounts and methods of potassium application on yied and quality of citronella Java (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, 115: 247-52, 1990.
- SINGH, R. S.; BARUAH, A. K. S.; SINGH, K. K.; GANGULY, D. Effect of copper and boron on the yield and quality of Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) oil. **Indian Perfumer**, New Delhi, 20(1B): 115-20, 1976.
- SINGH, R. S.; PATHAK, M. G.; BODOLOI, D. N. Response of Java citronella cultivars to nitrogen under Jorhat condition. **Indian Perfumer**, New Delhi, 24(4): 192-8. 1980.

- SINGH, R. S.; PATHAK, M. G.; SINGH, K. K. Dynamics and diurnal changes in oil of Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) **Indian Perfumer**, New Delhi, **23**(2): 116-20. 1979.
- SINGH, R. S.; SINGH, K.; SINGH, K.; SINGH, J. P. Response of Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) to nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. **Indian Perfumer**, New Delhi, **27**(3&4): 153-5. 1983.
- SUBBA RAO, A.; SUNDARESHAN, K.; PRABHU, U. H.; SAMPATH, S. R. Chemical composition and nutritive value of spent citronella grass and cottonseed hulls. **Indian Journal of Animal Science**, New Delhi, **54**(11): 1064-5, 1984.
- VICENTE-CHANDLER, J.; CARO-COSTAS, R.; EARSON, R. W.; ABRUÑA, F.; FIGARELLA, J.; SILVA, S. The intensive management of tropical forages in Puerto Rico. Rio Piedras, **University of Puerto Rico Agric. Experiment Station**, 1964 (Bull., 187).
- WERNER, J. C. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. Piracicaba, 1971. 95p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/ USP)
- WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa, IZ, 1984. 49p. (IZ. Boletim Técnico, 18).
- WERNER, J. C. & MATTOS, H. B. de. Estudo de nutrição do capim gordura (*Melinis minutiflora*). **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, **29**(1): 175-84. 1972.
- WIJESEKERA, R. O. B.; JAYAWARDENE, A. L.; FONSEKA, B. D. Varietal differences in the constituents of citronella oil. **Phytochemistry**, Oxford, **12**: 2697-704, 1973.

Apêndice 1 Produção: dados e análise de variância.

a. Produção de matéria verde, óleo e concentração de óleo na MV no 1º corte

Tratamento	MV	Óleo	%
Completo	75,05	0,5761	0,7676
Completo	92,20	0,5640	0,6117
Completo	102,36	0,8704	0,8503
Completo	92,68	0,7210	0,7779
- N	18,86	0,1560	0,8271
- N	56,54	0,5842	1,0333
- N	41,48	0,5091	1,2273
- N	48,98	0,5298	1,0817
- P	45,90	0,5051	1,1004
- P	64,72	0,5640	0,8714
- P	73,39	0,7525	1,0253
- P	70,82	0,6985	0,9863
- K	52,62	0,5380	1,0224
- K	44,77	0,3460	0,7728
- K	54,75	0,3861	0,7052
- K	35,83	0,3560	0,9936
- Ca	124,36	1,0499	0,8442
- Ca	86,29	0,6910	0,8008
- Ca	130,46	0,6296	0,4826
- Ca	106,90	0,9047	0,8463
- Mg	107,77	0,8697	0,8070
- Mg	118,96	1,0080	0,8473
- Mg	93,62	1,0459	1,1172
- S	29,00	0,1780	0,6138
- S	67,84	0,6515	0,9603
- S	74,84	0,4759	0,6359
- S	72,54	0,6031	0,8314
- B	132,05	0,8381	0,6347
- B	87,72	0,6000	0,6840
- B	136,01	0,6724	0,4916
- B	127,42	0,6948	0,5453
- Zn	92,32	0,6675	0,7230
- Zn	116,50	0,5219	0,4480
- Zn	118,71	0,7530	0,6343
- Zn	121,92	0,6096	0,5000

b. Produção de matéria verde, óleo e concentração de óleo na MV no 2º corte

Tratamento	MV	Óleo	%
Completo	93,27	0,6642	0,7121
Completo	96,85	0,5025	0,5188
Completo	104,19	0,7374	0,7077
Completo	103,99	0,7843	0,7542
- N	03,29		
- N	12,97	0,1841	1,4194
- N	13,97	0,2441	1,7473
- N	27,97	0,3966	1,4179
- P	25,00	0,3063	1,2252
- P	35,32	0,5543	1,5694
- P	34,03		
- P	39,23	0,4845	1,2350
- K	37,13	0,2454	0,6609
- K	27,42	0,2133	0,7779
- K	17,93	0,1964	1,0954
- K	29,45	0,3079	1,0455
- Ca	74,64	0,4485	0,6009
- Ca	35,94	0,2191	0,6096
- Ca	66,77	0,5238	0,7845
- Ca	64,68	0,2858	0,4419
- Mg	91,45	0,8170	0,8934
- Mg	103,34	0,9831	0,9513
- Mg	66,21	0,7486	1,1306
- S	21,73	0,2486	1,1440
- S	31,87	0,3172	0,9953
- S	31,47	0,2954	0,9387
- S	36,62	0,3125	0,8534
- B	83,12	0,4316	0,5192
- B	91,14	0,4116	0,4516
- B	63,36	0,3698	0,5836
- B	88,17	0,4195	0,4758
- Zn	93,93	0,5942	0,6326
- Zn	106,88	0,5545	0,5188
- Zn	105,88	0,5665	0,5350
- Zn	95,83	0,5874	0,6130

c. Análise de variância da variável produção de MV no primeiro corte

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Tratamento	8	29953.227	3744.153	7.1203	0.00018
Resíduo	26	6810.597	261.946		
Total	34	36763.824			

Média Geral = 83.319427

Coeficiente de Variação = 19.425 %

d. Análise de variância de variável produção de óleo no primeiro corte

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Tratamento	8	0.96081	0.12010	5.5363	0.00058
Resíduo	26	0.56403	0.02169		
Total	34	1.5248432			

Média Geral = 0.632040

Coeficiente de Variação = 23.303 %

e. Análise de variância da variável percentagem de óleo na MV no primeiro corte

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Tratamento	8	0.86238	0.10780	5.4370	0.00064
Resíduo	26	0.51550	0.01983		
Total	34	1.3778833			

Média Geral = 0.802914

Coeficiente de Variação = 17.537 %

f. Análise de variância da variável produção de MV no segundo corte

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Tratamento	8	31825.844	3978.231	33.8133	0.00001
Resíduo	24	2823.671	117.653		
Total	32	34649.515			

Média Geral = 61.143028

Coeficiente de Variação = 17.740 %

g. Análise de variância da variável produção de óleo no segundo corte

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Tratamento	8	1.13731	0.14216	16.6823	0.00001
Resíduo	24	0.20452	0.00852		
Total	32	1.3418309			

Média Geral = 0.453212

Coeficiente de Variação = 20.369 %

h. Análise de variância de variável percentagem de óleo na MV no segundo corte

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Tratamento	8	3.36953	0.42119	21.6449	0.00001
Resíduo	24	0.46702	0.01946		
Total	32	3.8365509			

Média Geral = 0.865452

Coeficiente de Variação = 16.118 %

Apêndice 2. Composição do óleo (2º corte): dados e análises.

a. Percentagem relativa dos dez componentes (picos) do óleo de citronela detectados em todos os tratamentos

Trat.	Componentes									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
comp	1,617	30,770	1,587	17,587	28,780	4,027	10,204	2,923	1,440	1,065
comp	0,968	33,365	1,277	16,573	28,312	4,352	8,87	2,581	1,602	2,101
comp	1,658	35,262	0,977	16,34	28,702	3,831	8,115	2,42	1,841	0,855
comp	1,633	33,902	1,063	17,633	29,503	3,755	7,224	2,415	1,853	1,018
- N	0,433	32,521	0,711	18,454	21,599	3,016	14,465	5,517	1,451	1,833
- N	0,450	29,141	1,068	17,261	24,733	2,345	13,115	6,963	2,693	2,231
- N	0,521	33,374	1,136	16,623	29,512	1,143	8,645	5,030	2,248	1,767
- P	0,760	33,334	1,129	14,927	28,426	2,838	11,967	3,482	1,224	1,913
- P	0,885	31,870	1,378	16,887	29,617	3,573	6,676	3,619	3,546	1,950
- P	0,733	31,789	1,803	16,036	28,375	4,419	11,257	2,899	1,801	0,889
- K	0,523	25,009	0,617	16,161	26,47	5,575	15,374	6,116	2,354	1,801
- K	0,462	20,970	2,082	20,353	27,292	3,861	14,601	6,500	3,136	0,744
- K	0,488	24,739	1,02	17,687	26,165	3,746	17,477	5,853	1,575	1,250
- K	0,607	27,394	1,785	18,583	29,254	2,523	12,527	4,215	1,840	1,273
- Ca	0,687	32,511	1,940	16,863	22,838	6,709	10,962	3,693	2,431	1,365
- Ca	0,302	32,716	0,459	17,166	23,647	6,631	12,677	1,499	1,366	3,837
- Ca	1,209	26,792	2,457	20,453	28,712	4,492	10,339	3,178	1,960	0,408
- Ca	0,683	29,312	1,292	19,182	15,753	7,091	18,625	4,529	2,464	1,069
- Mg	1,063	36,584	2,418	18,008	24,074	3,953	7,631	2,707	1,706	1,855
- Mg	1,707	40,120	2,368	18,521	22,357	3,054	6,408	2,551	2,197	0,716
- Mg	1,370	32,789	3,200	19,989	23,816	4,166	7,499	3,844	2,585	0,741
- S	0,108	31,086	2,168	17,677	17,816	4,840	15,496	5,697	2,587	2,526
- S	0,807	32,513	1,770	18,536	17,747	4,704	10,683	6,545	5,110	1,585
- S	0,646	29,883	1,758	17,390	20,139	5,088	12,187	6,559	4,565	1,785
- S	0,671	31,646	1,787	17,362	18,295	4,718	9,846	7,85	6,307	1,519
- B	0,510	31,999	1,057	16,294	27,500	5,626	10,492	3,194	1,570	1,758
- B	0,512	31,681	1,513	18,278	27,297	5,544	9,177	2,533	2,050	1,414
- B	0,656	30,576	0,651	16,901	27,673	5,088	11,036	3,387	1,962	2,069
- B	0,887	26,576	2,677	19,077	26,085	6,554	10,165	4,134	3,286	0,558
- Zn	1,399	29,992	1,701	17,201	29,747	4,415	9,523	2,915	1,771	1,338
- Zn	1,071	31,424	1,368	16,183	26,214	6,592	8,919	3,771	3,035	1,423
- Zn	1,061	32,735	0,739	17,626	25,739	5,471	6,922	4,222	4,337	1,148
- Zn	1,660	31,379	1,133	16,140	29,785	4,191	11,139	2,493	0,837	1,244

b. Análise de variância da variável citronelal.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Tratamento	8	291.49825	36.43728	7.2694	0.00016
Resíduo	24	120.29776	5.01241		
Total	32	411.79602			

Média Geral = 31.083454

Coeficiente de Variação = 7.203 %

c. Análise de variância da variável citronelol.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Tratamento	8	20.91966	2.61496	1.9348	0.10083
Resíduo	24	32.43735	1.35156		
Total	32	53.35701			

Média Geral = 17.574303

Coeficiente de Variação = 6.615 %

d. Análise de variância da variável geraniol.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Tratamento	8	362.8544	45.3568	7.4508	0.00014
Resíduo	24	146.0996	6.0875		
Total	32	508.9540			

Média Geral = 25.514364

Coeficiente de Variação = 9.670 %

e. Análise de variância da variável citronelal + citronelol + geraniol.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Tratamento	8	480.3290	60.0411	7.1203	0.00018
Resíduo	24	202.3776	8.4324		
Total	32	682.7066			

Média Geral = 74.172119

Coeficiente de Variação = 3.915 %

- f. Análise da multivariância da percentagem relativa dos 10 componentes (picos) de cada tratamento segundo quatro testes.

	Valor	F	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.00003264	5.3113	80	103.7047	0.00001
Pillai's Trace	4.47485780	2.7927	80	176	0.00001
Hotelling-Lawley Trace	49.43095061	8.1870	80	106	0.00001
Roy's Greatest Root	22.80590805	50.1730	10	22	0.00001

- g. Resumo da seleção das variáveis (componentes) que mais diferenciam os tratamentos efetuada pela função discriminante "stepwise".

33 Observations 10 Variable(s) in the Analysis
9 Class Levels 0 Variable(s) will be included

Stepwise Selection: Summary

Step	Variable		Number In	Partial R ²	F Statistic	Prob > F
	Entered	Removed				
1	C8		1	0.7989	11.918	0.0001
2	C6		2	0.7516	8.699	0.0001
3	C1		3	0.7410	7.866	0.0001
4	C5		4	0.7334	7.222	0.0001
5	C7		5	0.5560	3.131	0.0183
6	C9		6	0.6689	4.798	0.0024
7	C4		7	0.5271	2.508	0.0502
8	C2		8	0.6263	3.561	0.0132

Step	Variable		Number In	Wilks' Lambda	Prob < Lambda	Average Squared Canonical Correlation	Prob > ASCC
	Entered	Removed					
1	C8		1	0.20110176	0.0001	0.09986228	0.0001
2	C6		2	0.04995394	0.0001	0.18387026	0.0001
3	C1		3	0.01294046	0.0001	0.24857730	0.0001
4	C5		4	0.00344968	0.0001	0.33511299	0.0001
5	C7		5	0.00153165	0.0001	0.37835763	0.0001
6	C9		6	0.00050713	0.0001	0.43273807	0.0001
7	C4		7	0.00023983	0.0001	0.48072510	0.0001
8	C2		8	0.00008963	0.0001	0.50945620	0.0001

Apêndice 3 Cromatogramas representativos de cada tratamento

a. Cromatograma do tratamento completo

b. Cromatograma do tratamento com omissão de nitrogênio

c. Cromatograma do tratamento com omissão de fósforo

d. Cromatograma do tratamento com omissão de potássio

e. Cromatograma do tratamento com omissão de cálcio

f. Cromatograma do tratamento com omissão de magnésio

g. Cromatograma do tratamento com omissão de enxofre

h. Cromatograma do tratamento com omissão de boro

i. Cromatograma do tratamento com omissão de zinco