**EFEITOS DA ATENUAÇÃO DE LUZ E DA ADUBAÇÃO MINERAL DE
COBERTURA SOBRE A PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE DE DUAS
VARIEDADES DE GENGIBRE (*Zingiber officinale* Rosc.).**

FERNANDO ROMARIZ DUARTE

Engenheiro-Agrônomo

Orientador : Prof. Dr. **KEIGO MINAMI**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Doutor em Agronomia,
Área de Concentração: Fitotecnia

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Janeiro - 1998

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Duarte, Fernando Romariz

Efeitos da atenuação de luz e da adubação mineral de cobertura sobre a produtividade e a qualidade de duas variedades de gengibre (*Zingiber officinale* Rosc.). / Fernando Romariz Duarte. - - Piracicaba, 1998.
98 p.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Adubação 2. Cobertura 3. Gengibre 4. Planta medicinal 5. Planta para condimento 6. Prática cultural 7. Radiação solar 8. Sombreamento I. Título

CDD 633.83

**EFEITOS DA ATENUAÇÃO DE LUZ E DA ADUBAÇÃO MINERAL DE
COBERTURA SOBRE A PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE DE DUAS
VARIEDADES DE GENGIBRE (*Zingiber officinale* Rosc.).**

FERNANDO ROMARIZ DUARTE

Aprovado em 03-07-1998

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Keigo Minami

ESALQ/USP

Prof. Dr. João Tessarioli Neto

ESALQ/USP

Prof^a Dr^a Maria Esmeralda Soares Payão Demattê

FCAVJ/UNESP

Dr. Odair Alves Bovi

IAC

Dr^a Marcia Ortiz Mayo Marques

IAC

Prof. Dr. Keigo Minami
Orientador

Aos meus pais Hélio [†] e Laís [†]

e aos meus irmão Adriano [†],

Maria Christina, Helena e Luiz

ofereço

À minha querida esposa Manuella

e queridos filhos Cynthia, Eduardo e Alexandre

dedico

in memoriam

AGRADECIMENTOS

O autor agradece às seguintes pessoas, empresas e instituições:

- em especial, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, mas que não constam individualmente nesta lista;
- ao Prof. Dr. Keigo Minami pelo estímulo e orientação;
- ao Instituto Agrônômico pela oportunidade do treinamento;
- a todos os dedicados funcionários do Departamento de Horticultura da ESALQ pela prestimosa ajuda e simpática colaboração;
- ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos;
- ao Dr. Odair Alves Bovi, Seção de Plantas Aromáticas/IAC pela participação oportuna em todas as fases deste trabalho, em clima de companherismo, incentivo e amizade;
- à Empresa Agroexotic Comércio Exterior Ltda. e seus funcionários pela colaboração nos ensaios de campo;
- ao Dr. José Luiz Garcia pela concessão de facilidades na instalação de experimentos e contribuição de material bibliográfico;
- ao Dr. Arlindo Herrera pela participação profissional competente e amigável em todas as fases do trabalho;
- ao Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias, Departamento de Matemática/ESALQ, pelas sugestões em questões estatísticas;
- aos Sr. Fernando Bonato e Sr. Osvaldo Federicci pela colaboração no preparo do solo, adubação e plantio das mudas dos ensaios de campo;
- ao meu filho Alexandre, acadêmico de Agronomia, pela participação dedicada em todas as fases da pesquisa experimental ;
- ao Dr. Altino A. Ortolani, Seção de Climatologia/IAC, pela contribuição com dados climáticos da área de estudo;
- à Dra. Márcia Ortiz Mayo, Seção de Fitoquímica/IAC, pela colaboração nas análises cromatográficas;
- à minha filha, Cynthia, pela ajuda na revisão final e assuntos computacionais.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 - Utilidades Gerais	5
2.2 - Sombreamento	6
2.2.1 - Efeitos diretos da radiação solar	6
2.2.2 - Sombreamento e incidência da doença do 'amarelão'	8
2.2.3 - Sombreamento em sistemas de cultivo associado	10
2.2.4 - Atenuação de luz e experimentação	12
2.2.5 - Atenuação de luz e fotossíntese	17
2.2.6 - Telados para sombreamento	19
2.3 - Adubação	20
2.3.1 - Recomendações gerais	21
2.3.2 - Recomendações baseadas na experimentação	23
2.4 - Qualidade (Óleo Essencial e Óleo-Resina)	25
2.4.1 - Composição geral	25
2.4.2 - Óleo essencial e óleo-resina	26
2.4.3 - Principais componentes do óleo essencial e óleo-resina	27
2.4.4 - Aroma e pungência (qualidade)	29
3 - MATERIAIS & MÉTODOS	31
3.1 - Localização do Experimento	31
3.2 - Procedimento Experimental	35
3.3 - Variedades Comerciais e Rizoma-Semente	35
3.3.1 - Variedade Brasileira Gigante	36
3.3.2 - Variedade Hawaiana	36

3.3.3 - Rizomas-sementes para plantio	37
3.4 - Atividades de Campo	37
3.4.1 - Instalação e plantio do experimento	37
3.4.2 - Sombreamento e adubação de cobertura	37
3.4.3 - Condução e colheita	39
3.5 - Laboratório	39
3.5.1 - Preparo das amostras	39
3.5.2 - Destilação	40
3.5.3 - Análise cromatográfica	40
3.6 - Variáveis Experimentais	41
3.6.1 - Produção de rizomas	41
3.6.2 - Altura das hastes	41
3.6.3 - Número de hastes	41
3.6.4 - Avaliação da doença	42
3.6.5 - Óleo essencial	42
4. - RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 - Dados Experimentais Gerais	43
4.2 - Correlações Entre as Características Estudadas	44
4.3 - Efeito dos Tratamentos sobre as Características Estudadas	47
4.3.1 - Produção de Rizomas	47
4.3.1.1 - Efeito da atenuação de luz	47
4.3.1.2 - Influência da variedade	52
4.3.1.3 - Influência da adubação	53
4.3.2 - Número de Hastes/kg de Rizomas	57
4.3.2.1 - Efeito da atenuação de luz	57
4.3.2.2 - Efeito da variedade	61
4.3.2.3 - Efeito da adubação	62
4.3.2.4 - Efeito de interação	63
4.3.3 - Altura da Planta	63
4.3.3.1 - Efeito da atenuação da luz	63

4.3.3.2 - <i>Efeito da variedade</i>	66
4.3.3.3 - <i>Efeito da adubação</i>	67
4.3.4. - Doença Fúngica	72
4.3.4.1 - <i>Efeito da atenuação de luz</i>	72
4.3.4.2 - <i>Influência da variedade</i>	76
4.3.4.3 - <i>Efeito da adubação</i>	77
4.3.5 - Produção e Qualidade do Óleo Essencial	81
4.3.5.1 - <i>Efeitos do sombreamento e da adubação</i>	81
4.3.5.2 - <i>Efeito da variedade</i>	83
4.3.5.3 - <i>Efeitos na qualidade</i>	83
5. CONCLUSÕES	89
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

LISTA DA FIGURAS

	Página
1 - Valores mensais médios da temperatura do ar e da precipitação em Atibaia.....	33
2 - Extrato do balanço hídrico mensal em Atibaia	33
3 - Produção média de rizomas de ambas variedades em função de níveis de sombreamento	51
4 - Produção média de rizomas das variedades Brasileira e Hawaiana em função de níveis de sombreamento.....	51
5 - Produção média de rizomas de ambas variedades em função de níveis de adubação.....	54
6 - Representação da superfície de resposta sobre a produção de rizomas da variedade Brasileira, em função de níveis crescentes de atenuação de luz e de adubação mineral de cobertura	55
7 - Representação da superfície de resposta sobre a produção de rizomas da variedade Hawaiana, em função de níveis crescentes de atenuação de luz e de adubação mineral de cobertura	56
8 - Número médio de hastes/kg de rizomas de ambas variedades em função de níveis de sombreamento	60
9 - Número médio de hastes/kg de rizomas das variedades Hawaiana e Brasileira em função de níveis de sombreamento.....	60
10 - Altura média das hastes de ambas variedades em função de níveis de sombreamento	65
11 - Altura média das hastes das variedades Brasileira e Hawaiana em função de níveis de sombreamento.....	65
12 - Representação da superfície de resposta sobre a altura da variedade Brasileira, em função de níveis crescentes de atenuação de luz e de adubação mineral de cobertura.....	69
13 - Representação da superfície de resposta sobre a altura da variedade Hawaiana, em função de níveis crescentes de atenuação de luz e de adubação mineral de cobertura.....	71

14 - Infecção de ambas variedades pelo 'amarelão' em número médio de lesões/área em função de níveis de sombreamento	75
15 - Infecção das variedades Brasileira e Hawaiana pelo 'amarelão' em número médio de lesões/área em função de níveis de sombreamento.....	75
16 - Representação da superfície de resposta sobre o número de lesões foliares por área padrão em função de níveis crescentes de atenuação de luz e de adubação mineral de cobertura para a variedade Brasileira	79
17 - Representação da superfície de resposta sobre o número de lesões foliares por área padrão em função de níveis crescentes de atenuação de luz e de adubação mineral de cobertura para a variedade Hawaiana	80
18 - Rendimento de óleo essencial de ambas variedades em função dos níveis de sombreamento	82
19 - Rendimento de óleo essencial das variedades brasileira e Hawaiana em função dos níveis de sombreamento.....	82
20 - Perfil cromatográfico padrão de uma amostra do óleo essencial de gengibre, com 54 componentes separados.....	85

LISTA DE TABELAS

Página

1 - Esquema dos níveis dos tratamentos de adubação mineral NPK de cobertura segundo a data da aplicação. Atibaia, SP, 1966	38
2 - Efeitos da atenuação de luz e de adubação mineral de cobertura sobre a produção de rizomas, número de hastes, altura de planta, número de lesões e teor de óleo essencial da variedade Brasileira	43
3 - Efeitos da atenuação de luz e de adubação mineral de cobertura sobre a produção de rizomas, número de hastes, altura de planta, número de lesões e teor de óleo essencial da variedade Hawaiana.....	44
4 - Matriz de correlação entre características agronômicas do gengibre.....	45
5 - Produção média de rizomas segundo os tratamentos de atenuação de luz	47
6 - Contraste entre as produções médias de rizomas segundo os tratamentos de atenuação de luz pelo teste de Tukey	48
7 - Contraste entre as produções médias de rizomas das variedades Brasileira e Hawaiana segundo os tratamentos de atenuação de luz pelo teste de Tukey.....	52
8 - Número médio de hastes/kg de rizomas de cada variedade e geral segundo os diferentes tratamentos de atenuação de luz	58
9 - Contraste entre as médias do número de hastes/kg de segundo os tratamentos de atenuação de luz, pelo teste de Tukey.....	58
10 - Contraste entre as médias do número de hastes/kg de rizomas das variedades Brasileira e Hawaiana pelo teste de Tukey	61
11 - Altura média das hastes de cada variedade e de ambas juntas sob o efeito de diferentes níveis de atenuação de luz.....	63
12 - Contraste entre as médias de altura das hastes segundo os tratamentos de atenuação de luz pelo teste de Tukey.....	64
13 - Contraste entre as médias de altura das hastes das variedades Brasileira e Hawaiana pelo teste de Tukey	67
14 - Altura média das plantas de cada variedade e de ambas juntas sob o efeito de diferentes níveis de adubação mineral de cobertura.....	68

15 - Contraste entre as médias de altura das hastes segundo os tratamentos de adubação mineral de cobertura, pelo teste de Tukey	68
16 - Número médio de lesões foliares/área de cada variedade e de ambas juntas, sob o efeito de diferentes níveis de atenuação de luz	72
17 - Contrastes entre as médias do número de lesões foliares segundo os tratamentos de atenuação de luz, pelo teste de Tukey	73
18 - Contrastes entre as médias do número de lesões fúngicas presentes nas folhas das variedades Brasileiras e Hawaiana pelo teste de Tukey	77
19 - Contrastes entre as médias do número de lesões foliares segundo os tratamentos de adubação mineral de cobertura, pelo teste de Tukey	78
20 - Contrastes entre as médias de rendimento em óleo essencial das variedades Brasileira e Hawaiana pelo teste de Tukey	83
21 - Composição química média do óleo essencial das variedades Brasileira e Hawaiana	86

**EFEITOS DA ATENUAÇÃO DE LUZ E DA ADUBAÇÃO MINERAL DE
COBERTURA SOBRE A PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE DE DUAS
VARIEDADES DE GENGIBRE (*Zingiber officinale* Rosc.).**

Autor : FERNANDO ROMARIZ DUARTE

Orientador : Prof. Dr. KEIGO MINAMI

RESUMO

Com o objetivo de estender as possibilidades do cultivo econômico do gengibre (*Zingiber officinale* Rosc.) para fora das áreas tradicionais de produção, desvinculando da dependência às condições climáticas das regiões litorâneas e suas desvantagens, e ao mesmo tempo obter elevação da produtividade, conduziu-se um experimento na região de Atibaia, SP, de agosto de 1995 a outubro de 1996. O comportamento produtivo das variedades 'Brasileira' e 'Hawaiana', de gengibre, foi investigado por meio da análise de características agrônomicas selecionadas, sob efeito do sistema de condução da cultura, em condições abertas e protegidas (30 e 50% de sombra), e sob efeito da aplicação de diferentes níveis de adubação mineral NPK de cobertura. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial (2x3x3) com três repetições. As variáveis agrônomicas avaliadas foram : produção de rizomas, altura da

planta, número de hastes, rendimento em óleo essencial e número de lesões foliares devido ao fungo *Phyllosticta zingiberi*. De modo geral, com exceção do rendimento em óleo essencial, o efeito dos tratamentos de atenuação de luz foram altamente significativos, apresentando respostas positivas para todas as variáveis. As duas variedades comerciais de gengibre apresentaram comportamentos diferentes em relação a todas as variáveis agronômicas estudadas. A aplicação de doses crescentes de adubação NPK em esquema de cobertura, resultou em maior altura das hastes e em menor suscetibilidade das plantas à infecção pela doença; a produção de rizomas, número de hastes e o rendimento em óleo essencial não responderam à aplicação de fertilizantes. A qualidade do gengibre, analisada pela composição do óleo essencial, por meio de CG/EM, resultou em diferentes perfis aromáticos para as variedades. Baseados nos resultados, sugere-se a possibilidade de se conduzir produtivamente culturas de gengibre, em outras regiões que não apresentam as condições exigidas para a exploração desta planta.

**EFFECTS OF LIGHT ATTENUATION AND NPK FERTILIZERS
ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF TWO VARIETIES OF
GINGER (*Zingiber officinale* Rosc.).**

Autor : FERNANDO ROMARIZ DUARTE

Orientador : Prof. Dr. KEIGO MINAMI

SUMMARY

In order to test the possibility to grow ginger outside the traditional production area (seaboard condition), an experiment was conducted in Atibaia (Sao Paulo state, Brazil) during the 1995/96 season. A complete randomised design in a 2x3x3 factorial with 3 replications was used. Factors were two varieties (Brazilian and Hawaiian), three sunlight levels (full sun, 50% of shade and 30% of shade) and three NPK fertilizer application rates. The parameters analyzed were: rhizome yield, plant height, tiller numbers, essential oil content and leaf lesion numbers (caused by *Phyllosticta zingiberi*). Results showed that light attenuation affected positively all agronomic characteristics studied, except essential oil yield. The varieties performed differently for all parameters studied. Higher NPK application rate increased overall plant height and decreased plant susceptibility to disease infection. Essential oil aromatic quality and composition were different between the two varieties. Based on the results it is possible to conclude that ginger can be successfully grown (under artificial shade) in most of the Sao Paulo state inland area.

1. INTRODUÇÃO

O gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) é uma planta herbácea, perene, pertencente à família das zingiberáceas. Seus rizomas constituem-se o produto final objeto de comércio, o qual pode ser fresco, seco ou processado. Sob exploração econômica, é cultivado como planta anual.

A cultura é muito praticada em países tropicais e subtropicais para atender à demanda internacional por matéria prima, seja *in natura* para uso direto na culinária ou na manufatura de uma variedade de outros produtos, incluindo essências, condimentos e produtos de confeitaria, etc.

A maior parte do volume da produção mundial de gengibre é comercializada na forma de rizomas frescos ou secos, constituindo-se uma das mais importantes especiarias do globo (Aclan & Quisumbing 1976; Lawrence, 1984). Estima-se que a produção mundial ultrapasse 100.000 t/ano do produto seco, dos quais 25.0000 t/ano entram para o mercado internacional; o restante é de consumo doméstico (Van Beek et al,1987, e Fulder,1993).

O Brasil inclui-se entre os pequenos produtores de gengibre, cuja produção orientada para exportação é comercializada somente no estado fresco, destinando-se principalmente aos mercados dos Estados Unidos, Grã-Bretanha, Holanda, Canadá (Taveira Magalhães et al 1997) e mundo Árabe. A produção nacional que em 1972 foi de 73 toneladas, vem experimentando um aumento significativo, chegando a 3.800 toneladas em 1982, permanecendo em torno deste patamar até 1993, quando voltou a crescer alcançando cerca de 7.000 ton/ano em 1994, (Brasil,1995).

A cultura do gengibre é em geral conduzida em áreas pequenas, caracterizando uma atividade trabalho/capital intensiva, de elevado uso de insumos na expectativa de altos retornos. Na Jamaica, o fator trabalho com a cultura e processamento na lavoura alcança cerca de 50% do custo total de produção (Rodriguez,1971), resultando porém na alta qualidade dos rizomas produzidos.

A produção do gengibre, em geral, está condicionada às condições ambientais, sendo uma cultura de ciclo estacional definido, dependendo de elevadas temperaturas, altos índices de pluviosidade e umidade relativa, para brotamenmto e desenvolvimento normais. Na hipótese de excessos climáticos locais nas regiões tradicionalmente produtoras, observa-se a prática de sistemas de produção alternativos, particularmente como cultivos múltiplos, consorciados, mistos, etc, procurando estabelecer condições micro-ambientais adequadas à espécie.

A produtividade da cultura varia muito e de modo geral é baixa devido ao baixo nível técnico em uso. Segundo Purseglove (1981), na Jamaica produz-se de 5 a 7 t/ha , na Índia, de 7,5 a 10 t/ha e na Austrália de 25 a 30 t/ha, aonde se tem encontrado produtividade de até 40 t/ha em lavouras irrigadas. De acordo com Atal & Kapur (1982), na Índia, o maior produtor mundial, a produtividade varia de 5 a 30 t/ha, entretanto, existem registros de produções isoladas de até 50 t/ha; Observa-se que, através da introdução de novos insumos e uso de práticas culturais melhoradas, existe muito espaço para se elevar a produtividade, podendo-se alcançar níveis muito mais rentáveis nas colheitas. Devido ao fato do gengibre ser muito exigente em nutrientes, a fertilização orgânica e/ou mineral tem sido o insumo mais aplicado na cultura. Além disso, caracterizando-se como cultura hortícola de ciclo longo, requer um esquema de adubação em cobertura com aplicações fracionadas, adequado ao atendimento de suas necessidades nutricionais, particularmente em fases críticas do ciclo.

No Brasil a produção é modesta, apresentando lavouras com baixa produtividade de produtos com qualidade para exportação. De modo geral, as áreas cultivadas possuem entre 0,5 a 2 hectares, com produtividade variando de 10 a 20 t/ha, havendo casos isolados que alcançam 65 t/ha; sabe-se porém, que sob condições pedo-climáticas ótimas,

em culturas tecnicamente conduzidas, pode-se superar a produtividade de 100 t/ha. Entretanto, não há tradição de cultivo nem técnicas de plantio, colheita ou processamento pós-colheita adaptadas às condições nacionais.

Nas regiões brasileiras de maior expressividade da cultura, a produção de gengibre tem sofrido soluções de continuidade, de modo geral reflexo do baixo nível do *estado de arte*, devido aos seguintes fatores inter-relacionados: dependência de condições climáticas, desconhecimento das técnicas de produção, elevado custo de produção, baixa produtividade, facilidades de processamento inadequadas, dificuldades de crédito, desconhecimento do comportamento de mercado.

Apesar desta situação, na medida em que a atividade se afirma, nota-se interesse no sentido do aumento da produtividade pela introdução de variedades de alto rendimento, intensificação no uso de fertilizantes minerais, melhor uso das técnicas agronômicas; porém, a maior parte da produção nacional de gengibre continua dependente das condições climáticas das regiões litorâneas, com suas incertezas e riscos típicos, em particular, encharcamento prolongado do solo.

Com o incentivo dos preços pagos ao produtor e visando o mercado de exportação, novas áreas de produção começam a se estender para outras regiões não tradicionais. Por outro lado, em anos recentes, tem aumentado a demanda internacional por óleo essencial e óleo-resina, representando um volume potencial de rizomas para exportação e/ou para extração daqueles produtos. Acredita-se que para participar deste crescente mercado, novas áreas de cultivo não tradicionais terão que ser ampliadas, exigindo, para tanto, o desenvolvimento de tecnologia adequada para cultivo nestas novas condições.

Baseando-se no hábito umbrófilo característico da espécie, procurou-se estudar a possibilidade de conduzir a cultura de gengibre em condições micro-ambientais controladas, em cultivo protegido sob telado, com irrigação e aplicação de um esquema de fertilização mineral fracionada ao longo do ciclo. Desta maneira, proporcionando um sombreamento benéfico e fisiologicamente adequado ao gengibre, com proteção da radiação solar mais intensa em períodos críticos do ciclo e do controle de doenças e

pragas, pretendeu-se alcançar ganhos significativos em produtividade e em qualidade do produto exportável.

O objetivo deste trabalho foi alcançar uma compreensão mais abrangente sobre o padrão de comportamento produtivo do gengibre, quando conduzido sob cultivo protegido, por meio da avaliação de algumas variáveis componentes da produção, procurando-se combinações adequadas para elevar a produtividade e a qualidade do produto, independentemente da localização regional.

Considerando que a produção da planta varia em função de condições micro-ambientais e de fatores operacionais, fundamentou-se a pesquisa na hipótese de que, por meio do manejo adequado dessas condições, poder-se-ia interferir na fisiologia da produção na direção pretendida.

Especificamente, o presente trabalho pretendeu delinear o efeito de diferentes níveis de intensidade de luz e de doses de nutrientes minerais aplicados em sucessivas coberturas sobre a produtividade e a qualidade de duas variedades comerciais de gengibre (*Zingiber officinale* Rosc.).

Como corolário prático, este trabalho verifica a possibilidade de se conduzir culturas de gengibre, altamente produtivas e de qualidade para exportação, proporcionando as condições exigidas pela planta através do manejo em cultivo protegido, desvinculando a produção da dependência das regiões litorâneas e suas dificuldades.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Utilidades

Os rizomas frescos, fatiados secos ou em pó do gengibre são muito valorizados devida à sua elevada aromaticidade e pungência. Esses produtos vêm sendo utilizados regularmente como especiaria e também por suas propriedades medicinais há pelo menos 25 séculos (Van Beek et al, 1987). Registram-se usos tradicionais na culinária em geral, entrando na composição de condimentos, molhos, caldos, temperos, sopas e outros alimentos industrializados, especialmente conservas de vários produtos de carnes. Entra em quantidades representativas na fabricação de bebidas carbonatadas, refrigerantes ou cervejas, como *ginger ale*, *ginger bier*, *gengibirra*, *jamaica ginger*, segundo o país de origem; participa ainda, da composição de bebidas espirituosas, como conhaques, vinhos e licores.

Existe um grande comércio de produtos industriais doces feitos à base de gengibre, como geléias, compotas, doces cristalizados, além do uso significativo junto a indústrias de pastelaria, confeitaria e biscoitos, principalmente no continente europeu. Em muitos países do oriente, como Japão, Filipinas, Tailândia, Indonésia, consomem-se os rizomas frescos colhidos precocemente na forma de legumes (Perrot,1944; Maistre,1969; Aclan & Quisumbing,1976; Dahleen,1979; Purseglove,1981; Atal & Kapur,1982; Lawrence,1984; Fulder,1993).

O óleo essencial responsável pelo aroma característico, ou a óleo-resina responsável pela pungência, extraídos dos rizomas, são considerados produtos estratégicos pelas modernas e sofisticadas indústrias de conservas alimentares, principalmente nos Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha, Holanda e Japão.

Neste segmento industrial específico, estes produtos são usados na formulação de aromas compostos destinados a aromatizar e conservar variados produtos alimentícios industrializados, doces e salgados, produtos crus e cozidos, especialmente embutidos de carne (Nair,1982). O óleo essencial encontra ainda uso menor junto às indústrias de perfumaria, cosmética e farmacêutica, respectivamente em ordem de importância econômica.

2.2 - Sombreamento

O gengibre é originário de regiões de clima quente e úmido, encontrando seu habitat natural de preferência junto a locais de meia sombra.

Existem muitos registros na literatura de que se desenvolve melhor sob sombreamento. Para Connor, citado por Sing et al (1992), o gengibre possui capacidade inerente para desenvolver-se e produzir sob sombreamento. Güenther (1952) cita experimentos cujos resultados indicam que a planta pode ser cultivada sob sombreamento parcial, obtendo-se maiores produções de rizomas em estado fresco e ou seco. Em abrangente revisão sobre a cultura, Lawrence (1984) observou que em muitas regiões produtoras do mundo, se conhece o benefício do sombreamento durante o ciclo produtivo esta espécie. Itong & Villamayor (1991) indicam o gengibre, entre outras culturas de 'raízes', como opção para cultivos em condições ambientais cujos componentes envolvam a atenuação de luz.

2.2.1 - Efeitos Diretos da Radiação Solar

São conhecidos os efeitos deletérios dos raios solares sobre os rebentos do gengibre, ocorrendo habitualmente em condições de campo aberto. A radiação solar intensa e direta causa injúrias físicas irreversíveis, matando a brotação e folhas antes da expansão da lâmina, induzindo um novo processo de emissão de brotos a partir de gemas do rizoma, atrasando o ciclo e prejudicando a produção e a qualidade.

No sentido de reduzir a severidade deste crestamento fisiológico da folha, o qual parece estar relacionado à queimaduras de sol, Asher & Lee, citados por Wilson & Ovid (1993), sugerem o uso do sombreamento, como medida benéfica para melhor desenvolvimento da planta.

De acordo com Groszmann (1954), na Austrália, recomendava-se iniciar vários plantios defasados de 3 semanas, com a finalidade de reduzir os prejuízos causados pela intensa radiação solar do começo da primavera daquele país, exatamente durante a fase inicial da cultura, quando a planta é mais suscetível à queimaduras.

Por outro lado, Whiley (1974) recomenda irrigação por aspersão, como medida de proteção à planta, a fim de evitar o prejuízo devido à queimadura solar, observado com frequência em hastes e folhas jovens.

Em regiões de baixa pluviosidade na Austrália, aonde se cultiva comercialmente o gengibre a pleno sol, segundo Bendall et al, citado por Lawrence (1984), as plantas são conservadas frescas pela aplicação de um sistema contínuo de irrigação aérea, impedindo-se a perda excessiva de água por transpiração. Nos primeiros meses do ciclo, na ausência de chuva local, não pode faltar umidade no solo e no ambiente, sendo a irrigação aérea indispensável para refrescar o ambiente e evitar queimaduras solares (Lawrence, 1984). Além da proteção física que a irrigação proporciona às partes aéreas, o aporte de água é indispensável para a cultura do gengibre sempre que ocorra deficiência no solo, pois de acordo com Panigrahi & Patro (1985), existem fases críticas no ciclo da planta, durante os estágios de germinação do rizoma-semente, formação do novo rizoma aos 90 dias do plantio, ou ainda a fase posterior de desenvolvimento aos 135 dias do plantio. Nestas três fases não pode faltar umidade no solo, a qual deve ser fornecida artificialmente, caso as condições climáticas não o façam; do contrário, compromete-se seriamente a produção. Fundamentados nesta realidade, esses autores pesquisaram oito cultivares em área irrigada e não irrigada, obtendo produções significativamente maiores para todas as cultivares irrigadas.

Anderson et al (1990) estudaram a produção de rizomas sob condições de estresse, altas temperaturas associadas a baixa umidade ambiental, características de nichos climáticos em regiões subtropicais, utilizando-se de um sistema denominado

pelos autores de 'resfriamento evaporativo'. Observaram sensível diminuição da intensidade desses fatores determinantes de estresse nas plantas, os quais, por outro lado, favoreciam a pronta evaporação da água, proporcionavam um resfriamento benéfico para a cultura, resultando em aumento de 25% na produção. Assim, a irrigação por aspersão exerceu efeito significativo, reduzindo as temperaturas do ar, folhas e solo além de elevar o teor de umidade ambiental entre as plantas.

Segundo Allan, citado por Anderson et al. (1990), desde que exista água livre disponível sobre as folhas das plantas, verifica-se que 1/3 da energia calorífica da radiação recebida será utilizada para evaporação da água, tornando este sistema de resfriamento evaporativo um meio muito eficiente de controle do estresse, uma vez que afeta diretamente a taxa de transpiração, influenciando o balanço de água nas plantas. De acordo com Meidner et al, citado pelos mesmos autores, a absorção de água pelas plantas tende a ser mais lenta do que a perda, sob evaporação excessiva. Esta lenta razão de absorção de água, freqüentemente, leva a planta ao estresse, ainda que haja disponibilidade no solo, já que a taxa de água evaporada se processa de modo mais rápido. Assim, Carolus, citado pelos mesmos autores, mostrou que a simples elevação na temperatura da folha, usualmente, provoca aumento na taxa de transpiração, podendo aumentar o estresse hídrico, especialmente se a umidade relativa decrescer.

Complementando, Gerakis et al, citado em Anderson et al (1990), verificaram que a redução na temperatura da folha e o aumento na umidade relativa entre as plantas durante períodos de elevada transpiração, obtidos por meio de um sistema de irrigação aéreo, prevenia ou reduzia a perda de água pela planta. Condição de atenuação parcial da luz na cultura do gengibre, já informava Lawrence (1984), diminui a perda de água pela planta, promovendo ainda, uma refrigeração ambiental salutar para a mesma.

2.2.2 - *Sombreamento e incidência da doença do 'amarelão'*

A cultura do gengibre é atacada por uma doença conhecida por 'amarelão' ou 'mancha da folha', causada por um fungo cuja identificação foi feita pela primeira vez em 1942 na Índia, descrito por Ramakrishnan, citado por Nazareno (1995), como sendo da espécie *Phyllosticta zingiberi* n.sp. Tem-se tornado uma séria doença do gengibre em

todas as áreas de produção do mundo, seguindo-se em importância à podridão mole, causado pelo *Phytilium sp.* (Premanathan et al., 1982), podendo chegar a comprometer toda a produção (Rathaiah, 1987).

Os sintomas que aparecem nas folhas inicialmente na forma de manchas ovais alongadas, esbranquiçadas e isoladas, coalescem na maturidade formando grandes lesões, descolorindo e dessecando extensa área foliar; assim, segundo Joshi & Sharma (1982), a evolução da doença provoca extensiva destruição de área fotossintética, relacionando-se diretamente com a queda observada na produção.

De acordo com Nazareno (1995), o 'amarelão' encontra-se presente há muito tempo em lavouras de gengibre no Brasil, causando as lesões foliares características, prejudicando a capacidade fotossintética normal da planta pela redução progressiva da área foliar, comprometendo seriamente a produtividade e afetando a qualidade do produto final para exportação. O patógeno responsável teve sua presença confirmada em 1992 por Cerezine, em Morretes (PR), considerada a maior região produtora nacional, conforme Nazareno (1995), e vem se tornando um sério entrave à produção comercial, principalmente pela inexistência de fungicida específico. Segundo Carvalho (1994), os prejuízos na produção de rizomas causados por esta doença fúngica na região, podem causar perdas da ordem de 50%.

O efeito do 'amarelão' sobre a produção depende da época da ocorrência durante o ciclo da cultura e da intensidade da infestação. Se o fungo ocorre disseminado e com pouco severidade, causa pouco ou nenhum efeito sobre a produção; entretanto, infestação severa em fases precoces do crescimento das plantas (até 6 meses), pode afetar de modo adverso a produção (Nazareno, 1995).

Durante o *National Seminar on Ginger and Turmeric* (1982), discutiu-se sobre a variabilidade nos padrões de incidência da 'mancha da folha' segundo as condições de cultivo, a pleno sol ou sombreado. Nas recomendações do evento, como medida de controle da doença, sugeriu-se a prioridade na pesquisa sobre manejo comparativo, em condições abertas e sob cultivo protegido e em sombra (Premanathan et al., 1982).

Rathaiah (1987), estudando as doenças que afetam a cultura do gengibre, investigou o controle da espécie *Phyllosticta. zingiberi*, por meio do cultivo sob sombra

e com aplicação de fungicidas. Concluiu que o cultivo sombreado parcialmente apresentava controle preventivo eficiente, observando ainda menor severidade, quando comparado ao cultivo sob condições abertas.

2.2.3 - *Sombreamento em sistemas de cultivo associado*

O cultivo intercalar constitui-se um importante sistema de produção para muitos países do mundo tropical. Neste contexto, a plantação de duas ou mais culturas na mesma área resulta em um sistema biológico complexo, com vários relacionamentos interativos, envolvendo a utilização de recursos limitados como nutrientes, água, luz e espaço. Hodiernamente, reconhece-se que a introdução de práticas bem planejadas de 'cultivos múltiplos' constitui um dos meios mais viáveis para aumentar a produção agrícola nos trópicos. Em essência, o cultivo múltiplo representa a filosofia da produção máxima por unidade de área, considerando o desenvolvimento de várias culturas dentro do calendário anual, maximizando o uso da energia solar e de outros recursos disponíveis. Considerando ser prática amplamente difundida, Beets (1982) relacionou a ocorrência de sistemas variados de cultivos múltiplos ao longo dos trópicos.

Conforme Sefanaia et al. (1982), o sombreamento e a conseqüente redução da temperatura, ocorrentes na associação de culturas, causam considerável redução da taxa de evapotranspiração neste microclima particular. Baseado nisto, e considerando a existência de vastas extensões na Ásia tropical, aonde tradicionalmente se praticam cultivos intercalares junto à plantações de coco, o autor indica o gengibre entre as alternativas de culturas que se beneficiariam com a prática deste sistema de produção.

Segundo as recomendações do *National Seminar on Ginger and Turmeric* (1982), sugere-se o estabelecimento de cultivos experimentais de gengibre em diversas condições agroclimáticas, verificando-se seu comportamento em particular sob sistemas de produção intercalares ou mistos, com indicação especial para a cultura do cajueiro.

Kumar (1980) cita diferentes práticas de cultivo do gengibre em vasta região produtora da Índia, como cultura individual ou intercalar; neste último caso, encontram-se associações a culturas econômicas de maior porte, beneficiando-se da sombra destas,

como culturas de uva, café, laranja ou mamona, durante os primeiros anos de formação destas.

Como opções para associação de culturas, Lee (1970) testou experimentalmente várias plantas de ciclo curto em consórcio com o cultivo de abacaxi, mostrando que o gengibre prosperava muito bem naquelas condições.

Em uma das maiores regiões agrícolas da Índia, o gengibre consta entre as principais culturas, freqüentemente cultivado em consórcio com tomate, milho, tabaco ou amarantus (Sirohi, 1982). Em outras regiões daquele país encontra-se também plantado junto com leguminosas, como ervilha de frade e outras, ou com mamona, as quais, proporcionam sombra leve ao gengibre (Purseglove, 1981). Na Jamaica, beneficiando-se do sombreamento no início da germinação, é freqüentemente plantado entre linhas de inhame, encontrando-se porém muitas culturas desenvolvidas a pleno sol.

De acordo com Lawrence (1984), sistemas de produção como cultivos intercalares têm sido preconizados em muitas regiões tradicionais, sugerindo-se associações com culturas como o inhame ou o guar, as quais podem fornecer um sombreamento parcial durante o período vegetativo. Praticam-se na Jamaica e em Gana, onde geralmente o gengibre é produzido em cultivos mistos, associados a culturas de inhame, cacau, pimenta vermelha ou outras culturas tropicais.

Entre os aspectos agrônômicos que requerem mais trabalho de pesquisa, objetivando o aumento na produtividade da cultura do gengibre, Nair (1982) enfatiza a prioridade na identificação de espécies mais adequadas como provedoras de sombra, para utilização como culturas intercalares, consorciadas, etc.

Jayachandran et al (1991) descrevem muitas regiões da Índia onde o gengibre é cultivado individualmente; todavia, as práticas de cultivos intercalares ou mistos são igualmente adotados. Nas propriedades rurais do estado de Kerala, por exemplo, responsável por 1/3 da produção total do país, encontram-se multi-espécies de plantas anuais e perenes em cultivos entremesclados ao acaso com o gengibre, sendo o maior problema, nestes casos, os vários níveis de sombreamento existentes em área relativamente pequena.

Igualmente, Kumar & Joshi (1984) descrevem sistemas intercalares de cultivo, encontrando-se culturas de gengibre associadas a culturas de menor ciclo como o milho ou pimenta, com a finalidade de sombrear parcialmente o gengibre no início do ciclo, resultando aumentos significativos na produção deste.

Com o objetivo de oferecer novas opções para aumentar a renda dos agricultores de grande região produtora de gengibre na Índia, Chowdhury (1988) conduziu experimentos intercalando culturas de ciclo curto na cultura do gengibre, comparando à cultura solteira deste. Utilizou culturas viáveis para as condições agro-ecológicas locais, tais como milho, pimenta, feijão, girassol e soja. Pelos resultados, observou que todas as culturas testadas, além de oferecerem a mínima competição ao gengibre, providenciaram um adequado sombreamento durante o período crítico de emergência das hastes. Em adição, o cultivo associado controlou as plantas daninhas, e contribuiu para uma produção de rizomas que não diferiu da cultura solteira de gengibre, porém, permitiu um retorno econômico líquido por unidade de área muito maior, atendendo os objetivos do programa.

2.2.4 - *Atemuação de luz e experimentação*

Não existem muitas pesquisas sobre o impacto do sombreamento na cultura do gengibre. A maior parte delas tem sido realizadas na Índia em regiões produtoras típicas e tradicionais, utilizando como provedor de sombra, quase invariavelmente, o recurso do cultivo associado, quando não, o sombreamento é produzido pela construção de estruturas improvisadas, utilizando-se recursos locais como ripados de madeira, bambus, folhas de coqueiros ou telas 'sombrites', etc.

As raras referências bibliográficas de experimentos sobre cultivo protegido de gengibre, em geral avaliam o benefício proporcionado pela sombra de culturas associadas, seja evitando queimaduras solares, seja como medida de controle da doença do 'amarelão', causada por fungo do gênero *Phyllosticta* sp ou o impacto desses fatores na produção.

Aclan & Quisumbing (1976), estudando a influência da atenuação de luz sobre a produção e a qualidade do gengibre, testaram os níveis de: 0, 25, 50 e 75 % de

sombreamento. Observaram que as plantas desenvolvidas a pleno sol (0% de sombra) eram menores e com menor número de folhas/haste, apresentando produções inferiores ao tratamento de 25 % de sombra. Concluíram que a espécie comporta-se melhor quando desenvolvida sob sombreamento ligeiro, não excedendo 50 % de sombreamento, pois os tratamentos acima deste valor mostraram notável decréscimo na produção. Estes resultados confirmam as observações de Minoru et al., citado pelos autores, de que o gengibre pode utilizar eficientemente luz de baixa intensidade para processar as reações fotoquímicas. Por extensão, os autores concluíram que o gengibre pode ser cultivado em associação com culturas adultas de coco, aonde a atenuação de luz fica entre 25 e 50 %. Com a elevação do sombreamento para 75%, as plantas apresentaram significativamente menos amido nos rizomas, conforme os autores, resultado de decréscimo na fotossíntese, comprometendo, além da produção, também a qualidade.

Ravisankar & Muthuswamy (1987) estudaram o cultivo do gengibre sob diferentes níveis de intensidade de luz, temperaturas do ar e do solo e umidade relativa, verificando os efeitos destes fatores sobre algumas variáveis de qualidade: rendimentos em óleo essencial, óleo-resina, amido, proteína bruta e fibras, medidos ao longo do ciclo. Testaram em condições abertas (em cultivo individual) e sob dois níveis de atenuação de luz, obtidos intercalando o gengibre com culturas perenes da palmeira asiática 'areca' de 2 anos, provendo 77 % de sombra, e, de 6 anos provendo 85 % de sombra. Na apuração dos resultados observaram diferenças significativas nos rendimentos em óleo essencial, óleo-resina e amido, entre os tratamentos de sombra e o controle, em todas as fases do crescimento da cultura até o final do ciclo. O tratamento de 77 % de sombra apresentou os teores mais elevados, seguido do tratamento de 85 % de sombra. Como não houve aplicação de irrigação suplementar, a umidade relativa e as temperaturas do ar e do solo não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos, observando os autores entretanto, valores mais elevados destes parâmetros para o tratamento em condições abertas.

Os teores de amido foram significativamente menores nos rizomas produzidos sob cultivo aberto, atribuído pelos autores à menor eficiência fotossintética dessas plantas, sugerindo que plantas conduzidas em meia sombra apresentam maior eficiência

para sintetizar, translocar, utilizar e armazenar mais carboidratos. De modo similar, observaram valores mais elevados em proteína bruta para os tratamentos de sombra, atribuindo à menor capacidade das plantas desenvolvidas a pleno sol de absorver nitrogênio do solo ou do ar para utilização na síntese. A partir dos resultados, os autores concluíram que a cultura do gengibre, desenvolvendo-se nas condições de sombra testadas, com temperaturas do ar e do solo mais brandas e umidade relativa mais elevada, produziram rizomas de alta qualidade.

Estudando o impacto dos efeitos da luz sobre a produção, Wilson & Ovid (1989) conduziram experimentos de campo testando os níveis de 0, 33, e 66 % de sombreamento, correspondendo respectivamente ao cultivo em aberto e cultivos protegidos sob telado de nylon, de dois níveis de redução da intensidade da luz. Observaram, de modo geral, que a produção do gengibre aumentou com o aumento do sombreamento, tendo sido o cultivo protegido sob telado de 66 % de redução da luz considerado o melhor tratamento, apresentando plantas de porte mais elevado, maior número de hastes e produção significativamente mais elevada.

Mais tarde, os mesmos autores Wilson & Ovid (1993), em experimento similar, cultivaram o gengibre sob tratamentos de sombra, usando telado com 66% de atenuação de luz e consorciando com culturas de ciclo curto (milho, milho+ervilha e quiabo), como provedores de sombra leve, além do controle sob condições abertas. A produção mais elevada foi a da cultura desenvolvida sob telado com 66% de sombra. Os tratamentos milho+ervilha e quiabo proporcionaram também produções de rizomas significativamente mais elevadas, devido ao sombreamento benéfico proporcionado por estas culturas, principalmente nos estádios iniciais da cultura do gengibre. Nos tratamentos sem sombra ou apenas associado ao milho, as plantas foram menores até a maturidade, com reduzido número de hastes, apresentando uma produção de rizomas de quase metade em relação à dos outros tratamentos citados.

Em várias regiões agrícolas da Índia, usualmente são plantados bambus em faixas de grandes extensões, ao longo das linhas de drenagem em terras de culturas econômicas. Estudando o aproveitamento dessas áreas marginais, Singh et al (1992) realizaram experimentos para verificar a viabilidade do cultivo econômico de várias

espécies inclusive o gengibre, sob a influência do sombreamento produzido por essas faixas de bambus. Para comparação com esta condição particular, os autores escolheram uma área aberta a pleno sol, na qual registraram a amplitude de variação da intensidade da luz num dia claro típico. Observaram que, em relação a esta área, a interceptação percentual da luz na área situada entre 1 e 7 m de distância da faixa de bambus foi de 93-95% e entre 7-11 m foi 84-91%; acima de 13 m a interceptação foi menor que 1,5%. A pleno sol, o gengibre produziu apenas 47% da produção alcançada na área mais sombreada, localizada entre 1 a 7 m da linha de bambus. Observaram a existência de um gradiente decrescente na produção, na medida em que se cultivava em áreas mais afastadas e progressivamente mais iluminadas. Os autores concluíram que as faixas de terras agrícolas situadas próximas a linhas de bambus poderiam efetivamente ser utilizadas para produção de rizomas de gengibre.

Itong & Villamayor (1991) estudaram o efeito do sombreamento sobre a produção de várias culturas de raízes, rizomas e tubérculos, entre as quais o gengibre, conduzindo experimentos em vasos sob telado, os quais proporcionavam níveis de redução de intensidade da luz de 20, 40 e 65%. Os resultados indicaram como melhores os tratamentos de 40 e 65% de sombra, produzindo plantas mais altas e com produção maior de rizomas em relação às plantas cultivadas em condições abertas ou com redução de luz de apenas 20%. De modo geral concluíram ser o gengibre uma espécie umbrófila, recomendando a exploração como cultura intercalar, associada a culturas perenes de porte elevado como o coqueiro, beneficiando-se da intensidade reduzida de luz sob suas copas.

Objetivando desenvolver estratégias para aumentar a produtividade em situações de sombreamento parcial, Jayachandran et al (1991) estudaram a potencialidade produtiva do gengibre sob condições abertas e de sombra, tentando identificar a tolerância da espécie a diferentes níveis de sombreamento. Realizaram um experimento cultivando plantas a pleno sol e em cultivo protegido de 25, 50, e 75% de sombreamento obtido com estruturas improvisadas com folhas secas de coqueiros. Na colheita, a produção foi mais elevada no tratamento que recebeu 25% de sombra e mais baixa no de 75% de sombra. A produção do tratamento a pleno sol foi similar ao tratamento de 50%

de sombra. De acordo com os autores, os resultados indicaram que o gengibre é uma cultura que responde positivamente ao sombreamento parcial, podendo ser recomendado como cultura componente em sistemas intercalares ou mistos, associado a culturas de coco ou outras culturas perenes, aonde o nível de sombreamento não exceda a 50%.

Mais tarde, Joseph & Jayachandran (1993) investigaram a influência de regimes de 0, 25, 50 e 75% de sombra artificialmente providos por folhas de coqueiros sobre a qualidade do gengibre. A análise dos dados revelou que as médias das amostras de óleo essencial e de óleo-resina diferiram significativamente entre os diversos tratamentos. O teor médio de óleo essencial nos tratamentos de baixo nível de sombra foi significativamente maior quando comparado ao controle (0% de sombra), apresentando o maior rendimento no tratamento de 25% de sombra, seguido do tratamento de 50 % . Os teores de óleo-resina, sob 25 e 50%, foram similares e significativamente superiores aos níveis extremos de 0% e 75% de sombra. Os resultados indicaram que o cultivo do gengibre, conduzido em níveis de sombra baixa a média (25 a 50 %), resultaram rizomas de maior qualidade, comparados àqueles produzidos em condições abertas (0% de sombra) ou cultivados sob sombreamento intenso (75%). Interações entre fertilizantes e níveis de sombreamento não foram significativas.

Usando o gengibre como cultura intercalar, Jaswal et al (1993) conduziram um experimento sobre cultivo sombreado, associando-o à uma cultura perene de álamo estabelecida em três espaçamentos diferentes, os quais proporcionaram respectivamente 47, 54, e 62 % de sombreamento. Verificaram que a produção por planta e por hectare foi máxima nos tratamentos de 47% de sombra e mínima com 62% de sombreamento, em relação ao controle a pleno sol, com zero% de sombra. Segundo os autores, com o aumento da intensidade de sombra, houve um aumento na produção por hectare, respectivamente de 83, 96 e 22% sobre o controle. Sombreamento maior do que 62% anula o efeito positivo da associação de culturas, porque o ganho em produção é menor do que 22 %, resultando em produções similares ou menores do que a de culturas solteiras realizadas a pleno sol. Em relação ao teor de matéria seca, o gengibre mostrou diferenças significativas devido aos diferentes regimes de sombra, tendo sido máxima para o controle, e mínima sob 62%, o nível mais elevado de sombra testado. A altura

das plantas foi significativamente maior nos tratamentos de sombra, porém manifestando uma distinta redução a medida que a intensidade de sombreamento aumentava. De modo geral, o desenvolvimento da cultura foi melhor nos tratamentos de sombra, diminuindo entretanto, na medida em que o nível de sombreamento se aproximava dos 60%. Estes resultados apontaram o sombreamento estimulando o crescimento do gengibre, devido ao micro-ambiente apropriado à sua natureza de planta umbrófila, ainda que um sombreamento excessivo lhe seja prejudicial (Jaswal et al., 1993).

2.2.5 - *Atenuação de luz e Fotossíntese*

A fotossíntese no gengibre pode ser afetada adversamente pela qualidade e intensidade de luz recebida nas folhas. Sing, citado por Aclan & Quisumbing (1976), observou que a exposição do gengibre à luz intensa pode ser prejudicial para a fotossíntese.

Com relação à qualidade da luz, investigações efetuadas por Brow et al, e Olsen & Brow, citados por Wilson & Ovid (1989), indicaram que a composição espectral de fontes de luz, testadas para proporcionar o crescimento das plantas, pareciam ter importante participação na redução fotoquímica do Fe e em sua subsequente utilização pela planta. Os autores sugerem a realização de novos estudos, para um melhor esclarecimento do efeito do sombreamento sobre o crescimento e produção do gengibre, bem como a influência da qualidade espectral (radiações ultra-violeta, visível e infravermelha) sobre a nutrição do gengibre.

Estudando as características fotossintéticas do gengibre, Zhao et al (1995) conduziram um experimento em câmara de assimilação no campo, registrando variações diárias e sazonais na taxa fotossintética (índice-TF) da copa. O pico sazonal da TF coincide com o pico do crescimento. O comportamento diário da TF mostrou um único pico ocorrendo ao meio dia. Por outro lado, verificaram que a TF mudou drasticamente com as mudanças no índice de área foliar (IAF). Na medida em que este índice se eleva, a taxa fotossintética (TF) por unidade de área de terreno aumenta, porém a TF por unidade de área foliar decresce. O ponto de saturação da luz não foi facilmente alcançado sob condições de luz natural no outono.

Sankar & Swamy (1988) estudaram o efeito da intensidade da luz sobre o crescimento e desenvolvimento das folhas e o impacto na produção do gengibre. Conduziram as plantas nos sistemas de cultura individual a pleno sol, recebendo 100% de luz, e como cultura intercalar, associado à cultura da palmeira asiática 'areca', em dois campos, um com palmeiras de dois anos de idade proporcionando 30% de luz, e o outro com plantas de 6 anos proporcionando 15% de luz. Os autores registraram o IAF e os teores em clorofila 'a', 'b' e total. O IAF foi menor para a cultura a pleno sol e mais elevado para a cultura conduzida em consórcio com 15% de luz, seguido pelo tratamento a 30% de luz. A mesma tendência foi verificada em todos os estádios de crescimento da cultura. Os dados sugeriram que, ao longo do ciclo, maiores intensidades de luz são prejudiciais para o crescimento e desenvolvimento normais da folha, concluindo que a formação de clorofila seria comparativamente mais lenta nos tecidos das plantas crescendo sob intensidades luminosas mais fortes. Entretanto, as plantas crescendo a pleno sol apresentavam menores teores de clorofilas 'a', 'b' e total, produzindo menor massa de rizomas. Por outro lado, temperaturas relativamente mais baixas, combinadas com baixa intensidade de luz, induziram a formação de mais clorofila nas folhas das plantas crescendo na sombra, proporcionando condições fisiológicas para maiores produções de rizomas. Assim, segundo os autores, os resultados indicariam que maiores intensidades de luz, associadas a temperaturas ambientais mais elevadas, teriam causado a formação do menor número de folhas, índices de área foliar (IAF) mais baixos e teores mais baixos de clorofila, nas plantas crescendo em condições abertas. Temperaturas excessivas, consequência da intensa iluminação, de ocorrência freqüente em condições de campo nas regiões tropicais, teriam influência adversa sobre o crescimento das folhas e desenvolvimento de clorofila no gengibre.

O efeito da intensidade da luz sobre a produção de matéria seca (MS), produzida ao longo do ciclo, e sobre a produção em termos de rizomas secos, foi estudado por Ravisankar & Muthuswamy (1986). Conduziram um experimento irrigado sob três condições de intensidade de luz, a pleno sol, e sob dois níveis de sombreamento, obtidos associando o gengibre a culturas de 2 e de 6 anos de idade, da palmeira asiática 'areca', provendo respectivamente 77 e 85 % de atenuação da luz. Este último

tratamento, proporcionando maior intensidade de sombreamento, registrou o mais elevado teor de matéria seca entre os três tratamentos estudados, durante todo o ciclo. Segundo os autores, apesar do aumento da MS ser um fato normal com o desenvolvimento da planta, a rapidez no incremento foi muito mais elevada para todos os tratamentos de sombra, em comparação com a baixa razão de incremento no peso seco do tratamento a pleno sol. Observaram que a síntese e a melhor utilização dos fotossintetizados pareceu ocorrer nas plantas crescendo nos tratamentos de sombra, aonde se dispunha de temperaturas relativamente mais amenas atenuadas pela irrigação, as quais, combinadas com baixas intensidades de luz, podem ter contribuído para a formação de mais clorofila nas folhas. Os autores citam outros pesquisadores apresentando explicações similares para culturas de batata doce, esclarecendo que o nível de carboidratos relativamente elevado é resultado da baixa degradação destes, causado pela decréscimo respiratório, sob condições de temperaturas mais baixas.

2.2.6 - Telados para Sombreamento

Devido ao notável desenvolvimento que o ramo da plasticultura tem alcançado na agricultura, hoje dispõe-se de vários recursos para se produzir sob estufas, casas de vegetação ou telados de acordo com as condições desejadas. Segundo Dubois (1980), é evidente o êxito extraordinário da plasticultura em comparação com a agricultura tradicional, seja do ponto de vista da precocidade da produção, da segurança na colheita, ou na economia proporcionada especialmente no consumo de energia e água. De acordo com este autor, em determinados setores da produção, o cultivo tradicional está perdendo sua importância em favor do cultivo protegido, em decorrência da necessidade de proteger as colheitas contra as inclemências do tempo e na obtenção de produtos de maior qualidade. Nas diversas fases de desenvolvimento e funções das plantas, germinação, crescimento, floração, frutificação, assimilação ou evapo-transpiração, insiste o autor, os plásticos podem exercer influência benéfica principalmente como estruturas de proteção.

As telas, “sombrites” ou mantas, muito utilizados na cobertura de plantas, são materiais de cobertura opacos e reflexivos, visando sua proteção contra o excesso de luz, manejo do calor, no controle fotoperiódico e também como barreira fitossanitária, de acordo com Bliska Jr.(1994). Utilizam-se telas de cores escuras, mais freqüentemente negras, para o sombreamento, não somente para proteger as plantas contra queimaduras, como também para controlar a fotossíntese (Dubois, 1980).

As telas opacas com fios de nylon de cor negra possuem uma alta capacidade de absorção de calor, por isso quando montadas no interior de estufas funcionam como filtros de luz sendo também acumuladores de calor (Bliska Jr, 1995).

A utilização de telas plásticas no Brasil apresenta um potencial considerável na área agrícola, apresentando inúmeras possibilidades de forma prática e econômica. Atualmente são produzidos dentro de rígidos padrões técnicos, oferecendo para cada tipo de aplicação o modelo e a cor adequada à necessidade (Salvetti,1985).

Os “sombrites” ou telados, pelo seu amplo campo de utilização e diversas aplicações na agricultura, têm apresentado um grande desenvolvimento especialmente na proteção de cultivos; hoje são muito utilizados na produção de hortaliças, em situações onde, de outra forma, não poderiam ser cultivadas. Neste contexto são utilizadas para proporcionar sombra principalmente a plantas ornamentais e olerícolas, em particular nas regiões sujeitas a fortes insolações. As telas filtram os raios solares diminuindo os efeitos destrutivos das radiações fortes (Vicente & Pedro, 1971).

2.3 - Adubação

O gengibre é cultura muito exigente em fertilidade do solo (Maistre, 1969), (Purseglove,1981), respondendo prontamente à combinação de matéria orgânica e fertilizantes minerais. Para se produzir plantas saudáveis, vigorosas e produtivas, é indispensável a aplicação de um esquema de fertilização definido de acordo com o tipo de solo (Lawrence, 1984).

É consenso entre produtores e estudiosos desta cultura que, sem uma adubação fundamental no plantio, não há produção econômica. Entretanto, devido à longa duração da cultura no campo, cerca de 10 meses, para se alcançarem produções mais elevadas, os fertilizantes devem ser fracionados em várias aplicações de cobertura, conforme é praticado em todas as lavouras comerciais de gengibre no mundo. Sendo planta esgotante, encontra-se sempre a recomendação do conhecimento prévio do nível atual dos nutrientes disponíveis no solo, necessário para a esquematização de planos adequados de adubação e de rotação de culturas.

2.3.1 - *Recomendações gerais*

Na Austrália, de acordo com Groszmann (1954), recomendava-se o uso de adubação baseada em mistura de fertilizantes minerais, de maneira que fossem incorporados ao solo 250, 200 e 180 kg/ha respectivamente de N, P_2O_5 e K_2O , aplicando-se metade no plantio e o restante em coberturas laterais.

Para aumentar a produção, Cadiz, citado por Aclan & Quisumbing (1976), recomendava fertilização completa, com 100-200-100 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O ; enquanto que Nair & Varma, citados por Atal & Kapur (1982), registraram produção de 43 t/ha de gengibre fresco com aplicação de 100-100-200 kg/ha dos mesmos nutrientes.

Entre as recomendações gerais para adubação, emitidas durante o *National Seminar on Ginger and Turmeric* (1982), constam citações baseadas em pesquisa recente na época, sobre aspectos nutricionais do gengibre, (Nair, 1982), considerando ótimas as doses de 80-30-50 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O . Também em Purseglove (1981), encontra-se aplicação de adubos minerais na base de 35, 35 e 80 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O ; entretanto, estes valores não encontram fundamentos na prática agrícola ou na experimentação, hoje considerados baixos para atender as elevadas exigências nutricionais da cultura do gengibre, orientada para alta produtividade.

Em grandes regiões produtoras de gengibre na Índia, Randhawa et al, citados por Nair (1982), registraram aumentos na altura da planta, no número de hastes e na produção de rizomas, com a utilização da dose de 100-50-50 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O . Também Kumar (1980), cita o uso da mesma proporção, recomendando a aplicação

parcelada do N em duas vezes. Já na Austrália, segundo Purseglove (1981), usava-se incorporar no plantio, doses de 40, 270, 100 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , reforçando durante o ciclo os aportes nitrogenados em cobertura lateral.

Kumar & Joshi (1984) descrevem prática tradicional de adubação em região produtora de gengibre na Índia, constando, além da incorporação da matéria orgânica, a aplicação de fertilizantes minerais na dose de 50kg/ha de N e 60kg/ha de P_2O_5 , hoje considerada insuficiente para as necessidades normais do gengibre.

No Hawaï, usam-se pesadas adubações minerais, orientadas para obtenção de produtos da alta qualidade exigida pelo enorme mercado norte-americano. No plantio, além da matéria orgânica, segundo Takeda & Nishina (1985), recomenda-se aplicar apenas o fósforo na dose de 520 kg/ha de P_2O_5 . Em cobertura, ao longo do ciclo, é comum executarem-se até 8 operações, a cada 30 dias. Computando-se as aplicações de plantio e 7 coberturas, são incorporados ao solo entre 500-800 kg/ha de N, e outros tantos de K_2O , e de 1.000 a 1.400 kg/ha de P_2O_5 , o que aparenta ser uma quantidade excessiva de fertilizantes minerais, provavelmente a mais elevada aplicação em lavouras de gengibre do mundo. A oitava e última aplicação de cobertura, já próxima à colheita, costuma ser apenas de potássio, com a finalidade de induzir maior firmeza aos rizomas e maior brilho na superfície da pele.

Em revisão sobre o assunto, no período de 1966 a 1982, Pawar & Patil (1987) registraram muitas indicações de adubação para uma boa produção de rizomas; sem dispensar jamais a aplicação de matéria orgânica, citam o uso de fertilizantes minerais em quantidades que variam de 60-120 de N, 60-100 de P_2O_5 e 80-120 de K_2O em kg/ha. Do mesmo modo, Atal & Kapur (1982), extraindo dados de vários anos de pesquisa na Índia, sobre aplicação de fertilizantes minerais, também encontraram como recomendação geral, quantidades similares as citadas anteriormente, as quais, fora a aplicação da matéria orgânica, variavam entre 100 kg/ha de N, de 50 a 100 kg/ha de P_2O_5 e de 50 a 200 kg/ha de K_2O , hoje valores considerados conservadores.

No Brasil não existem muitas informações de pesquisa sobre a adubação da cultura do gengibre. Nas zonas de produção nos estados de S.Paulo e Paraná, encontram-

se recomendações gerais, baseadas em observações e práticas tradicionais realizadas nas regiões produtoras.

Publicado pelo Instituto de Economia Agrícola, CULTURA do gengibre.....(s/d.), constam indicações para o estado de São Paulo, da aplicação de 2.500 kg/ha de fertilizantes minerais de diferentes formulações, sendo a 4-14-8 a mais usada. A metade desta quantidade é aplicada no plantio junto com o adubo orgânico. A outra metade aplica-se em cobertura, normalmente procedendo-se a três aplicações de 413 kg/ha cada uma. No total, entre plantio e cobertura, são adicionados ao solo entre 170-270 kg/ha de N, 240-370 kg/ha de P_2O_5 e 170-300 kg/ha de K_2O . De acordo com as indicações deve-se proceder uma última adubação de cobertura com 1 t/ha de adubo potássico, de preferência o sulfato de K, visando homogeneizar a maturação do gengibre, ao mesmo tempo em que se favorece a formação de rizomas mais grossos e pesados dotados de casca (pele) mais espessa e mais brilhante.

De acordo com o 2º Encontro de Produtores de Gengibre (1991), para as regiões produtoras do litoral do Paraná, quando não se dispõe de análise do solo, recomenda-se aplicar no plantio 4 t/ha de esterco de granja e fertilizantes minerais na dose de 100-415-180 kg/ha respectivamente de N, P_2O_5 e K_2O , e em cobertura 180-75-180 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , distribuídos em 3-4 operações espaçadas por 30 dias. Verifica-se que, no total, são incorporados ao solo 280-490-360 kg/ha respectivamente de N, P_2O_5 e K_2O .

2.2.2 - Recomendações baseadas na experimentação

Maistre (1969), em ensaios controlados, usou doses entre 55-110 kg/ha de N e 50-100 kg/ha de P_2O_5 , aplicados separadamente ou em combinação; verificou que a maior dose de N usada proporcionou os maiores rendimentos.

Por outro lado, Panigrahi & Patro (1985), com o objetivo de melhorar a baixa produtividade de 3 a 8 t/ha, obtida normalmente pelos produtores da região de Orissa, Índia, testaram apenas aplicações em cobertura, sobre a produção de diferentes cultivares de gengibre. Após a adubação fundamental de plantio, igual para todo o experimento, testaram duas aplicações em cobertura dos níveis 45, 90, e 135 kg/ha de

N, combinados a 45 e 90 kg/ha de K_2O . Os resultados foram todos significativos em relação ao controle, sendo que três cultivares alcançaram as produções mais elevadas do experimento, entre 11 e 13 ton/ha de rizomas, com a aplicação da dose de 90-90 kg/ha de N e K_2O . A aplicação do nível mais elevado de N resultou em efeito igual ou um pouco inferior na produção. Apesar do ganho excepcional de até 260% em relação à produção original na região, a baixa produtividade ainda observada estaria relacionada necessariamente às condições do local, solo, tamanho do rizoma-semente, espaçamento, manejo, em resumo, o *estado de arte* da época, havendo ainda muito espaço para o aumento da produtividade, considerando as potencialidades da espécie ainda não totalmente alcançadas naquelas condições.

Vaidya et al, citados por Pawar & Patil (1987), recomendam a dose de 25 a 30 ton/ha de esterco de curral antes do plantio, e mais a aplicação de fertilizantes minerais na dosagem de 75-30-30 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O . Segundo os autores, levando em consideração a composição média em nutrientes no esterco, a dose total de nutrientes incorporada seria 225-90-180 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O . Fixando este nível de valores para os nutrientes, Pawar & Patil (1987) estudaram os efeitos sobre a produção de rizomas, pela aplicação conjunta de matéria orgânica e fertilizantes minerais, variando suas quantidades relativas, de maneira tal que a dose de nutrientes incorporados fosse sempre aquele patamar fixo, isto é, 225-90-180 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O . Os tratamentos constaram de 0, 10, 20 e 30 t/ha de esterco, cujos nutrientes em N, P, e K, somados aos presentes nos adubos minerais, alcançassem o nível fixado, além do controle sem nada. Pelos resultados, os autores verificaram que a aplicação conjunta de esterco e adubos minerais aumentou significativamente a produção de rizomas frescos em 236 % sobre o controle, nos dois anos do experimento. O melhor tratamento foi o que contava na composição com 20 t/ha de matéria orgânica, registrando produção significativamente maior que o controle; de modo geral, os resultados foram claros em indicar todos os tratamentos associados, como melhores do que a aplicação apenas de fertilizantes minerais.

Por outro lado, Wilson & Ovid (1993), estudando os efeitos da aplicação de fertilizantes sobre a produção de gengibre, não verificaram nenhum efeito significativo.

Preocupados com a qualidade do produto, Joseph & Jayachandran (1993) pesquisaram a influência de diferentes níveis de fertilizantes sobre a qualidade dos rizomas, avaliados em termos de teores de óleo essencial e óleo-resina. Testaram 4 níveis de cada nutriente 75, 100, 125 e 150% da dose normalmente recomendada de 75-50-50 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O, proporcionando uma amplitude na aplicação de nutrientes de 55 - 112 kg/ha de N e de 38 - 75 kg/ha de P₂O₅ e de K₂O. Verificaram que a qualidade dos rizomas não foi afetada pelo aumento nos níveis de aplicação de fertilizantes.

2.4 - Qualidade (Óleo Essencial e Óleo-Resina)

Em geral, para todos os tipos de produtos do gengibre, o caracter aromático e a intensidade da pungência constituem os mais importantes critérios de qualidade, sendo o óleo essencial e a óleo-resina respectivamente, os responsáveis diretos por estas características (Tropical Products Institute, 1979). São atributos essencialmente governados pela variedade, variando de acordo com as condições geo-climáticas.

Ultimamente observa-se uma tendência crescente para a exportação de produtos finais do gengibre, nas formas de óleo essencial e óleo-resina, devido ao grande interesse por parte dos países consumidores, pela praticabilidade, eficiência e economia no uso industrial desses produtos.

2.4.1 - Composição geral

O rizoma do gengibre possui óleo essencial, óleo fixo, compostos pungentes formados por óleo-resinas, amido e outros sacarídeos, proteínas, celulose, fibras, gorduras, matérias corantes, traços de elementos minerais, etc. O amido é o componente mais abundante compreendendo de 40 a 60 % da matéria seca do rizoma.

De acordo com Purseglove (1981), a composição geral aproximada do rizoma maduro na colheita é de 80% de água, 2,3% de proteínas, 1% de gordura, 12,3% de carboidratos, 2,4% de fibras e 1,2% de cinzas; o rizoma 'seco', considerado no comércio, contém ainda cerca de 10% de umidade residual. O padrão requerido pelo

mercado dos Estados Unidos exige que o produto seco possua não menos que 42% de amido e não menos que 8% de fibra crua.

Segundo Van Beek et al. (1987), a composição do rizoma seco de gengibre é de 40-60% de amido, 10% proteínas, 10% gorduras, 5% fibras, 6% material inorgânico, 10% umidade residual e de 1 a 4 % de óleo essencial.

2.4.2 - Óleo essencial e óleo-resina

A avaliação da qualidade dos rizomas de gengibre é determinada principalmente em função dos teores em óleo essencial, óleo-resina e fibras (Joseph & Jayachandran, 1993).

São observadas diferenças substanciais entre produtos de diferentes origens geográficas. Mesmo numa mesma região, podem diferir significativamente por razões de manejo, conforme sejam as práticas de cultivo, condução da cultura sob sombra ou condições abertas (Jaswal et al, 1993), ou utilização de diferentes variedades comerciais.

Os métodos de processamento pós-colheita, secagem, moagem, destilação, isolamento, análise e identificação, afetam a composição qualitativa e quantitativa do óleo do gengibre, certamente influenciando os resultados. A excelência do produto final depende de numerosos fatores sendo o mais importante a variedade comercial e suas potencialidades aromáticas e de pungência.

O ambiente local e o estado de maturidade por ocasião da colheita, podem ser possíveis fatores decisivos na variação de qualidade (Purseglove, 1981). Também a época da colheita tem influência distinta sobre os teores e qualidade do óleo essencial e da óleo-resina (Winterton & Richardson, 1965).

Tomando 14 cultivares populares de gengibre, Ratnambal et al (1987) estudaram a evolução do rendimento de óleo essencial e óleo-resina em 4 estádios de maturidade. De modo geral, encontraram teores mais elevados de óleo essencial nas fases iniciais de crescimento da cultura, porém ao considerar a produção por área, o rendimento máximo foi atingido na plena maturidade da planta, por ocasião da colheita aos 240 dias, variando entre 1,2 % a 2,5 %.

2.4.3 - Principais componentes do óleo essencial e óleo-resina

O óleo essencial do gengibre é extraído por destilação de arraste de vapor, dos rizomas frescos, secos, fatiados e rasurados grosseiramente, com rendimento variando de 0,25 -1,2 % de acordo com Atal & Kapur (1982) e, segundo Lawrence (1988), podem conter de 1 a 3 % . Apresenta-se como um líquido de cor amarelo pálido a amarelo, com um odor fortemente aromático de especiaria (Winterton, 1965). Tem sido analisado exaustivamente sob várias condições laboratoriais e os resultados mais recentes e confiáveis foram arrolados em revisões regulares por Lawrence(1988), Lawrence (1990), Lawrence (1991).

Nas últimas décadas, os métodos de isolamento e análise têm se tornado mais sofisticados; assim, Lawrence (1984) em suas investigações identificou mais de 300 componentes no óleo essencial do gengibre.

A análise do óleo essencial realizada por Sakamura (1987), no Japão, indicou ser formado principalmente por monoterpenos acíclicos oxigenados em cerca de 60-70 %, apresentando, entre outros, principalmente os constituintes neral, geranial, geraniol e acetato de geranila, este último, parecendo ser um composto característico de rizomas frescos. A autora isolou também do óleo essencial os monoterpenos :1.8-cineol em cerca de 10 % e citral (neral + geranial) em 34 %. Comenta que muitas análises sobre os constituintes voláteis do óleo, apresentadas anteriormente por outros centros de pesquisa, foram realizadas a partir de óleo essencial extraído de rizomas secos de fontes comerciais, razão pela qual a maior parte dos constituintes presentes nesses óleos eram sesquiterpenos, já que os monoterpenos haviam se volatilizado. O estudo de Smith & Robinson (1981) indicou que o óleo essencial extraído de rizomas verdes e frescos possuía altos teores dos componentes monoterpênicos neral e geranial, decrescendo todavia na medida em que secavam-se os rizomas, concomitante a uma elevação no teor dos sesquiterpênicos, confirmando as observações daquela pesquisadora.

De acordo com Atal & Kapur (1982), os principais constituintes do óleo são sesquiterpenos, além de farnesano, metil-heptanona, cineol, borneol, geraniol e linalol. Já anteriormente usando a sofisticada técnica da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa na análise do óleo essencial do gengibre, Massada (1976)

determinou como mais importantes componentes na composição do aroma: α -pineno, felandreno, cineol, metil-heptanona, borneol, linalol, citral, aldeídos C_9 e C_{10} , α e β zingibereno, a-curcumeno, farnesano e alcoois sesquiterpênicos.

Yaozu et al (1987) analisaram os constituintes voláteis do óleo essencial do gengibre obtido por destilação a vapor, por cromatografia gasosa e espectrometria de massa, CG/EM, apresentando um perfil cromatográfico de 54 picos, dos quais 25 identificados para quantificação, evidenciando-se os seguintes componentes pela participação percentual e importância aromática : α -zingibereno 28,96 %, β -bisaboleno 16,45 %, sabineno 8,80 %, canfeno 4,12 %, e α -pineno 1,34 %.

Conforme Fulder (1993), os principais compostos no óleo de gengibre incluem necessariamente os constituintes: zingibereno, curcumeno, bisaboleno, sesquifelandreno, pineno, mirceno, borneol e farneseno.

Segundo Menut et al (1994), um óleo típico de gengibre deve conter os constituintes: 1.8-cineol, geranial e neral como os principais monoterpenos oxigenados, junto com vários sesquiterpenos característicos, tais como : α -curcumeno, zingibereno, bisaboleno e sesquifelandreno. A partir dessas considerações, tomando amostras comerciais de mercado, os autores avaliaram os componentes do óleo essencial extraído dos rizomas por hidro-destilação, os quais foram analisados por cromatografia gasosa/espectrometria de massa CG/EM; observaram a presença de uma composição química clássica, registrando porém altos teores entre os monoterpenos: citral (neral+geranial) em 35 % e 1.8-cineol em 10 %.

A óleo-resina, substância pungente extraída dos rizomas secos e grosseiramente moídos, por meio de solventes como álcool ou cetona, é usada como produto aromatizante, a maior parte junto ao mercado de bebidas refrigerantes, e de notável interesse da indústria de alimentos enlatados e embutidos de carnes para conferir além do aroma, o sabor 'quente apimentado' (Winterton, 1965). A óleo-resina com sua característica pungência consiste numa mistura de terpenos, cetonas (principalmente zingerona) e aldeídos alifáticos saturados, em particular o n-heptaldeído.

A óleo-resina é de natureza fenólica e não volátil, sendo os constituintes mais conhecidos o gingerol, shogaol, paradol, etc. (Massada, 1976; Van Beek et al., 1987).

No Brasil, Taveira Magalhães et al (1997) estudaram a caracterização do óleo essencial destilado dos rizomas de gengibre, dos tipos Gigante e Caipira normalmente cultivados no país, por meio da composição centesimal e do perfil em constituintes, registrando as diferenças relativas. Apesar dos dois tipos apresentarem odor de limão, o tipo Gigante apresentou maior intensidade aromática, em virtude do seu teor mais elevado em citral (neral+geranial), 14 a 21 % , contra menos da metade para o tipo caipira, 6 a 7%. Outros componentes característicos do óleo essencial do gengibre, encontrados no tipo Gigante definidores de um perfil aromático desejável, foram: α -zingibereno 19 %, ar-curcumeno 8 %, b-felandreno + 1,8-cineol 8,4%.

2.4.4 - *Aroma e pungência*

Os constituintes voláteis presentes no óleo conferem ao gengibre a sua principal característica de agradável aroma, o qual é usualmente descrito como doce, quente, (Atal & Kapur, 1982), aroma típico de especiaria, de raiz, delicado, cítrico, canforado, etc., (Van Beek et al, 1987), não se caracterizando por um componente particular, mas, pela mistura de vários componentes de natureza terpênica, tanto quanto compostos não terpênicos, oxigenados e não oxigenados.

Van Beek et al (1987) consideram que o aroma típico de gengibre permaneça indecifrável, devido à sua enorme complexidade e à existência de inúmeras variações segundo as procedências além de problemas relacionados à interpretação subjetiva do odor dos inúmeros componentes individuais.

Bednarczyk et al citados por Van Beek et al (1987), investigando a identidade dos principais compostos voláteis responsáveis pelo aroma característico do gengibre, concluíram que os componentes α -terpineol, neral, geranial, ar-curcumeno, β -sesquifelandreno, nerolidol e cis- β -sesquifelandrol respondem por 85% do aroma em teste de painel. Uma alta concentração de citral (neral + geranial) confere um acentuado aroma cítrico-limão ao gengibre.

Em um perfil característico, incluem-se ainda entre os principais compostos do óleo, o zingibereno, bisabolenos, pineno, mircenos, borneol e farnesano, segundo Fulder (1993). O grupo do citral, que inclui o neral, geranial e limoneno, normalmente existe em maior porcentagem no rizoma fresco; entretanto, em decorrência do calor no processo de secagem, ocorrem várias mudanças químicas, sendo a perda dos citrais a mais evidente.

Os óleos essenciais modificam-se quimicamente com o tempo; assim, quando o óleo ou o rizoma seco são armazenados, vários componentes se transformam, degradam, formam-se outros, etc., por meio de reações químicas internas que alteram a composição e conseqüentemente, o odor e o paladar originais. (Van Beek et al., 1987; Fulder, 1993).

3 - MATERIAIS & MÉTODOS

3.1 - Localização do experimento

Os experimentos de campo foram instalados e conduzidos em área agrícola de propriedade da empresa Agroexotic Comércio Exterior Ltda, no município de Atibaia, SP, durante o ano agrícola de 1995/96.

O clima geral da região de Atibaia é mesotérmico de transição entre tropical e subtropical, com altitudes que abrandam a temperatura, caracterizado como sendo do tipo *cfb* da classificação internacional de Köppen, com pluviosidade média anual de 1.456 mm, a maior parte concentrada durante os meses de verão, prolongando-se de novembro a março.

Os dados meteorológicos representativos da área do experimento foram obtidos junto aos arquivos da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo, referentes a latitude 23° 07' S, longitude 45° 50' W e altitude de 744 m. O clima local é do tipo tropical de altitude e com regime termo-pluviométrico apresentando sazonalidade típica das regiões limítrofes ao Trópico. Na figura 1, estão apresentados os valores mensais médios da temperatura do ar (°C) e da precipitação pluvial (mm) da região de Atibaia, SP.

O período mais chuvoso é de outubro à março, com 1.068 mm, correspondendo a 79,2 % da chuva anual que é de 1349 mm. A precipitação pluvial de abril a setembro é de 281 mm, atingindo valores mínimos de 31 e 30 mm em julho e agosto, respectivamente.

A temperatura média anual é de 18,9°C, com valores mais baixos no mês de julho (15,0°C) e mais elevados no mês de fevereiro (22,2°C).

A disponibilidade hídrica climática, analisada pelo método de balanço hídrico, segundo Thornthwaite & Mather (1955), mostra um total anual de 489,4 mm de excedente hídrico. Pela análise dos valores médios climáticos, a região de Atibaia se caracteriza por baixa intensidade de seca no período do inverno. A redução das chuvas no período maio-setembro coincide com a diminuição da temperatura do ar e, consequentemente da demanda hídrica atmosférica (quadro 1 e figura 2).

Quadro 1- Dados do balanço hídrico-climático médio de Atibaia (SP), para armazenamento de 100 mm, segundo o método de Thornthwaite & Mather (1955).

Mês	T °C	EP	P	P-EP	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
1	21,9	105,5	240	134,5	100	0	105,5	0	134,5
2	22,2	94,1	198	103,9	100	0	94,1	0	103,9
3	21,3	91,2	160	68,8	100	0	91,2	0	68,8
4	19,2	67,8	70	2,2	100	0	67,8	0	2,2
5	16,3	48,2	39	-9,2	91,2	9,2	47,8	0,4	0
6	15,4	41,9	47	5,1	96,3	3,7	41,9	0	0
7	15,0	39	31	-8	89	11,7	38,4	0,6	0
8	16,4	50,1	30	-20,1	72,7	31,9	46,2	3,9	0
9	18,3	63,7	64	0,3	73,1	31,4	63,7	0	0
10	19,3	77,3	125	47,7	100	0	77,3	0	20,7
11	20,2	85,9	147	61,1	100	0	85,9	0	61,1
12	21,2	100	198	98	100	0	100	0	98
Ano	18,9	864,6	1349	484,4	489,4	4,9	859,8		

onde:

T = temperatura;

EP = evapotranspiração potencial;

P = precipitação;

ARM = armazenamento;

ER = evapotranspiração real;

DEF = deficiência;

EXC = excedente.

Figura 1 - Valores mensais médios da temperatura do ar (°C) e da precipitação (mm), em Atibaia, SP.

Figura 2 - Extrato do balanço hídrico mensal em Atibaia, SP. (CAD=100mm)

O solo da região é um *Latossol vermelho amarelo-orto* de textura argilosa, profundo, de coloração alaranjada, ácido a medianamente ácido, possuindo saturação de bases baixa, com pH- 5,5 e 3,5 % de matéria orgânica (Brasil, 1960).

A análise química e composição granulométrica do solo referente à área experimental está apresentada no quadro 2.

O valor para fósforo é considerado muito alto e os de potássio, cálcio e magnésio considerados altos, devido ao uso intensivo da área com pesadas aplicações de fertilizantes em atividades hortícolas anteriores, particularmente a cultura do morango. Pela mesma razão, o pH do terreno indica valor próximo à neutralidade ± 6 , ou baixa acidez. O teor de matéria orgânica de 3,5 % foi considerado alto.

Quadro 2. - Resultado da análise química do solo, referente à área do experimento, Atibaia, SP, 1995.

Parâmetros	Valores	Observações
pH (água)	5,5	acidez baixa
pH (CaCl ₂)	6,0	acidez baixa
Fósforo (ppm - res.)	140,0	muito alto
Potássio (mEq/100 ml TFSA)	0,65	alto
Cálcio (mEq/100 ml TFSA)	4,6	alto
Magnésio (mEq/100 ml TFSA)	1,4	alto
Hidrogênio + alumínio (idem)	3,4	
Soma de bases	6,65	
CTC (mEq/100 ml TFSA)	10,05	baixa
Saturação em bases (%)	66,1	média
Matéria orgânica (%)	3,57	alto
Ferro (ppm)	77,0	
Zinco (ppm)	20,1	

A composição granulométrica (quadro 3) aponta e confirma a textura argilosa da área, embora em consequência do longo manejo hortícola, recebendo aportes continuados de matéria orgânica, sua textura apresentava-se bastante friável.

Quadro 3. - Composição granulométrica (%) e densidades do solo da área experimental, Atibaia, SP, 1995.

Parâmetros	(%)
Areia grossa	27
Areia fina	18
Argila	48,5
Limo	6,4
Cascalho	0,0
Densidade aparente	1,15
Densidade real	2,5

3.2 - Procedimento Experimental

Os tratamentos foram constituídos do teste de duas variedades comerciais de gengibre, cultivadas sob três níveis de atenuação de luz e da aplicação fracionada de três níveis de adubação de cobertura, dispondo-se no total de 18 tratamentos e 54 parcelas.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com os tratamentos arranjados em esquema fatorial do tipo 2x3x3 com 3 repetições e com restrição na aleatorização devido à montagem padrão dos telados.

3.3 - Variedades Comerciais e Rizoma-Semente

O chamado gengibre 'Caipira' ou 'Brasileiro', originário das Índias Ocidentais, foi introduzido no Brasil pelos portugueses (Pio Corrêa & Pena 1952). Entretanto, encontra-se no País outra possível variedade também denominada 'Brasileira', apresentando

rizomas de tamanho gigante, acreditando-se que tenha sido selecionada comercialmente por produtores, a partir dos primeiros. Como acontece em todos os países produtores de gengibre, como disse Butcher, citado por Whiley (1981), as características desta espécie são produzidas antes pelo ambiente agro-ecológico do que herdadas geneticamente. Além dessas, outras variedades tem sido reconhecidas, provavelmente introduzidas no Brasil por produtores japoneses (Ishimura et al., 1984).

No Hawaii, dois tipos de gengibre são cultivados, o tipo gigante conhecido localmente como "chinês" e o tipo pequeno chamado de "japonês"; somente o primeiro é cultivado em escala comercial, a maior parte em pequenas propriedades. De acordo com Akamine (1962), o gengibre hawaiano tipo chinês, pela suas qualidades superiores, determina os níveis de preço nos principais mercados internacionais em relação a outros produtos estrangeiros ofertados.

Nos experimentos foram utilizadas duas variedades comerciais de gengibre :

3.3.1 - *Variedade Brasileira Gigante*

Habitualmente cultivada nos principais centros de produção de São Paulo e Paraná, destinada à exportação, recebendo vários nomes de acordo com o produtor considerado, como Takahashi, Ooshoga, Otohuku e Indo, segundo Ishimura et al. (1984).

3.3.2 - *Variedade Hawaiana*

Originária do Hawaï, de grande demanda pelo mercado norte-americano, considerada de alta produtividade e qualidade, atualmente cultivada na região produtora do Paraná. Os rizomas para plantio dos ensaios, foram importados do Hawaï pela empresa Agroexotic Comércio Exterior Ltda, colaboradora dos experimentos de campo. O material foi inicialmente multiplicado durante dois ciclos de produção na região de Atibaia, originando os rizomas-semente que serviram para o plantio do experimento.

3.3.3 - Rizomas-sementes para plantio

Os rizomas-sementes de ambas variedades destinados ao plantio dos ensaios foram padronizados em peças de 85 ± 5 g de rizomas-semente, representando em média uma razão de plantio de 3600 kg/ha.

3.4 - Atividades de Campo

3.4.1- Instalação e plantio do experimento

Na área experimental de 1.000 m² foram instalados os ensaios de campo, onde cada parcela, medindo 4,80 x 3,20m, constou de 4 linhas distanciadas de 1,20 m, com 15 plantas/linha, espaçadas entre si de 20 cm, totalizando 60 plantas/parcela. Excluindo as bordaduras, a área útil de cada parcela media 2,80 x 2,40 m, totalizando 6,72 m², aqui denominada 'área padrão de amostragem', dispondo das duas linhas centrais com 26 plantas/parcela para análise. A montagem de um sistema de irrigação por aspersão garantiu disponibilidade de água durante todo o ciclo, igualmente para todas as parcelas.

No preparo para o plantio, o terreno foi submetido a duas arações cruzadas e gradeado convenientemente. Em seguida, toda a área recebeu uma adubação fundamental, constando de uma mistura de esterco de aves, farinha de ossos e complexo à base de farinha de peixe (preparação exclusiva da Associação *Mokiti Okada*), em conjunto, aplicados à base de 20 t/ha. Além destes, recebeu a aplicação de fertilizantes minerais, apenas com fósforo e potássio, na dose de 70 kg/ha de P₂O₅ e 40 kg/ha de K₂O. O plantio dos rizomas-semente foi efetuado em 01-11-95.

3.4.2 - Sombreamento e adubação de cobertura

Sombreamento - A área total do experimento foi dividida em três partes iguais, duas das quais receberam instalações de cobertura com telado de náilon tipo 'sombrite' de cor preta, com malhas apropriadas para prover 30 e 50 % de atenuação de luz,

destinadas aos tratamentos de sombra e o terço restante da área para o tratamento em condições abertas, a pleno sol.

Adubação -O esquema de ensaios da adubação mineral de cobertura proposto foi baseado na experiência prática de produtores tradicionais de gengibre, dos estados de São Paulo e Paraná e em dados da literatura; constou do teste de 3 níveis de N-P-K, através dos quais foram incorporados ao solo:

no tratamento (T1) = 150-50-70,

no tratamento (T2) = 250-100-140

no tratamento (T3) = 350-150-210,

respectivamente kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O distribuídos em 5 aplicações fracionadas ao longo do ciclo, de acordo com o esquema da tabela 1.

Tabela 1.- Esquema dos níveis dos tratamentos de adubação mineral NPK de cobertura segundo a data da aplicação. Atibaia,SP,1996.

Coberturas		Nível I			Nível II			Nível III		
Data	Aplc.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
11-jan.	1	50	-	-	75	-	-	100	-	-
15-fev.	2	50	-	-	75	-	-	100	-	-
11-mar.	3	25	25	25	50	50	50	75	75	75
26-abr.	4	25	25	25	50	50	50	75	75	75
22-mai.	5	-	-	20	-	-	40	-	-	60
Total		150	50	70	250	100	140	350	150	210

As duas primeiras adubações de cobertura, espaçadas de 30 dias, com aplicações apenas do nitrogênio, foram efetuadas com nitrato de cálcio(15,5% de N), no estágio de emergência das hastes, aos 70 dias do plantio.

O potássio foi ministrado na forma de cloreto de potássio quando participante de fórmulas e de sulfato de potássio quando da aplicação apenas potássica. A fonte de fósforo usado em cobertura foi o superfosfato simples.

Os adubos foram distribuídos nas entre-linhas após a operação de capina, completando-se com a operação de amontoa.

3.4.3 - *Condução e Colheita*

Durante o desenvolvimento das plantas foram realizadas igualmente para todo o experimento, as operações necessárias para a condução da cultura, de acordo com práticas utilizadas pelos melhores produtores. A primeira, aos 45 dias do plantio e as outras espaçadas de 30 a 40 dias entre si. Executou-se o controle de ervas invasoras com capinas entre linhas e mondas entre plantas, seguidas das adubações de cobertura e operações de amontoa, combate às pragas e colheita. Durante todo o ciclo, a irrigação por aspersão foi acionada sempre que as condições exigiram, seja por deficiência de umidade no solo ou apenas para refrigeração ambiental nos dias mais quentes e secos.

A colheita foi realizada decorridos 10 meses do plantio, após a senescência completa das partes aéreas, na maturidade das plantas. Os rizomas das duas linhas centrais, referentes à área útil de 6,72 m² de cada parcela, foram colhidos manualmente com auxílio de enxadas, deixando-se no campo as duas linhas externas de cada parcela e as duas plantas das extremidades de cada linha.

Os rizomas foram limpos, eliminados os resíduos de hastes e raízes, lavados, submetidos à pesagem (peso de matéria fresca). Em seguida, foram retiradas amostras de $\pm 1,0$ kg de cada tratamento, destinadas aos processos analíticos de laboratório.

3.5 - Laboratório

3.5.1 - *Preparo das amostras*

Fatiamento e Secagem - As amostras de $\pm 1,0$ kg de rizomas em estado fresco referentes a cada parcela foram cortadas em fatias de ± 3 mm de espessura em fatiador mecânico de facas, modelo semi-industrial. Em seguida, foram arrumadas em camadas simples sobre bandejas e postas a secar em estufa dispondo de controle de temperatura e ventilação interna, forçando a circulação do ar quente.

A secagem das amostras foi realizada até peso constante, dentro de uma faixa selecionada de temperatura, de 50 ± 5 °C, para minimizar a perda de óleo volátil durante a secagem, apresentando no final uma umidade de 14 - 18 %. Nestas condições, o peso de matéria seca de cada amostra foi registrado e a relação de secagem calculada. Cada amostra foi acondicionada em saco plástico e armazenada em congelador a -12°C. De acordo com MacGraw et al (1986), temperaturas de secagem dos rizomas de 45 ± 5 °C retornaram produtos com teor de umidade de 20% com rendimento máximo em óleo essencial.

Moagem - A moagem dos rizomas fatiados e secos foi feita em moinho de facas, o qual gera pouco calor durante a operação, sendo rasurados em fragmentos grosseiros, no sentido de evitar a perda de importantes componentes monoterpênicos voláteis. Esta operação foi realizada imediatamente antes do processo de destilação garantindo a qualidade do óleo essencial.

3.5.2 - Destilação

A extração do óleo essencial foi realizada por destilação, por meio do arraste de vapor em aparelho de laboratório do tipo *Moritz (Clevenger* modificado) segundo Costa (1975). O tempo de destilação para cada amostra foi de 7 horas. O óleo foi recebido em coluna de água, separado em funil separador, acondicionado em frasco escuro, pesado em balança analítica e armazenado em freezer, aguardando análise.

3.5.3 - Análise cromatográfica

A separação, identificação e análise dos componentes do óleo foi realizada por um cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massa (CG/EM), marca Shimadzu, modelo QP-5.000.

Utilizou-se uma coluna capilar DB-I, de 30m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro e 0,25 µm de espessura. O gás de arraste usado foi o Hélio (He), a um fluxo na razão de 1,7 ml/min e voltagem de ionização EI de 70 eV. As condições de análise utilizadas foram, temperatura do injetor: 240 °C e temperatura do detetor: 230 °C.

A operação de programação da temperatura foi a seguinte: 50 °C por 5 min; em seguida, elevação de 50 a 180 °C, à razão de 3°C/min., e depois, elevação de 180 °C a 210 °C à razão de 8°C/min., Split 1/20.

Cerca de ± 5 mg de cada amostra de óleo foram inicialmente pesadas em balança eletrônica, em seguida diluídas no solvente acetato de etila, tomando-se 1 μ l da solução para injeção no equipamento.

A identificação dos componentes químicos foi baseada na análise comparativa dos espectros de massa das substâncias presentes no óleo essencial com o banco de dados (Wiley Libr.) do sistema CG/EM e com os dados obtidos por Massada (1976), Yaozu (1987) e Menut (1994).

3.6 - Variáveis Experimentais

3.6.1 - Produção de rizomas

No final do ciclo produtivo e após a senescência das hastes vegetativas, foram colhidas todas as touceiras de rizomas referentes à área útil de 6,72m² de cada parcela, eliminando-se as raízes, restos de hastes e terra. Foram registrados os pesos de matéria fresca dos rizomas em kg/parcela e os dados obtidos projetados para toneladas por hectare.

3.6.2 - Altura das hastes

O comprimento das hastes, medido em centímetros, registrado no estágio de planta adulta, 2 meses antes da colheita, foi medido a partir do nível do solo até a parte terminal da haste, tomada na base da última folha aberta.

3.6.3 - Número de hastes

Registradas após a colheita, pela contagem do número de cicatrizes deixadas nos rizomas pela senescência das respectivas hastes, a partir de amostras de ± 30 kg de rizomas de cada parcela, criando-se o índice do número de hastes/kg de rizoma, para avaliação e comparação deste parâmetro.

3.6.4 - *Avaliação da doença* (amarelão)

A intensidade da doença foi registrada um mês antes da colheita, pela contagem de lesões características presentes na faces ventrais das 3^{as} e 4^{as} folhas, a partir do ápice das hastes. Foram tomadas ao acaso 4 hastes por área útil (6,72m²), de cada parcela, considerada área padrão de amostragem, registrando-se a contagem do número de lesões foliares, obtida em função desta área.

3.6.5 - *Óleo essencial*

Peso do óleo em gramas, obtido em balança eletrônica com precisão de 0,001 grama, considerado em relação percentual ao peso do rizoma seco extraído (p/p)%. Para os cálculos estatísticos, os dados de teores porcentuais do óleo foram transformados nos respectivos valores em arco-seno.

4. - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Dados Experimentais Gerais

Os dados experimentais gerais obtidos sobre a produção de rizomas frescos em t/ha, número de hastes/kg de rizoma, altura da planta em cm, e rendimento (%) de óleo essencial, cujos valores representam a média de três repetições, estão apresentados nas tabelas 2 e 3 respectivamente para as variedades Brasileira e Hawaiana.

Tabela 2. Efeitos da atenuação de luz e da adubação mineral de cobertura sobre a produção de rizomas, número de hastes, altura da planta, número de lesões e teor de óleo essencial da variedade Brasileira.

Níveis Sombra	Níveis adubos*	Produção (t/ha)	Número de hastes/kg	Altura (cm)	Número de lesões/área	Teor de óleo (%)
L1 (0%)	F1	44,00	12,2	60,0	63,0	0,626
	F2	44,04	7,2	82,7	59,0	0,704
	F3	48,50	10,7	89,3	---	0,683
L2 (30%)	F1	62,44	3,8	102,7	17,7	0,560
	F2	67,35	4,1	116,0	12,7	0,742
	F3	61,50	3,9	120,0	---	0,592
L3 (50%)	F1	63,88	4,6	125,0	6,7	0,635
	F2	54,51	5,9	120,0	3,3	0,751
	F3	58,87	3,3	117,0	---	0,594

* - Níveis de adubação NPK

L = Intensidade de sombra

F1 = 150- 50- 70

F2 = 250-100-140

F3 = 350-150-210

Tabela 3. Efeitos da atenuação de luz e da adubação mineral de cobertura sobre a produção de rizomas, número de hastes, altura da planta, número de lesões e teor de óleo essencial da variedade Hawaiana.

Níveis Sombra	Níveis adubos*	Produção (t/ha)	Número de hastes/kg	Altura (cm)	Número de lesões/área	Teor de óleo (%)
L1 (0%)	F1	21,97	25,6	59,3	97,0	0,804
	F2	29,26	25,8	71,0	72,7	0,782
	F3	16,86	27,0	78,0	---	0,709
L2 (30%)	F1	39,43	18,1	97,7	17,0	0,680
	F2	40,66	15,8	103,0	8,0	0,758
	F3	45,48	15,7	107,7	---	0,768
L3 (50%)	F1	44,64	15,0	95,0	9,0	0,688
	F2	40,57	16,8	104,0	4,7	0,626
	F3	44,54	12,5	107,7	---	0,757

* - Níveis de adubação NPK

L = Intensidade de sombra

F1 = 150-50-70

F2 = 250-100-140

F3 = 350-150-210

4.2 - Correlações Entre as Características Estudadas.

Uma visão abrangente da interdependência entre as características agrônômicas estudadas e suas influências relativas sobre o comportamento produtivo é proporcionada pelos resultados da análise de correlação. Conforme a tabela 4, podem-se observar as inter-relações e direções das associações entre as características estudadas, sugerindo evidências de suas participações relativas no contexto da produção.

Os resultados indicaram a produção de rizomas correlacionando-se de modo significativo com todas as demais variáveis, estabelecendo uma relação negativa com o rendimento em óleo essencial, o número de hastes/kg e o número de lesões fúngicas nas folhas, apresentando correlação positiva apenas com a altura.

Tabela 4. Matriz de correlação entre características agronômicas do gengibre. ♣

Parâmetro	O.Essencial	Altura	N.Lesões	N.Hastes	Produção
O.Essencial	I	- 0,15 ns	0,18 ns	0,31 *	- 0,33 **
Altura		I	0,85 **	- 0,68 **	0,69 **
N.Lesões			I	0,56 **	- 0,53 **
N.Hastes				I	- 0,88 **
Produção					I

♣ - variedades Brasileira e Hawaiana em conjunto.

ns - não significativo

* - Significativo ao nível de 5 %

** - Significativo ao nível de 1 %

De modo geral, a altura da planta apresentou relação direta com a produção de rizomas, isto é, hastes mais longas com maior número de folhas, favorecem a capacidade de processamento metabólico e armazenamento nos rizomas. Correlações positivas e significativas entre produção e altura, produção e número de hastes, são normais e conhecidas para a espécie em questão, tendo sido descritas na literatura conforme encontramos, entre outros, em Ratnambal et al. (1982), Sreekumar et al. (1982), Saha (1989) e Sasikumar et al. (1992).

Entretanto, no presente trabalho, a matriz de correlações indica uma associação negativa estatisticamente significativa entre produção de rizomas e número de hastes. Em primeiro lugar explica-se pelo efeito variedade; em segundo lugar devido ao fator doença, que entre outras conseqüências, estimulou emissão de novas hastes em detrimento da massa subterrânea, revertendo o processo de armazenamento.

A correlação negativa e altamente significativa da produção de rizomas com o número de lesões fúngicas nas folhas indica que a progressão da doença interfere em detrimento da produção; quanto maior e mais adiantada a infecção das plantas, menor a sua capacidade de produzir, elaborar e armazenar fotosintetizados nos rizomas.

O rendimento em óleo essencial revela uma associação em direção oposta à produção de rizomas, traduzindo a relação inversa que existe naturalmente entre estes parâmetros, baseada em suas respectivas configurações e funções anátomo-fisiológicas. Em outras palavras, as células armazenadoras de óleo essencial estão localizadas em sua maioria na casca do rizoma e, em número muito menor, distribuídas no amido da massa rizomatosa. Assim, quanto maior e mais pesada esta, menor será a área em casca e menor o número de células oleíferas, sendo portanto a relação óleo/rizoma (p/p %) menor. Por outro lado, para rizomas de menor tamanho, maior será a área em casca disponível, resultando rendimento mais elevado em óleo essencial.

O número de hastes/kg correlacionou-se significativamente com todas as demais características estudadas, sendo a correlação positiva com o rendimento de óleo essencial e número de lesões na folha, e negativa com a altura das plantas. A mesma direção da relação número de hastes e número de lesões foliares poderia encontrar explicação na maior severidade de infestação pela cultura e no estágio de evolução da doença, inutilizando as folhas e, por extensão, as hastes. Como reação, a planta compensa as perdas por meio de profusa emissão de novas hastes.

A associação negativa entre número de hastes e altura significa plantas com alturas médias mais elevadas apresentando menor número de hastes, e plantas menores apresentando muitas hastes. No caso, o fenômeno pode ser devido ao fator variedade, e à maior incidência da doença, observando-se particularmente em determinados tratamentos utilizados. O evoluir da doença, inutilizando folhas, estimula a emissão de um maior número de novas hastes. Estas ficam menores em virtude do encurtamento do ciclo de produção normal, de reconhecida sazonalidade como é o do gengibre, dispondo de menor tempo para o crescimento. Há uma provável contribuição de estresse fisiológico, que este complexo processo de perfilhamento provoca, na economia da produção e particionamento de fotossintetizados da planta.

As demais correlações apresentam intensidades de associação sem importância.

4.3 - Efeito dos Tratamentos sobre as Características Estudadas

De modo geral, a aplicação dos tratamentos de atenuação de luz, adubação de cobertura ou variedade, ora resultaram efeitos significativos, ora sem relevância, sobre a produção de rizomas, número de hastes, altura das plantas, número de lesões fúngicas nas folhas e rendimento em óleo essencial.

4.3.1 - Produção de Rizomas

4.3.1.1 - Efeito de atenuação da luz

Considerando o experimento em geral, a condução do cultivo do gengibre sob os níveis de sombreamento testados estimulou a produção de rizomas em mais de 50% em relação ao tratamento a pleno sol (0% sombra). Em todas as situações, a variedade Brasileira apresentou melhor comportamento produtivo que a Hawaiana. Entretanto, considerando apenas os tratamentos sob proteção, a Hawaiana obteve um ganho mais elevado na produção de rizomas, 90% em relação ao cultivo em aberto, enquanto o aumento para a variedade Brasileira nas mesmas condições foi de 30% (tabela 5).

Tabela 5. Produção média de rizomas em t/ha segundo os tratamentos de atenuação de luz (%).

Tratamento	Var. Brasileira	Var.Hawaiana	Geral
0%	45,51 a *	22,70 a	34,10 a
30%	63,76 b	41,86 b	52,81 b
50%	59,09 b	43,25 b	51,17 b
Média Geral	56,12	35,93	46,03
CV%	18,81	16,96	18,76

* - letras desiguais na mesma coluna apresentam diferenças estatísticas significativas.

A análise dos contrastes entre as médias de produção referentes aos tratamentos de sombra, conforme tabela 6, resultou diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey, entre o tratamento de 0% de sombra de um lado e os tratamentos de 30 e 50% de sombra de outro.

Tabela 6. Contraste entre as produções médias de rizomas em t/ha segundo os tratamentos de atenuação de luz pelo teste de Tukey.

Sombra	Observação	QM.mín.	Grupos Homogêneos
0%	18	34.106667	a
30%	18	52.811667	b
50%	18	51.168889	b
Contraste		diferença +/- limites	
0% - 30%		-18.7050	6.30593 *
0% - 50%		-17.0622	6.30593 *
30% - 50%		1.64278	6.30593

* denota diferença estatisticamente significativa.

Os resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Aclan & Quisumbing (1976), os quais, registrando as mais baixas produções de rizomas no tratamento a pleno sol, estabeleceram a faixa entre 25 e 50% de atenuação de luz para otimizar a produção e a qualidade do produto.

Nas presentes condições experimentais, não houve diferença estatística na produção de rizomas entre os tratamentos de 30 e 50% de sombra. Entretanto, observou-se comportamento geral melhor, produção ligeiramente superior e maior qualidade sob o sombreamento suave de 30%.

De modo geral, as plantas que se desenvolveram sob proteção da luz direta, pelo efeito benéfico destes tratamentos, apresentaram maior precocidade e boa homogeneidade na emergência das hastes, contribuindo para a formação, crescimento e engrossamento dos órgãos subterrâneos.

Também Jayachandran et al. (1991) conduzindo uma cultura sob 25% de sombra, obtiveram 31% a mais na produção de rizomas em relação ao controle. Não conseguiram porém, estabelecer diferenças estatísticas entre as produções dos cultivos desenvolvidos a pleno sol e sob 50% de sombreamento. Acima deste último valor, os autores obtiveram uma evidente redução na produção.

Os resultados são comparáveis também àqueles obtidos por Jaswal et al. (1993), os quais, na tentativa de otimizar a produção de rizomas em situações de sombreamento, verificaram a máxima produção com 47 % de sombra, representando 96 % da produção da cultura a pleno sol; registraram produção mínima quando conduzida sob o nível de 62% de atenuação de luz.

Itong & Villamayor (1991) chegaram a resultados próximos, determinando a faixa de 40 a 65% de sombreamento, como a mais adequada para alcançar maior produção de massa de rizomas, comparando com a produção da cultura a pleno sol ou mesmo sob telado de 20% de atenuação. Esta faixa inclui, entretanto, tanto os níveis de máxima quanto de mínima produções, determinado pelos grupos de pesquisadores anteriormente citados.

Outros autores, testando o sombreamento da cultura do gengibre, apresentam resultados algumas vezes discordantes desses níveis de sombra. Wilson & Ovid (1989) encontraram produções significativas sob sombreamento de 66% obtido com telado de náilon, resultando uma produção de rizomas 53% maior do que o cultivo a pleno sol; já o tratamento provendo 33% de sombra apresentou menor rendimento, com produção apenas 18% mais elevada que o controle. Mais tarde, os mesmos autores (Wilson & Ovid, 1993) registraram produção 100% maior, em relação à produção da cultura sem qualquer proteção, confirmando os resultados anteriores com a utilização do telado de 66% de sombreamento.

Provavelmente os aparentes antagonismos entre os resultados apresentados, em relação aos diversos níveis de tratamentos de luz testados, sejam devidos às diferentes condições experimentais e pedo-climáticas específicas, como latitude, altitude, umidade relativa, temperaturas médias do ar e do solo, irrigação, etc. Como toda atividade fisiológica, a produção de rizomas é função de inúmeras e, por vezes, complexas variáveis.

O fato relevante em todas as pesquisas sobre o comportamento da espécie, quando conduzida em situações de sombreamento, é a constatação da produção mais baixa ser o resultado do cultivo em condições abertas. Em muitos casos, como afirmam Wilson & Ovid (1989), os tratamentos a pleno sol apresentam produções menores que a metade do melhor tratamento de sombra.

No presente experimento, as plantas de ambas as variedades, desenvolvidas sob qualquer nível de proteção da luz, produziram significativamente mais do que a pleno sol, confirmando a natureza umbrófila do gengibre. Conforme afirmação de Minoru et al. citados por Aclan & Quisumbing (1976), o gengibre está capacitado para utilizar eficientemente luz de baixas intensidades em seu metabolismo fotoquímico.

Os dados gerais de produção de rizomas obtidos em função dos diferentes níveis de atenuação de luz, submetidos a análise de regressão, permitiram o estabelecimento de uma relação funcional significativa ($P < 0,1$), representadas pelas curvas e respectivas equações ilustradas na figura 3, considerando o experimento como um todo e, na figura 4, considerando as duas variedades separadamente.

As figuras mostram o comportamento similar das variedades, apresentando a mesma tendência, porém com valores distintos; as curvas descrevem os aumentos obtidos na produção de rizomas à medida que se reduz a intensidade de luz, atingindo o valor máximo aos 30 - 35 % de sombreamento; acima desta faixa a produção da variedade Brasileira decresce na medida em que se progride a redução da intensidade da luz. Já para a variedade Hawaiana observa-se um crescimento assintótico da produção, pelo menos até o nível estudado de 50% de sombra.

Os dados experimentais de produção de rizomas de cada variedade, sob efeito conjuntos dos tratamentos de sombra e de adubação, permitiram também pela análise de regressão, o estabelecimento de um relacionamento significativo ($P < 0,1$) entre aquelas variáveis, gerando diferentes superfícies de resposta para as variedades Brasileira e Hawaiana, apresentadas respectivamente nas figura 6 e 7, discutidas no item que trata do efeito da adubação sobre a produção de rizomas.

Figura 3 - Produção média de rizomas (t/ha) de ambas as variedades em função de níveis de sombreamento (%).

Figura 4 - Produção média de rizomas (t/ha) das variedades (a) brasileira e (b) hawaiana, em função de níveis de sombreamento (%).

O cultivo protegido providenciou ainda um controle seletivo das ervas daninhas, praticamente eliminando da cultura as ervas de 'folhas estreitas', em especial as gramíneas, restando algumas espécies de ervas de 'folhas largas', controladas pela monda entre plantas ou pelo cultivo mecanizado entre linhas.

Nos tratamentos sob telado a aplicação da irrigação por aspersão interferiu nas condições micro-ambientais, contribuindo para a elevação da umidade relativa e no abrandamento das temperaturas do ar e do solo; deste modo ofereceu condições consideradas adequadas ao ótimo desenvolvimento do gengibre, resultando em produção significativamente mais elevada e de melhor qualidade, em comparação ao tratamento a pleno sol.

4.3.1.2 - *Influência da variedade*

Houve diferença estatística na produção de rizomas para o efeito variedade, estabelecendo distinção entre as variedades Hawaiana e Brasileira, podendo-se observar pela análise do contraste entre as médias, conforme tabela 7.

Tabela 7. Contraste entre as médias de produção de rizomas (t/ha) das variedades Brasileira e Hawaiana pelo teste de Tukey.

Variedade	Observação	QM.mín.	Grupos Homogêneos
Hawaiana	27	35,935556	a
Brasileira	27	56,122593	b
Contraste		diferença	+/- limites
Br - Hw		20,1870	4,27572 *

* denota diferença estatisticamente significativa.

A produção média geral do experimento considerando ambas variedades foi de 46 t/ha; entretanto, a variedade Brasileira produziu em média 56 t/ha contra 36 t/ha para a variedade Hawaiana; a análise do contraste entre as médias de ambas favorece a Brasileira com uma produção 55 % maior, nas condições deste trabalho.

Possivelmente o comportamento inferior da variedade Hawaiana, considerada boa produtora, tenha sido por razões de adaptabilidade às condições pedo-climáticas

locais, já que tratava-se de material exótico de introdução recente no país. Os rizomas-
sementes utilizados na experimentação foram colhidos de um segundo ciclo de
multiplicação e produção na região em estudo.

Como material exótico, a variedade Hawaiana foi prejudicada em particular no
tratamento em condições abertas, pelo excesso de emissão de perfilhos. Estes,
originaram-se pela morte de hastes jovens, antes da abertura das folhas, em decorrência
de queimaduras solares; as novas hastes e folhas, não tendo condições nem tempo de dar
a formação adequada à porção rizomatosa correspondente, resultaram em menor
produção.

As menores médias de produção de rizomas registradas no experimento, foram as
do tratamento em condições abertas, tendo sido 45 t/ha para a variedade Brasileira, 23
t/ha para a Hawaiana, independentemente das doses de adubação.

Apesar da baixa produtividade apresentada pela variedade Hawaiana em todos os
tratamentos, por limitações ocasionais comentadas anteriormente, ainda assim, ela
apresentou um nível de produção comparável àqueles alcançados em centros de
produção tradicionais, como na Austrália, onde se registram produções de 25 a 30 t/ha
ou em lavouras totalmente irrigadas alcançando 40 t/ha (Purseglove, 1981). Em
lavouras paulistas e paranaenses conduzidas tecnicamente, com pesados programas de
fertilização orgânico-mineral, a produtividade tem sido de 30 t/ha (Ishimura, 1984;
Instituto Agrônomo, 1987; Encontro de Produtores de Gengibre, 1991).

4.3.1.3 - *Influência da adubação*

A produção de rizomas de ambas as variedades não apresentou diferença
significativa para o tratamento de adubação mineral de cobertura, não havendo, portanto,
diferença entre os níveis de fertilizantes aplicados.

Os dados experimentais da produção de rizomas em função dos níveis de
adubação, tratados pela análise regressão, permitiram o ajuste de uma relação linear ($r = 0,80$) ilustrada na figura 5. Observa-se uma reta paralela ao eixo horizontal, indicando
que, nas condições experimentais deste trabalho, não houve ganho de produtividade
devido a este fator.

Este resultado encontra explicação no fato da área experimental ter sido utilizada durante vários anos com atividades olerícolas intensivas, principalmente com a cultura do morango, havendo provável interferência de nutrientes residuais das pesadas adubações executadas para aquelas culturas citadas.

Os resultados estão em concordância com aqueles encontrados na literatura; assim, dependendo das condições da área experimental, nível de fertilidade atual, manejo e adubações anteriores, etc. pode-se não obter nenhum resultado ou até resultados opostos na produção, por excesso de fertilizantes. Neste contexto, Maistre (1969) cita experimentos com fertilizantes minerais, não proporcionando nenhum aumento na cultura do gengibre. Aclan & Quisumbing (1976) não observaram resultados com aplicação de fósforo em experimentos de adubação. Também Nair (1982) cita os pesquisadores Muralidharan et al., que aplicaram fósforo em experimentos de adubação e não obtiveram qualquer efeito sobre a produção, ou, Saraswat, que também não registrou resposta à aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Figura 5 - Produção média de rizomas (t/ha) de ambas variedades em função de níveis de adubação em kg(NPK)/ha.

No presente trabalho, as médias de produção de rizomas apresentados pelos tratamentos de adubação permitem inferir que a cultura produziu próximo de suas máximas possibilidades, pouco havendo em se agregar em ganhos de produtividade pelo efeito deste insumo.

A análise de regressão identificou uma dependência funcional entre a produção de rizomas e a aplicação conjunta dos tratamentos de sombra e de adubação, para cada variedade. Os respectivos dados experimentais permitiram um ajuste tridimensional estatisticamente significativo ($P<0,1$), gerando as superfícies de resposta apresentadas nas figuras 6 e 7 para as variedades Brasileira e Hawaiana.

Figura 6.- Representação da superfície de resposta sobre a produção de rizomas em t/ha da variedade brasileira, em função de níveis crescentes de atenuação de luz (%) e de adubação mineral de cobertura em kg(NPK)/ha.

A equação descritiva da relação polinomial entre aquelas variáveis citadas para a variedade Brasileira foi a seguinte :

$$y = 44,01833 + 1,2847 x - 0,01737798 x^2 - 0,00089814 x^2 z^2 \quad r = 0,48$$

onde:

'y' é a produção de rizomas em t/ha, 'x' os níveis de atenuação de luz (%) e 'z' os níveis de adubação mineral de cobertura em kg(NPK)/ha.

A produção de rizomas da variedade Brasileira, conforme se observa na figura 6, aumenta com a diminuição da intensidade da luz incidente, não havendo interferência aparente de efeitos da aplicação crescente de fertilizantes, até o limite de 30 % de sombreamento da cultura; a partir deste patamar, a aplicação de doses suplementares de adubo indica tendência de decréscimos progressivos na produção.

Para a variedade Hawaiana a análise de regressão também associou tridimensionalmente de modo significativo os dados de produção em função dos níveis dos tratamentos de sombra e de adubação conjugados, resultando na superfície de resposta representada na figura 7.

Figura 7.- Representação da superfície de resposta sobre a produção de rizomas em t/ha da variedade hawaiana, em função de níveis crescentes de atenuação de luz (%) e de adubação mineral de cobertura em kg(NPK)/ha.

Neste caso, a relação funcional ajustada foi a seguinte :

$$y = 14,377456 + 1,030758 x - 0,0070617 x^2 + 7,4928 z - 0,225272 x z \quad r = 0,71$$

onde:

'y' é a produção de rizomas em t/ha, 'x' são os níveis de atenuação de luz (%) e 'z' os níveis de adubação de cobertura em kg/(NPK)/ha.

Pela figura 7, pode-se acompanhar o efeito conjunto das aplicações em níveis crescentes, do sombreamento e da adubação mineral de cobertura, sobre a produção de rizomas da variedade Hawaiana.

Apesar da adubação não ter resultado efeito significativo na produção, quando associada ao efeito do sombreamento, observam-se aumentos progressivos na produção com a aplicação de doses crescentes de fertilizantes sob níveis também crescentes de sombra.

A máxima produção para esta variedade ocorreu na faixa de 30-40 % de sombra com aplicação da adubação entre os níveis 2 e 3, isto é, entre 250 e 350 kg/ha de N, 100 e 150 kg/ha de $P_2 O_5$ e 140 a 210 kg/ha de K_2O . Doses crescentes de adubação associadas a cultivos em níveis crescentes de sombra tendem a estabilizar e ou afetar negativamente a produção de rizomas.

4.3.2- Número de hastes/kg de rizomas.

4.3.2.1 - Efeito da atenuação de luz.

Visualizando de modo global os dados da tabela 8, verifica-se que, sob níveis crescentes de intensidade de sombra, houve diminuição do número de hastes em mais de 47%, em relação ao tratamento em condições abertas (0% de sombra). A variedade Brasileira apresentou redução de 56% e a Hawaiana 43%, embora esta última, nas presentes condições experimentais, tenha sugerido uma tendência mais acentuada ao perfilhamento.

Tabela 8. Número médio de hastes/kg de rizomas, de cada variedade e geral segundo os diferentes tratamentos de atenuação de luz (%).

Sombreamento	Var.Brasileira	Var.Hawaiana	Geral
0%	11,51 a*	26,14 a	18,82 a
30%	5,53 b	16,31 b	10,92 b
50%	5,18 b	14,78 b	9,98 b
Média Geral	7,42	19,08	13,24
CV (%)	28,19	18,37	21,32

* - letras diferentes na mesma coluna apresentam diferenças estatísticas significativas.

A análise do contraste entre as médias do número de hastes/kg de rizoma, referentes aos tratamentos de sombra, de acordo com a tabela 9, denota diferença estatisticamente significativa, entre o tratamento em condições abertas e o tratamento protegido (30 ou 50%),.

Tabela 9. - Contraste entre as médias do número de hastes/kg de rizomas segundo os tratamentos de atenuação de luz, pelo teste de Tukey.

Sombra	Observação	QM.mín.	Grupos Homogêneos
50%	18	9,985000	b
30%	18	10,923889	b
0%	18	18,821111	a
Contraste		Diferença +/- limites	
0% - 30%		7,89722	2,29153 *
0% - 50%		8,83611	2,29153 *
30% - 50%		0,93889	2,29153

* denota diferença estatisticamente significativa.

Não houve diferença no número de hastes entre os tratamentos que receberam proteção, podendo-se observar entretanto, para esta característica, que o número mais baixo de hastes ocorreu no tratamento de 50% de atenuação de luz.

No cultivo a pleno sol as plantas desenvolveram um maior número de hastes, correspondentes às respectivas expansões rizomatozas conhecidas como 'dedos', no caso, pouco desenvolvidos em virtude do excessivo perfilhamento. No cultivo protegido sob telado (a 30 ou 50 % de sombra), a emissão de hastes foi em menor número; estas, porém, foram mais vigorosas, apresentando maior altura e número de folhas/haste, favorecendo a formação de menor número 'dedos', sendo estes porém maiores, alongados, mais grossos e de maior peso.

O reflexo da emissão de numerosas hastes na produção de rizomas frescos, nas condições deste experimento, pode ser observado no relacionamento estabelecido entre estas variáveis, através dos resultados da análise de correlações apresentados anteriormente na tabela 4, indicando uma relação inversa entre suas direções conforme discutido, decrescendo a produção de rizomas quando o número de hastes aumenta e vice-versa.

Os dados gerais obtidos sobre o número de hastes/kg de rizomas, considerando as duas variedades juntas e separadamente, submetidos a análise de regressão, conduziram à determinação de associações significativas ($P < 0,1$) entre estes e os níveis de atenuação de luz, representados pelas respectivas curvas indicadas nas figuras 8 e 9, cujas equações descritivas estão relacionadas junto às respectivas curvas.

O paralelismo entre as duas curvas, observado na figura 9, evidencia a coerência no comportamento das variedades em termos de emissão de hastes, em relação às suas respostas ao manejo sob diferentes intensidades de sombra. Assim como na figura 8, a qual apresenta o comportamento para o gengibre de modo geral, as curvas ilustram decréscimos progressivos na emissão de hastes/kg de rizomas pelas plantas a medida que se reduz a intensidade da luz, atingindo o valor mínimo na faixa de 35 a 40% de sombreamento. Acima desta faixa o número de hastes tende a crescer novamente na medida em que se continua a redução da intensidade da luz, fato confirmado pela observação.

Figura 8 - Número médio de hastes/kg de rizomas de ambas as variedades em função de níveis de sombreamento (%).

Figura 9 - Número médio de hastes/kg de rizomas das variedades (a) hawaiana e (b) brasileira, em função de níveis de sombreamento (%).

Estes resultados estão de acordo com os aqueles obtidos pelos pesquisadores Jayachandran et al. (1991), os quais registraram o número máximo de hastes/planta no cultivo em condições abertas e a mínima emissão sob 50% de sombra, representando uma redução de 32% no número de hastes, em relação ao primeiro. O tratamento de 25% de sombra, que maximizou a produção de rizomas frescos, apresentava 23% menos hastes/planta que o tratamento em condições abertas.

Anteriormente, os pesquisadores Aclan & Quisumbing (1976), testando a produção de rizomas de gengibre em cultivos a pleno sol e sob vários níveis de atenuação de luz, não registraram diferenças significativas na emissão de hastes/planta, observando entretanto, menor número de folhas/haste no cultivo conduzido em condições abertas, comparado às plantas cultivadas sob proteção.

Por outro lado, Jaswal et al.. (1993) encontraram resultados opostos, estudando o sombreamento da cultura do gengibre no sistema consorciado com uma cultura perene de porte. Sob os níveis de 47 a 54 % de sombreamento obtiveram a máxima produção de hastes/planta, observando um aumento no número de hastes respectivamente de 50 a 75 % a mais que o controle a pleno sol.

4.3.2.2 - *Efeito da variedade*

Verifica-se pelos resultados da análise de contraste de médias, apresentados na tabela 10, uma diferença estatística entre as variedades Brasileira e Hawaiana, para o número de hastes/kg. Conforme se observa, esta última produziu 158% mais hastes/kg do que a variedade Brasileira.

Tabela 10. Contraste entre as médias de número hastes/kg de rizomas das variedades Brasileira e Hawaiana pelo teste de Tukey.

Variedade	Observação	QM.mín.	Grupos Homogêneos
Brasileira	27	7,406296	a
Hawaiana	27	19,080370	b
Contraste		Diferença +/- limites	
Br - Hw		-11,6741	1,55376 *

* denota diferença estatisticamente significativa.

Estes resultados têm importância relevante na consideração da qualidade dos rizomas para o mercado de exportação, pela influência que a emissão do número de hastes tem no desenvolvimento da forma, tamanho e perfilhamento dos 'dedos' rizomatosos.

Neste sentido, se as hastes no final do ciclo corresponderem em suas bases a peças (dedos) de rizomas desenvolvidos, alongados, grossos, pesados e bem formados, a produção de rizomas será elevada. Ao contrário, se por algum estímulo, um maior número de hastes são emitidas a partir de gemas muito próximas no espaço rizomatoso, estas corresponderão a numerosos dedos pequenos, curtos, arredondados, de menor peso e principalmente sem qualidade para exportação *in natura*, explicando o perfilhamento intensivo de hastes mais curtas, com menos folhas, ao final do ciclo resultando produção mais baixa de rizomas.

4.3.2.3 - Efeito da adubação

A adubação pode estimular uma emissão maior de hastes, porém estas serão correspondidas por aumento no tamanho da touceira, com maior massa de rizomas. Estes serão mais desenvolvidos e vigorosos, em decorrência das condições de melhor nutrição da planta, resultando produção maior e de maior qualidade. Embora não tenha sido registrado na literatura consultada, observa-se por vezes uma emissão intensa de hastes pela planta quando sujeita a fatores condicionadores de estresse, levando ao perfilhamento e menor produção.

No caso vertente, o tratamento de adubação não resultou em efeito significativo na emissão do número de hastes/kg de rizomas. Nair (1982) cita aumentos obtidos no número de hastes com a aplicação de 100-50-50 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O . Aclan e Quisumbing (1976) obtiveram aumentos no número de hastes em até 70 %, em relação ao controle, com aplicação da dose mais alta utilizada no experimento, de 90 kg/ha de N. Entretanto, naquelas condições experimentais, havia muito espaço para desenvolvimento e expressão das potencialidades produtivas da cultura, até então apresentando comportamento marginal devido ao baixo nível tecnológico em uso. Por outro lado, existem outras variáveis agindo na função determinativa do número de hastes pela planta

além da adubação, assim como, o fator variedade ou condições de estresse na fase de germinação do rizoma-semente provocando um perfilhamento anormal.

4.3.2.4 - Efeito de interação

Houve efeito significativo da interação entre os tratamentos *sombreamento x variedade* ao nível de 5%, definindo uma diferença estatística na emissão de hastes pelas plantas na dependência de qual variedade esteja sendo cultivada sob que nível de atenuação de luz; no caso presente, observou-se um efeito relevante do cultivo a pleno sol sobre a variedade Hawaiana no estímulo à emissão de numerosas hastes.

4.3.3 - Altura da planta

4.3.3.1 - Efeito de atenuação da luz

Na tabela 11, pode-se acompanhar o resumo dos resultados para a altura das plantas, em termos das médias calculadas para as variedades separadamente ou tomadas em conjunto, de acordo com os níveis de proteção da luz sob os quais se desenvolveram.

Observa-se que, na medida em que se acentua a intensidade do sombreamento na cultura do gengibre, a altura das plantas tende a aumentar de modo significativo em relação à altura daquelas desenvolvidas em campo aberto.

Tabela 11. Altura média das hastes (cm) de cada variedade e de ambas juntas, sob o efeito de diferentes níveis de atenuação de luz (%).

Sombrea/	Var.Brasileira	Var.Hawaiana	Geral
0%	77,33 a*	69,44 a	73,39 a
30%	112,89 b	102,77 b	107,83 b
50%	120,67 b	102,22 b	111,44 b
Média Geral	103,63	91,48	97,56
CV (%)	8,62	4,28	7,62

* - letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas significativas.

Visualizando os dados em conjunto, as plantas cultivadas sob proteção de 30 e 50% da luz mostraram um acréscimo na altura média respectivamente de 43 e 53 %, em relação às plantas desenvolvidas a pleno sol.

A altura geral média das plantas no experimento foi de 97,5 cm, enquanto a média do tratamento a pleno sol foi 73 cm, contra as médias de 107 e 111 cm respectivamente para 30 e 50% de sombreamento, valores esses estatisticamente diferentes no contraste entre as médias pelo teste de Tukey, conforme a tabela 12.

Por outro lado, não houve diferença estatística entre os tratamentos de 30 e 50% de atenuação de luz.

Tabela 12. Contrastes entre as médias de altura das hastes (cm) segundo os tratamentos de atenuação de luz, pelo teste de Tukey.

Sombra	Observação	QM.mín.	Grupos Homogêneos
0%	18	73,3889	a
30%	18	107,3333	b
50%	18	111,4444	b
Contraste		Diferença +/- limites	
0% - 30%		-34,4444	6,03118*
0% - 50%		-38,0556	6,03118*
30% - 50%		-3,61111	6,03118

* denota diferença estatisticamente significativa.

Os dados de altura das plantas, submetidos a análise de regressão, permitiram o ajuste de uma relação estatisticamente significativa ($P<0,1$) com os níveis de atenuação da luz testados. As curvas e respectivas equações, representativas das variedades consideradas em conjunto ou separadamente, estão apresentadas nas figuras 10 e 11 respectivamente.

Figura 10 - Altura média das hastes (cm) de ambas as variedades em função de níveis de sombreamento (%).

Figura 11 - Altura média das hastes (cm) das variedades (a) brasileiro e (b) hawaiana, em função de níveis de sombreamento (%).

Conforme se verifica, a altura das plantas foi sempre crescente com a intensificação do sombreamento, até o limite máximo testado de 50 %. Níveis de sombra superiores a 70%, têm sido descritos na literatura produzindo efeito contrário, reduzindo o tamanho e inibindo o desenvolvimento normal das plantas por falta de luz.

Os resultados conferem com aqueles obtidos por Itong et al. (1991), trabalhando com os níveis de 40 e 65% de sombreamento, bem como os resultados obtidos por Jayachandran et al. (1991), os quais observaram ganhos menores na altura, entre 12 e 15%, registrados em plantas que receberam respectivamente 25 e 75 % de atenuação de luz em relação à cultura controle em condições abertas.

Os resultados concordam também com as conclusões de Wilson & Ovid (1993), os quais obtiveram acréscimos mais relevantes para altura das plantas; conduzindo experimentos sob tratamento de 66% de sombra, registraram alturas médias das hastes 83% mais elevadas que o tratamento a pleno sol. Esses mesmos autores, em pesquisa anterior (Wilson & Ovid, 1989), já haviam apresentado resultados com ganho de 100% na altura das plantas, entre cultivos sombreados (66%) e o controle (0% de sombra).

Para o gengibre, estes ganhos em altura, estimulados por sombreamentos discretos, não representam uma manifestação de estiolamento da planta que cresce débil em busca da luz; pelo contrário, os resultados da pesquisa em geral, têm indicado que o sombreamento da cultura do gengibre promove um crescimento vigoroso nas plantas, devido ao micro-ambiente apropriado à manifestação daquelas potencialidades genéticas direcionadas para a produção, firmadas sobretudo em sua natureza de planta umbrófila.

Com o crescimento saudável e vigoroso das hastes em altura, providas de maior número e tamanho de folhas, dispensando o recurso subterrâneo do brotamento e emissão de novas hastes como ocorre em situações hostis, o resultado na produção de rizomas é decorrência imediata e sensível.

4.3.3.2 - *Efeito da variedade*

No estudo do contraste entre as médias de altura, pelo teste de Tukey, a variedade Brasileira, em qualquer situação, apresentou plantas mais altas do que a variedade Hawaiana, conforme os dados da tabela 13.

Tabela 13. Contraste entre as médias de altura das hastes (cm) das variedades Brasileira e Hawaiana pelo teste de Tukey.

Variedade	Observação	QM.mín.	Grupos Homogêneos
Hawaiana	27	91,48148	a
Brasileira	27	103,62963	b
Contraste		Diferença	+/- limites
Br - Hw		12,1481	4,08943 *

* denota diferença estatisticamente significativa.

Considerando o comportamento comparativo entre variedades, a Brasileira apresentou plantas com hastes em média 13 % mais altas do que a Hawaiana; pode-se dizer que a variedade comercial conhecida como Brasileira, nas condições do experimento, apresentou sempre alturas mais elevadas.

Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos na literatura por outros autores, como encontramos em Sasikumar et al. (1992), entre outros, confirmando-se o conhecimento de que a altura se correlaciona na maioria das vezes, positiva e significativamente com a produção de rizomas, conforme observado também no presente experimento, anteriormente discutido na análise de correlações, (tabela 4).

4.3.3.3 - Efeito da adubação

Pela tabela 14, pode-se observar as médias gerais de altura das hastes em resposta significativa à aplicação dos níveis F1, F2 e F3 do tratamento de adubação mineral de cobertura, para as variedades separadamente e em conjunto.

Tabela 14. Altura média das plantas (cm) de cada variedade e de ambas juntas, sob o efeito de diferentes níveis de adubação mineral de cobertura (kg de NPK/ha).

Níveis adubação	var.Brasileira	var.Hawaiana	var.Br + var.Hw
F1 - 150-50-70	95,88 a	84,00 a	89,94 a
F2 - 250-100-140	106,22 b	92,66 b	99,44 b
F3 - 350-150-210	108,77 b	97,77 b	103,28 b
Média Geral	103,63	91,48	97,56
CV (%)	8,62	4,28	7,62

* - letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas significativas.

Considerando a média geral do experimento, ou as médias individuais de cada variedade, a aplicação em cobertura no nível F2 de fertilizantes NPK resultou efeito no crescimento em altura das plantas em 10 % a mais do que aquelas que receberam o nível F1, a mais baixa dose utilizada.

Com a aplicação da dose F3, mais elevada, a variedade Brasileira apresentou um ganho de 13 % e a Hawaiana 16 % na altura das plantas, comparados ao nível F1, mais baixo.

A avaliação do contraste das médias de altura das plantas distinguiu os níveis dos tratamentos de adubação, indicando as doses F2 e F3 superiores em relação ao nível F1, para esta característica agrônômica, não havendo diferença entretanto entre os níveis F2 e F3, conforme a tabela 15.

Tabela 15. Contrastes entre as médias de altura das hastes (cm) segundo os tratamentos de adubação mineral de cobertura, pelo teste de Tukey.

Níveis adubação	Observação	QM.min.	Grupos Homogêneos
F1 = 150-50-70	18	89,94444	a
F2 = 250-100-140	18	99,44444	b
F3 = 350-150-210	18	103,27778	b
Contraste		Diferença +/- limites	
F1 - F2		-9,50000	6,03118 *
F1 - F3		-13,3333	6,03118 *
F2 - F3		-3,83333	6,03118

* denota diferença estatisticamente significativa.

Portanto, a dose F2 de adubação mineral na base de 250-100-140 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , distribuídas parceladamente em 5 aplicações de cobertura, concorreram de modo significativo para o desenvolvimento em altura das plantas.

Os dados de altura das plantas de cada variedade, sob efeito dos tratamentos de sombra e de adubação, com o auxílio da análise de regressão, permitiram o estabelecimento de um relacionamento significativo ($P < 0,1$) por meio de um ajuste tridimensional entre aquelas variáveis, gerando superfícies de resposta para as variedades Brasileira e Hawaiana, apresentadas respectivamente nas figuras 12 e 13.

Figura 12.- Representação da superfície de resposta sobre a altura (cm) da variedade brasileira em função de níveis crescentes de atenuação de luz (%) e de adubação mineral de cobertura em kg(NPK)/ha.

A relação funcional ajustada a partir dos dados experimentais foi a seguinte:

$$y = 36,3139 + 1,514892 x + 23,6002 z - 0,003902 x^2 z^2 \quad r = 0,95$$

onde :

'y' é a altura em cm, 'x' são os níveis de atenuação de luz e 'z' os níveis de adubação mineral de cobertura em kg(NPK)/ha.

Pela figura 12, pode-se acompanhar o efeito conjunto da aplicação de níveis crescentes de sombreamento e de adubação mineral de cobertura, sobre a altura das hastes da variedade Brasileira. As plantas responderam prontamente ao efeito associado da adubação e do sombreamento, isto é, experimentaram aumentos progressivos em altura com a aplicação de doses crescentes de fertilizantes e quando cultivadas sob níveis também crescentes de sombreamento. Nas condições do presente trabalho, as alturas máximas para esta variedade ocorreram com cerca de 40 % de sombra associada a aplicação de adubos entre os níveis 2 e 3, isto é, entre 250 e 350 kg/ha de N, 100 e 150 kg/ha de P_2O_5 e 140 a 210 kg/ha de K_2O . Acima de 40 % de sombra e com dose de adubação maior do que a faixa citada, a planta respondeu com ganhos menores na altura.

Estes resultados conferem com aqueles obtidos por Jaswal et al. (1993), os quais, trabalhando com 47 e 62 % de sombreamento, registraram respectivamente 48 e 35 % de ganho na altura das plantas em relação ao controle, isto é, na medida em que aumentou o nível do sombreamento da cultura os ganhos em altura passaram a ser menores.

Também para a variedade Hawaiana, a análise de regressão ajustou significativamente os dados de altura em função dos níveis dos tratamentos de sombra e de adubação, segundo uma relação polinomial explicativa da superfície de resposta apresentada na figura 13.

Figura 13.- Representação da superfície de resposta sobre a altura (cm) da variedade hawaiana, em função de níveis crescentes de atenuação de luz (%) e de adubação mineral de cobertura em kg(NPK)/ha.

A relação polinomial entre aquelas variáveis, descrevendo a superfície de resposta para a variedade Hawaiana é a seguinte:

$$y = 52,16667 + 1,905556 x - 0,02427778 x^2 + 8,66667 z \quad r = 0,98$$

onde:

'y' é a altura das plantas em cm, 'x' são os níveis de atenuação de luz e 'z' os níveis de adubação de cobertura em kg(NPK)/ha.

A figura 13 representa os efeitos conjuntos das aplicações de níveis crescentes de sombreamento e de adubação mineral de cobertura sobre a altura da variedade Hawaiana. Conforme se observa, as plantas apresentaram aumentos sucessivos na altura quando cultivadas sob níveis crescentes de sombreamento e com aplicações crescentes

na dose de adubação. No presente trabalho, as alturas máximas para esta variedade ocorreram no nível máximo testado, 50 % de sombra, associado a aplicação da dose F3, máxima adubação utilizada, isto é, 350 kg/ha de N, 150 kg/ha de P₂ O₅ e 210 kg/ha de K₂O.

4.3.4. - Doença Fúngica

4.3.4.1 - Efeito da atenuação de luz.

O efeito dos diferentes níveis de sombreamento sobre a suscetibilidade da espécie à infecção pela doença, avaliada pelo número médio de lesões foliares, está resumido na tabela 16. Observa-se que, quanto mais elevado o nível de atenuação da luz incidente nos níveis testados, menor o número de lesões foliares.

Tabela 16. Número médio de lesões foliares/área de cada variedade e de ambas juntas, sob o efeito de diferentes níveis de atenuação de luz (%).

Sombrea/	var.Brasileira	var.Hawaiana	var.Br+va.Hw
0%	61,00 a *	84,83 a	72,92 a
30%	15,17 b	12,50 b	13,83 b
50%	5,00 b	6,83 b	5,92 b
Média Geral	27,06	34,72	30,89
CV (%)	33,68	29,24	31,08

* - letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas significativas.

A média geral do número de lesões do experimento foi de 31 lesões/área útil da parcela, sendo que no tratamento sem proteção (0% de sombra), a média alcançou 73 lesões/área enquanto nos tratamentos de 30 e 50% de sombreamento, a média foi respectivamente 14 e 6 lesões/área .

Em termos percentuais, os resultados mostram que em relação ao cultivo em condições abertas, houve uma queda de 92 % no número de lesões foliares na cultura conduzida sob o tratamento de 50 % de atenuação de luz, seja considerando as variedades isoladamente ou em conjunto. Sob o telado de 30% de sombra, a redução no número de lesões foliares foi de 75 % para a variedade Brasileira, 85% para a Hawaiana e 81 % considerando ambas as variedades.

Na apuração do contraste entre as médias do número de lesões, referentes aos tratamentos, resultou diferença estatística entre os níveis testados, indicando o sombreamento de 50 % como o melhor nível para este parâmetro, seguido do nível de 30%, não havendo diferença entre estes dois tratamentos, conforme a tabela 17.

Tabela 17. Contrastes entre as médias do número de lesões foliares segundo os tratamentos de atenuação de luz, pelo teste de Tukey.

Sombra	Observação	QM.mín.	Grupos Homogêneos
50%	12	5,916667	a
30%	12	13,833333	a
0%	12	72,916667	b
Contraste		Diferença +/- limites	
0% - 30%		59,0833	9,74201 *
0% - 50%		67,0000	9,74201 *
30% - 50%		7,9167	9,74.01

* denota diferença estatisticamente significativa.

Deste modo, os tratamentos de sombra com telado de náilon foram efetivos na proteção e controle das plantas contra a infecção pelo fungo do 'amarelão', apresentando um número de lesões muito baixo.

A análise de regressão ajustou os dados sobre o número de lesões em função dos níveis de sombreamento, estabelecendo um relacionamento significativo ($P < 0,1$) entre estas variáveis, representados respectivamente pelas curvas da figura 14 para ambas variedades consideradas em conjunto e figura 15 para variedades Brasileira e Hawaiana.

Observando-se o desenvolvimento da doença segundo o cultivo seja realizado sob sombreamentos crescentes, nota-se uma queda abrupta no número de lesões foliares, à medida que se reduz a intensidade da luz até o nível mais elevado de sombra testado (50 %), para ambas variedades.

De acordo com esses resultados, pode-se esperar que a utilização de medidas de proteção da luz solar direta em até 50 % da radiação incidente controle de maneira eficiente a infestação da cultura do gengibre pelo *Phyllosticta zingiberi*.

Estes resultados estão de acordo com a pesquisa desenvolvida por Rathaiiah (1987), sobre meios físicos e químicos de controle do patógeno, na qual o autor concluiu que a condução da cultura sob manejo parcialmente sombreado, em comparação ao cultivo em condições abertas, apresentou controle preventivo eficiente e superior aos demais tratamentos, inclusive químicos.

O prejuízo que a doença pode causar sobre a produção depende da fase do ciclo da planta e com que intensidade ocorre a infestação. Como afirma Nazareno (1995), infestação severa em estágio precoce da cultura, até 6 meses do plantio, pode comprometer seriamente a produção.

Com o avanço da doença, as lesões foliares se desenvolvem coalescendo entre si, evoluindo rapidamente para a necrose. Sob cultivo protegido, as condições microclimáticas criadas não são predisponentes para atividade do patógeno; neste caso, a ocorrência de infecção dá-se lentamente e em época tardia do ciclo da planta, quando então o desenvolvimento do fungo não afeta mais a produção. Premanathan et al.. (1980) registraram os primeiros sintomas notáveis de infecção em condições de campo, ocorrendo entre aos 75 dias da data do plantio, a partir daí podendo afetar o desenvolvimento e causar prejuízos à produção.

Figura 14 - Infecção de ambas as variedades pelo 'amarelão' em número médio de lesões/área (*) em função de níveis de sombreamento (%).

(*) - área padrão de amostragem = 6,72 m²

Figura 15 - Infecção das variedades (a) hawaiana e (b) brasileira pelo 'amarelão' em número médio de lesões/área(*) em função de níveis de sombreamento (%).

(*) - área padrão de amostragem = 6,72 m²

As plantas desenvolvidas a pleno sol, estiveram sujeitas à infecção desde tenra idade, chegando ao final do ciclo altamente infectadas, apresentando lesões em avançado estado de desenvolvimento, muitas vezes inutilizando a folha por coalescência das mesmas evoluindo para necrose e alcançando a haste toda.

Em condições de campo, a situação pode ser agravada pela existência de outros hospedeiros, especialmente as gramíneas e outras zingiberáceas. É de importância relevante, na disseminação da doença a permanência de esporos viáveis nos restos da cultura anterior, aonde permanecem por um período de 14 meses, decrescendo o número de esporos com a profundidade do solo (Brama & Nambiar, 1982).

Por essas razões e pela utilização de rizomas-sementes infectados, explica-se a fonte primária do inóculo responsável por nova infecção. Neste contexto, medidas fitossanitárias como a queima dos restos infestados da cultura anterior e o tratamento dos rizomas-sementes com fungicidas apropriados podem minimizar a incidência da doença.

4.3.4.2 - *Influência da variedade*

A análise da variância apresentou resultados significativos para o efeito variedade, em relação à suscetibilidade de infecção pelo fungo causador do 'amarelão', avaliado em termos de número de lesões/área padrão de amostragem.

Ratificando o contraste entre as médias do número de lesões, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade, conforme dados apresentados na tabela 18, observa-se a variedade Hawaiana como mais susceptível à infecção pelo fungo *Phyllosticta zingiberi*, apresentando uma média de 35 lesões/área, contra 27 lesões/área para a variedade Brasileira, o que representa um acréscimo de 23 % em infestação pela Hawaiana.

Tabela 18. Contraste entre as médias do número de lesões fúngicas presentes nas folhas das variedades Brasileira e Hawaiana pelo teste de Tukey.

Variedade	Observação	QM.mín.	Grupos Homogêneos
Brasileira	18	27,055556	a
Hawaiana	18	34,722222	b
Contraste		Diferença +/- limites	
BR - HW		-7,66667	6,58049 *

* denota diferença estatisticamente significativa.

Estes resultados estão de acordo com as conclusões de Premanathan et al.(1980), os quais testaram em condições de campo a reação de resistência de 22 variedades de gengibre à infecção pelo patógeno em discussão, concluindo que nenhuma apresentou imunidade à doença, observando, entretanto, variabilidade não desprezível entre as respostas de cada variedade.

Durante o *National Seminar on Ginger and Turmeric* (1982), foi comentada a possibilidade das variedades de gengibre reagirem diferentemente em relação a resistência à doença do 'amarelão', conforme sejam as condições de manejo da cultura sob níveis de atenuação da luz, constando, entre as sugestões prioritárias para futuras pesquisas, o efeito do sombreamento no controle preventivo do patógeno.

4.3.4.3 - Efeito da adubação

Analisando o contraste entre médias, verifica-se conforme a tabela 19, que as plantas que receberam aplicação de fertilizantes NPK na dose F1 (mais baixa), apresentaram maior grau de infestação pelo fungo em questão, em comparação às plantas que receberam a dose F2, mais reforçada em nutrientes.

Tabela 19. Contrastes entre as médias do número de lesões foliares segundo os tratamentos de adubação mineral de cobertura, pelo teste de Tukey.

Níveis adubação	Observação	QM.mín.	Grupos Homogêneos
F2 = 250-100-140	18	26,722222	a
F1 = 150-50-70	18	35,055556	b
Contraste		Diferença +/- limites	
F1 - F2		8,33333	6,58049*

* denota diferença estatisticamente significativa.

Nas presentes condições experimentais, em termos percentuais, significa dizer que, as plantas que receberam aplicação de doses de adubação em cobertura no nível F2, isto é, 250-100-140 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , independentemente da variedade, apresentaram 24 % menos lesões foliares do que as plantas que receberam a dose F1, de 150-50-70 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , diferença esta estatisticamente significativa em nível de 5%. Em outras palavras, plantas mais bem nutridas resistiram melhor à infecção pelo agente causador da doença.

O estudo conjunto dos efeitos dos tratamentos de sombra e de adubação sobre o número de lesões foliares, realizado pela análise de regressão, resultou no estabelecimento de uma relação estatisticamente significativa ($P < 0,1$) entre estas variáveis, criando as superfícies de resposta para as variedades Brasileira e Hawaiana, apresentadas nas figuras 16 e 17.

Figura 16.- Representação da superfície de resposta sobre o número de lesões foliares por área padrão (*) em função de níveis de atenuação de luz (%) e de adubação mineral de cobertura em kg de NPK/ha para a variedade Brasileira.

(*) - área padrão de amostragem = 6.72 m^2 .

A equação que respondeu pelo ajustamento dos dados da variedade brasileira é a seguinte:

$$y = 67,16667 - 2,1394444 x + 0,02038889 x^2 - 4,111111 z \quad r = 0,92$$

onde:

'y' é o número de lesões, 'x' os níveis de atenuação de luz em % e 'z' os níveis de adubação em kg(NPK)/ha.

De modo análogo, para a variedade Hawaiana, a figura 17 representa a superfície de ajustamento significativo dos dados sobre o número de lesões foliares em função dos níveis de sombra e de adubação, cuja relação funcional descritiva é a seguinte:

$$y = 120,0117544 - 4,30093567 x + 0,04256 x^2 - 23,45614 z + 0,40878 x z$$

com $r = 0,91$ onde:

'y' é o número de lesões, 'x' os níveis de atenuação de luz em % e 'z' os níveis de adubação em kg(NPK)/ha.

Figura 17.- Representação da superfície de resposta sobre o número de lesões foliares por área padrão (*) em função de níveis de atenuação de luz (%) e de adubação mineral de cobertura em kg de NPK/ha, para a variedade Hawaiana.

(*) - área padrão de amostragem = 6.72 m^2 .

Observando-se o efeito conjugado dos tratamentos de adubação e sombreamento, conforme a figura 17, verifica-se que as plantas que receberam maior dose de nutrientes minerais em cobertura e desenvolvidas em sombreamento com até 50 % de luz apresentaram redução relevante na incidência do agente patógeno causador da doença do 'amarelão'. Na medida em que se eleva a aplicação da dose de fertilizante em cobertura,

há uma tendência de queda na infecção, mesmo em condições abertas, sugerindo uma resposta positiva das plantas mais bem nutridas ao ataque do fungo.

4.3.5 - Produção e qualidade do óleo essencial

4.3.5.1 - Efeitos do sombreamento e da adubação

Não houve diferença entre os níveis dos tratamentos de sombra ou de adubação, sobre a produção de óleo essencial, podendo-se dizer que ambas as variedades apresentaram rendimento em óleo similares, seja sob cultivo em condições abertas, seja sob cultivo protegido em telado de 30% ou de 50% de sombreamento, não apresentando resposta também à aplicação de doses crescentes de adubação mineral de cobertura.

Entretanto, culturas conduzidas sob níveis de sombra bem mais acentuados, de 70 a 85%, experimentados por Ravisankar & Muthuswamy (1987), apresentaram teores de óleo essencial significativamente mais elevados em relação ao cultivo a pleno sol. As evidências dos resultados sugeriram àqueles autores a capacidade que o gengibre possui para sintetizar, translocar, utilizar e armazenar metabólitos secundários com mais eficiência em condições de sombreamento.

Os dados experimentais entretanto permitiram estabelecer pela análise de regressão, uma relação de dependência funcional significativa ($P < 0,1$) entre teores de óleo essencial e os níveis de sombreamento testados na cultura, cujas curvas estão apresentadas na figura 18 para as variedades consideradas em conjunto e separadamente na figura 19 para as variedades Brasileira e Hawaiana.

Conforme pode ser observado, nas condições deste experimento, o rendimento em óleo essencial mostrou tendência de diminuição em função da elevação da intensidade de sombreamento, embora sem significância estatística, neste sentido, indicando um comportamento mais acentuado para a variedade Hawaiana em relação à variedade Brasileira, a qual apresentou apenas uma ligeira tendência de queda.

Considerando que o óleo essencial é responsável pelo aroma, a mais importante característica do gengibre, seria interessante ampliar-se o conhecimento de como se comporta esta variável em função do manejo da cultura sob condições de sombreamento, em termos qualitativos e quantitativos.

Figura 18 - Rendimento de óleo essencial (%)* de ambas as variedades em função de níveis de sombreamento (%).

(%)* - valores percentuais em arco-seno

Figura 19 - Rendimento de óleo essencial (%)* das variedades (a) havaiana e (b) brasileira em função de níveis de sombreamento (%).

(%)* - valores percentuais em arco-seno

4.3.5.2 - *Efeito de variedade*

A análise da variância para os dados de óleo essencial apresentou valor de F significativo ao nível de 1 % para o efeito de variedade, evidenciando diferença estatística entre as variedades estudadas. A confirmação estabelecida pelo teste de Tukey (95%) distinguiu a superioridade da Hawaiana para esta característica, conforme se verifica na tabela 20.

Tabela 20. Contraste entre as médias de rendimento em óleo essencial (♣) das variedades Brasileira e Hawaiana pelo teste de Tukey.

Variedade	Observação	QM.mín.	Grupos Homogêneos
Brasileira	27	0,9469186	a
Hawaiana	27	1,0356972	b
Contraste		Diferença +/- limites	
Br - Hw		-0,07593	0,05652 *

♣ → valores percentuais transformados em arco-seno.

* → denota diferença estatisticamente significativa.

Em termos percentuais, a média geral do experimento em teor de óleo essencial foi de 0,69%, enquanto a var. Brasileira produziu a média de 0,65% e a var. Hawaiana 0,73%, isto é, um rendimento 10 % mais elevado.

Na figura 19, pode-se observar a diferença estatística que separa o rendimento de óleo entre as variedades, evidenciando a superioridade da Hawaiana neste particular.

4.3.5.3 - *Efeitos na qualidade*

Conforme citado anteriormente, as características aromáticas do gengibre são os atributos mais importantes na avaliação de qualidade de qualquer produto originado do mesmo, seja *in natura* ou processado. O óleo essencial constituído por complexa mistura de componentes, responsáveis pela exclusividade de seu *bouquet*, é o primeiro parâmetro na apreciação da qualidade.

O estudo da influência dos tratamentos de adubação, sombreamento e efeito de variedade, sobre a qualidade do produto, foi realizado pela análise de 18 amostras de óleo em CG/EM, resultando nos respectivos perfis cromatográficos e de espectrometria de massa. Foram separados entre 22 e 54 componentes, tendo sido 29 identificados, entre os quais, 20 componentes estavam presentes em todas as amostras. A figura 20 ilustra o cromatograma mais representativo em número de componentes separados.

Os resultados obtidos não indicaram efeito significativo dos tratamentos de atenuação de luz ou de adubação sobre a participação relativa de componentes identificados na composição do óleo essencial de ambas variedades estudadas, havendo entretanto, diferença estatística entre variedades, neste particular.

Na tabela 21 pode ser observada a composição química média dos óleos das variedades Brasileira e Hawaiana, relacionando 26 componentes identificados e presentes em todas as amostras, segundo as respectivas participações relativas em cada amostra, obtidas pela integração e quantificação das áreas dos 'picos' dos respectivos cromatogramas. Desse total, 15 compostos estavam presentes em todas as amostras. A figura 20 ilustra um perfil cromatográfico característico, apresentado por uma das amostras de óleo com 54 componentes separados.

Figura 20 - Perfil cromatográfico padrão de uma amostra do óleo essencial de gengibre, com 54 componentes separados.

Tabela 21. Composição química média do óleo essencial das variedades Brasileira, Hawaiana.

Pico	Composto	var.Brasil	S.E.(±)	var.Hawai	S.E. (±)	C.V.(%)
01	2-heptanol *	1,38 a	0,12	0,93 b	0,12	33,45
03	cis-ocimeno *	3,22	0,21	2,89	0,21	19,98
04	canfeno *	8,53	0,56	6,96	0,56	22,40
06	octanol	0,36	0,04	0,41	0,03	25,77
07	mirceno *	1,55	0,06	1,50	0,06	11,71
09	sabineno *	15,48	0,63	15,06	0,63	11,43
10	limoneno *	1,90	0,06	1,74	0,06	10,72
12	2-octanona	0,55 a	0,04	0,35 b	0,03	31,72
14	linalol	0,77 a	0,05	0,94 b	0,04	18,12
15	nonanol	0,65 a	0,04	0,35 b	0,03	38,77
16	isopulegol	0,54	0,03	0,58	0,02	12,87
17	citronelal *	0,96	0,19	1,47	0,19	51,13
18	isoborneol	0,72	0,26	0,54	0,22	72,32
19	α -terpineol *	0,86 a	0,08	1,11 b	0,08	26,09
20	decanal	0,45	0,05	0,44	0,04	24,86
21	citronelol *	6,15	0,36	7,08	0,35	16,70
22	nerol	1,70	0,30	1,88	0,18	30,10
23	neral *	5,86	0,38	6,07	0,38	17,53
25	undecanona *	1,53 a	0,13	1,06 b	0,13	33,23
27	ac.citronelila	0,41 a	0,05	0,62 b	0,04	28,85
28	ac.geranila	0,36 a	0,12	1,16 b	0,09	55,37
29	copaeno	0,39	0,02	0,41	0,01	12,30
33	a-curcumeno *	2,42	0,19	2,60	0,19	23,16
37	α -zingibereno *	14,23	1,68	15,83	1,68	31,22
38	farneseno *	10,03 a	0,46	8,47 b	0,46	16,53
39	β -s-felandreno *	7,03	0,34	6,25	0,34	15,87

- (a) e (b) denotam diferença significativa entre variedades.
- (*) compostos presentes em todas as amostras de óleo.
- (ac) acetato.
- (s) sesqui

Os resultados da análise, para as variedades, indicaram cerca de 60 % do óleo formado por 6 compostos: α -zingibereno, ar-curcumeno, neral, farneseno, canfeno, citrionelol e sabineno. De acordo com Van Beek et al. (1987), os quatro primeiros estão entre os 6 componentes principais, respondendo por 85 % do aroma característico do óleo de gengibre em testes organolépticos de bancada.

Também segundo Menut et al. (1994), um óleo típico de gengibre deve necessariamente conter o neral, além de concentrações elevadas em ar-curcumeno, zingibereno e β -sesquifelandreno.

Entre esses componentes citados, o neral, considerado indispensável para a composição aromática global do óleo, normalmente aparece associado ao geranial, juntos conhecidos como citral. Quando em concentrações elevadas, conferem um suave aroma cítrico ao óleo, muito apreciado e procurado.

Os teores médios de neral obtidos das amostras analisadas foram similares para as duas variedades, apresentando a média de 5,97 %, considerada alta, em relação aos resultados obtidos por MacLeod & Pieris (1984), os quais, usando método analítico similar, através de CG/EM, na caracterização das amostras de óleo de duas variedades de gengibre, encontraram a média de 2,8 % para o neral. Srinivas, citado em Lawrence (1988), usando a mesma técnica, encontrou entre 0,54 a 0,94 %. Por outro lado, Van Beek et al. (1987) encontraram 8,1 % de neral em amostras de óleo de gengibre do Vietnam.

Além disso, conforme comentado anteriormente, a temperatura no processo de secagem ocasiona várias mudanças químicas, entre as quais, a diminuição dos citrais é a mais evidente (Fulder, 1993).

Os resultados da composição química de óleos essenciais são de difícil comparação com o trabalho de outros pesquisadores, por causa da diversidade de condições até a obtenção final de um perfil cromatográfico. Entre fatores relevantes, incluem-se variedades, condições geo-climáticas e agrícolas, processamento pós-colheita, armazenamento, matéria prima para análise, destilação, condições de análise e instrumentação analítica.

De modo geral, podem-se comparar os compostos mais representativos obtidos por técnica similar. Assim, os compostos zingibereno, ar-curcumeno, β -sesquifelandreno e linalol, universalmente presentes no óleo de gengibre, apresentaram participações relativas comparáveis com os resultados encontrados por Gopalan & Ratnambal (1989) os quais analisaram 9 variedades de gengibre encontrando entre 11 e 50% para o zingibereno, 1,15 - 32,0 % para o ar-curcumeno, 1,67 - 7,13 para o felandreno e 1,05 - 5,46% para o linalol. Os valores daqueles compostos encontrados para as variedades estudadas foram respectivamente de 14,23 - 15,83%, 2,42 - 2,6% , 7,03 - 6,25% e 1,05 - 5,46%. Estão em conformidade também com os valores médios para o zingibereno e o ar-curcumeno, encontrados por Narayanan et al., citados por Lawrence (1988) na análise de 15 variedades indianas.

Considerando a composição geral das amostras de óleo, de acordo com a tabela 21, verificou-se diferença estatisticamente significativa entre variedades, na participação relativa de importantes componentes, determinando a diversidade aromática relevante percebida sensorialmente em cada uma. Assim, a variedade Brasileira apresentou em quantidades superiores os compostos heptanol, octanona e nonanol, de importância menor na composição do aroma global típico do óleo de gengibre. Já a variedade Hawaiana apresentou componentes de expressão aromática mais desejável, em teores significativamente mais elevados, isto é, linalol, acetato de geranila e acetato de citronelila, além de undecanona, contribuindo para a qualidade superior desta variedade, em termos de aroma.

5. CONCLUSÕES

Sob as condições experimentais desenvolvidas no presente trabalho, a análise dos resultados obtidos permitiram chegar as seguintes conclusões:

1.- de modo geral, o cultivo de gengibre alcançou maiores produções de rizomas frescos e de melhor qualidade quando conduzido sob sombreamento de 30 %. A variedade Brasileira apresentou maior produtividade que a Hawaiana,

2. - as plantas apresentaram maior número de hastes quando cultivadas a pleno sol. A variedade Hawaiana perfilhou mais (maior número de hastes /kg de rizoma) do que a variedade Brasileira,

3. - de modo geral as plantas foram mais altas quando conduzidas sob sombreamento até 50 % e mais baixas a pleno sol. A altura média da variedade Brasileira foi superior a altura média da Hawaiana,

4. - a aplicação de adubação de cobertura, promoveu acréscimos na altura das plantas de ambas as variedades, com respostas mais evidentes para a variedade Hawaiana,

5. - de modo geral, níveis de atenuação de luz entre 30 e 50 % reduziram em até 90 % a incidência da doença, causada pelo fungo *Phyllosticta zingiberi*. A variedade Hawaiana apresentou maior suscetibilidade à infecção pelo patógeno. Independentemente da variedade, plantas que receberam a dose de 250-150-210 kg/ha

de N, P_2O_5 e K_2O em cobertura, apresentaram maior resistência à infecção pelo patógeno citado,

6. - cultivos conduzidos sob sombreamentos de 30 e 50% não produziram efeito sobre o rendimento do óleo essencial. A aplicação de fertilizantes minerais em cobertura também não resultou efeito no rendimento do óleo. A variedade Hawaiana apresentou qualidade aromática superior.

Considerações finais. - Face os resultados obtidos em relação ao aumento significativo da produção, à qualidade dos rizomas e à eficiência no controle da doença do amarelão, a cultura do gengibre, independentemente da variedade utilizada, pode ser recomendada sob condução em sistema de cultivo protegido provendo um sombreamento entre 30 e 50%, em solo adequado e com irrigação por aspersão. Desvincula-se assim a exclusividade das regiões litorâneas na produção econômica do gengibre, ampliando-se largamente as possibilidades para outras áreas produtivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACLAN, F.; QUISUMBING, E.C.; Fertilizer requeriment, mulch and light attenuation on the yield and quality of ginger. **Philippine Agriculturist**, v.60, p.183-191, 1976.
- AKAMINE, E.K. Storage of fresh ginger rhizomes. **Hawaii Agricultural Experimentation - Bulletin**, n.120, p.5-25, 1962.
- ANDERSON, T.; DU-PLESSIS, S.F.; NIEMAND, T.R.; SCHOLTZ, A. Evaporative cooling of ginger (*Zingiber officinale*). **Acta Horticulturae**, n.275, p.173-179, 1990.
- ATAL, C.K.; KAPUR, B.M. **Cultivation and Utilization of Aromatic Plants**, Jammu-Tawi, Índia: Regional Research Laboratory, 1982. Cap.2.3, p.206-208: Cultivation of spices: 6. Ginger.
- AUSTRALIA. Queensland Department of Primary Industries Near North Coast. **Ginger**. Brisbane: DPI, 1982. 15p.
- BEETS, W.C. **Multiple cropping and tropical farming systems**. England: Grower, 1982. 156p.
- BLISKA Jr. A. Utilização de telas de sombreamento. In: **Programa de plasticultura para o Estado de São Paulo**. São Paulo: Associação de Engenheiros-Agrônomos de Estado de São Paulo, 1994.
- BRAMA, R.N. & NAMBIAR, K.K.M. Survival of *Phyllosticta zingiberi* Ramakr., causal agent of leaf spot disease of ginger. In: NATIONAL SEMINAR ON GINGER AND TURMERIC, Calicut, 1980. **Proceedings**. Kerala: Central Plantation Crops Research Institute, 1982. p.123-125.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro: M.A. 1960. 635p.

- BRASIL. **Comércio Exterior. Exportação.** 1985. Rio de Janeiro, Banco do Brasil.
- BRASIL - **Comércio Exterior. Exportação.** 1995. Rio de Janeiro, Banco do Brasil.
- CARVALHO, P. Gengibre – raiz de valor. **Globo Rural**, p.41-45, Jul., 1994.
- CHOWDHURY, P.C. Intercropping short-duration summer crops with ginger in Daejeeling hills. **Indian Farming**, p.4-5, feb., 1988.
- COSTA, A F. **Farmacognosia.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975. parte 3J., p.435-441: Dosagem das essencias nos fármacos vegetais.
- CULTURA do gengibre. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, s.d. 6p.
- DAHLEEN, M. Ginger. **Horticulture**, 24-30, Nov., 1979.
- DUBOIS, P. **Los plasticos en la agricultura.** Madrid: Ed. Mundi-Prens, 1980. 209 p.
- ENCONTRO DE PRODUTORES DE GENGIBRE, 2., Morretes, 1991. **Informações sobre a cultura do gengibre.** Morretes: EMATER-PR, 1991. 14p.
- FULDER, S. **Ginger: The ultimate home remedy.** London: Souvenir Press Ltd., 1993. 123p.
- GOPALAM, A.; Ratnambal, M.J. Essential oils of ginger. **Indian perfumer**, v.33, n.1, p.63-69, 1989.
- GROSZMANN, H.M. Ginger Production. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane: Queensland Department of Agriculture and Stock, 1954. n.317, 4p.
- GÜENTHER, E. Essential oils of the plant family *Zingiberaceae*. In: GÜENTHER, E. **The Essencial oils.** New York: D.van Nostrand Company, 1952. Cap.3, p.83-132.
- INSTITUTO AGRONÔMICO. **Instruções agrícolas para o estado de São Paulo.** 4.ed. Campinas, 1987. 231p. Boletim 200.

- ISLAM, A.K.M.S.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. The role of lime in commercial ginger production in Australia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL ROOT TUBER CROPS, 5., Manila, 1979. **Proceedings**, Los Baños, Philippines: PCARR, 1982. p.159-168.
- ISHIMURA, I.; SUGUINOSHITA, L.N.; PENTEADO, L.A.C. **Informações sobre a cultura do gengibre**. São Paulo: CATI, DIRA Litoral Paulista, 1984. 15p.
- ITC - INTERNATIONAL TRADE CENTRE - UNCTAD/GATT. **Spices**: a survey of the world market. Genebra, v.1, p.33-37, 1982.
- ITC - INTERNATIONAL TRADE CENTRE - UNCTAD/GATT. **Essencial oils and oleoresins**: a study of selected producers and major markets. Geneva: p.26,51-52,86, 1986.
- ITONG, R.B.; VILLAMAYOR Jr., F.G. Effect of shading on some root crops. **Radix** (Philippines), v.13, n.1, p.8-9, 1991.
- JASWAL, S.C.; MISHRA, V.K.; VERMA, K.S. Intercropping ginger and turmeric with poplar (*Populus deltoides* 'G-3' Marsh.). **Agroforestry Systems**, v.22, n.2, p.111-117, 1993.
- JAYACHANDRAN, K.; BAI, M.M.; SALAN, M.A.; MAMMEN, M.K.; MATHEW, K.P. Performance of ginger under shade and open conditions. **Indian Cocoa, Arecanut and Spices Journal**, v.15, n.2, 40-41, 1991.
- JOSEPH, A.; JAYACHANDRAN, B.K. Effect of shade and fertilizers on the quality of ginger (*Zingiber officinale* R.). **South Indian Horticulture**. v.44, n.4, p.219-222, 1993.
- JOSHI, L.K. & SHARMA, N.D. Diseases of ginger and turmeric. In: NATIONAL SEMINAR ON GINGER AND TURMERIC, Calicut, 1980. **Proceedings**. Kerala, Central Plantation Crops Research Institute, 1982. p.104-119.
- KUMAR, G.K.V. Problems and prospects of ginger and turmeric cultivation in Karnataka. In: NATIONAL SEMINAR ON GINGER AND TURMERIC, Calicut, 1980. **Proceedings**. Kerala, Central Plantation Crops Research Institute, 1982. p.218-219.
- KUMAR, N.; JOSHI, M.C. Ginger cultivation in Uttarakhand region. **Indian Farmer's Digest**, v.17, n.3, p.13-14, 1984.

- LAWRENCE, B.M. Major tropical spices - Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). **Perfumer & Flavorist**, v.9, p.1-40, out/nov., 1984.
- LAWRENCE, B.M. Progress in essential oils - Ginger oil. **Perfumer & Flavorist**, v.13, n.4, p.69-75, out/nov., 1988.
- LAWRENCE, B.M. Progress in essential oils - Ginger oil. **Perfumer & Flavorist**, v.15, n.1, p.66-67, out/nov., 1990.
- LAWRENCE, B.M. Progress in essential oils - Ginger oil. **Perfumer & Flavorist**, v.16, n.6, p.53-58, out/nov., 1991.
- LEE, S.A. Effect of rhizome size and fungicide treatment on the sprouting and early growth of ginger. **Malaysian Agriculture Journal**, v.49, n.4, p.480-491, 1970.
- MACGRAW, D.R.; CHANG YEN, I; DYAL, V. The effects of drying conditions on the yield and composition of the essential oil of west indian ginger. **Chemical Abstracts**, 104, 10354 y, 1986.
- MACLEOD, A.J.; PIERIS, N.M. Volatile aroma constituents of sri-lankan ginger. **Phytochemistry**, v.23, n.2, p.353-359, 1984.
- MAISTRE, J.L. **Las Plantas de especias**. Barcelona: Blume, 1969. cap.II, p.21-56: El jengibre y la cúrcuma.
- MASSADA. Y. **Analisis of essencial oils by gas chromatography and mass spectrometry**. New York: John Wiley Sons, Inc., 1976. cap.57, p.251-255: Ginger oil.
- MENUT, C.; LAMATY, G.; BESSIÈRE, J.M.; KOUDOU, J. Aromatic plants of Tropical Central Africa. XIII. Rhizomes volatile components of two zingiberales from the Central African Republic. **Journal of Essential Oil Research**, v.6, p. 161-164, 1994.
- NAIR, P.C.S. Agronomy of ginger and turmeric. In: NATIONAL SEMINAR ON GINGER AND TURMERIC, Calicut, 1980. **Proceedings**. Kerala, Central Plantation Crops Research Institute, 1982. p.63-68.
- NATIONAL SEMINAR ON GINGER AND TURMERIC, Calicut, 1980. **Proceedings**. Kerala: Central Plantation Crops Research Institute, 1982. 250 p.

- NAZARENO, N.R.X. Contrôles da mancha do amarelão (*Phyllosticta* sp) do gengibre com fungicidas comerciais. **Horticultura Brasileira**, v.13, n.2, p.142-146, 1995.
- PANIGRAHI, U.C.; PATRO, G.K. Ginger cultivation in Orissa. **Indian farming**, v.35, n.5, p.3-4, 17, 1985.
- PAWAR, H.K.; PATIL, B.R. Effects of application of NPK through FYM and fertilizers and time of harvesting on yield of ginger. **Journal of Maharashtra Agriculture Universities**, v.12, n.3, p.350-354, 1987.
- PERROT, E. **Matières Premières Usuelles du Règne Végétal**. Paris: Masson et Cie Editeurs, 2v, 2344p.
- PIO CORRÊA, M.; AZEREDO PENA, L. **Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas**. Rio de Janeiro: Min.Agr., 1952. v.3, p.380-383.
- PREMANATHAN, T.; PEETHANBARAN, C.K.; CHEERAN, A. Screening of ginger cultivars against *Phyllosticta* leaf spot. In: NATIONAL SEMINAR ON GINGER AND TURMERIC, Calicut, 1980. **Proceedings**. Kerala, Central Plantation Crops Research Institute, 1982. p.126-127.
- PURSEGLOVE, J.W. **Tropical crops – Monocotyledons**. Essex, U.K.: Longman, 1981. p.519-541 : Zingiberaceae.
- RATHAIAH, Y. Diseases of ginger in Assam. **Indian Farming**, v.36, n.10, p.13-15, January, 1987.
- RATNAMBAL, M.J.; BALAKRISHNAN, R.; NAIR, M.K. Multiple regression analysis in cultivars of *Zingiber officinale* Rosc. In: NATIONAL SEMINAR ON GINGER AND TURMERIC, Calicut, 1980. **Proceedings**. Kerala, Central Plantation Crops Research Institute, 1982. p.30-33.
- RATNAMBAL, M.J.; GOPALAM, A.; NAIR, M.K. Quality evaluation in ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) in relation to maturity. **Journal of Plantation Crops**, v.15, n.2, p.108-117, 1987.
- RAVISANKAR, C.; MUTHUSWAMY, S. Dry matter production and recovery of dry ginger in relation to light intensity. **Indian Cocoa, Arecanut & Spices Journal**, v.10, n.1, p.4-6, 1986.

- RAVISANKAR, C.; MUTHUSWAMY, S. Study on the quality of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) grown in different light intensities. **South Indian Horticulture**, v.35, n.3, p.226-231, 1987.
- RODRIGUEZ, D.W. **Ginger, a short economic history**. Jamaica: Agricultural Information Service, 1971. 36p. Bulletin n.4.
- SAKAMURA, F. Changes in volatile constituents of *Zingiber officinale* rhizomes during storage and cultivation. **Phytochemistry**, v.26, n8., p.2207-2212, 1987.
- SAHA, A.K. Response of ginger to manure and different sources of N and P under terrace conditions of mid-altitude Mizoram. **South Indian Horticulture**, v.37, n.1, 64-65, 1989.
- SALVETTI, M.G. **O polietileno na agricultura brasileira**. 3.ed. São Paulo: Ed. Poliolefinas, 1985. 154 p.
- SANKAR, C.R.; SWAMY, S.M. Influence of light and temperature on leaf area index, chlorophyll content and yield of ginger. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities**, v.13, n.2, p.216-217, 1988.
- SASIKUMAR, B.; BABU, K.N.; ABRAHAM, J.; RAVINDRAN, P.N. Variability, correlation and path analysis in ginger germplasm. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**. v.52, n.4, p.428-431, 1992.
- SEFANAIA, S.; CHANDRA, S.; Etherington, D.M. A review of recent research on intercropping under coconuts. **Fiji Agricultural Journal**, v.44, n.1, 31-36, 1982.
- SING, K.A ; PATIRAM, F.; SING, L.N.; ROY, R.N. Effect of bamboo (*Bambusa nutans* Wall.ex Munro) shade on the yield of some agricultural crops at Mid Hills of Eastern Himalaya. **Indian Journal of Forestry**, v.15, n.4, p.339-341, 1992.
- SIROHI, B.S. Ginger cultivation in Himachal Pradesh and problems of marketing. In: NATIONAL SEMINAR ON GINGER AND TURMERIC, Calicut, 1980. **Proceedings**. Kerala: Central Plantation Crops Research Institute, 1982. p.227-228.
- SMITH, R.M.; ROBINSON, J.M. **Phytochemistry**, v.20, p.203-209, 1981.

- SREEKUMAR, V.; INRDASENAN, G.; MAMMEM, M.K. Studies on the quantitative and qualitative attributes of ginger cultivars. In: NATIONAL SEMINAR ON GINGER AND TURMERIC, Calicut, 1980. **Proceedings**. Kerala: Central Plantation Crops Research Institute, 1982. p.47-49.
- TAKEDA, K.Y.; NISHINA, M.S. **Edible ginger culture**. Hawaiï: University of Manoa, 1985. 5p.
- TAVEIRA MAGALHÃES, M.; KOKETSU, M.; GONÇALVES, S.L.; DUARTE, F.R.; GODOY, R.L.DE O.; LOPES, D. Gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) brasileiro: aspctos gerais, leo essencial e leoresina. Parte 1 - aspctos gerais, leo essencial. **Cincia e Tecnologia de Alimentos**, v.17, n.1, p.64-69, 1997.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**, v.8, n.1, p.104, 1955.
- TROPICAL Products Institute. **The market for dried, preserved and fresh ginger**. London: TPI, 1979. 32p. G95.
- TROPICAL Products Institute. **Selected markets for ginger and its derivatives with special reference to dried ginger**. London: TPI, 1982. 106p. G161.
- VAN BEEK, T.A.; POSTHUMUS, M.A.; LELYVELD. G.P.; PHIET, H.V.; YEN, B. Investigation of the essential oil of vietnamese ginger. **Phytochemistry**, v.26, n.11, p.3005-3010, 1987.
- VICENTE, L.M.; PEDRO, F.R. **Manual sobre aplicacin de los plasticos en la agricultura**. 2.ed. Madrid: Instituto de plasticos y caucho, 1971. 364 p.
- YAOZU, C.; ZHAOLIN, L.; DUNYUAN, X.; LIMIN, Q. Determination of volatile constituents of chinese medicinal herbs by direct vaporization capillary gas chromatography/mass spectrometry. **Analytical Chemistry**, v.59, n.5, p.748-748, 1987.
- ZHAO, D.; ZHANG, Z.; YU, X.; XU, K.; AIXI, Z.; ZHAO, D.W.; ZHANG, Z.X.; YU, X.C.; XU, K.; AI, X.Z. Study on canopy photosynthetic characteristics of ginger. **Acta Horticulturae Sinica**, v.22, n.4, p.359-362, 1995.
- WHILEY, AW. Ginger growing in Queensland. **Queensland Agricultural Journal**, v.100, p.551-557, 1974.

- WHILEY, A.W. Effect of plant density on time to first harvested maturity, knob size and yield in two cultivars of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) grown in southeast Queensland. **Tropical Agriculture** - Trinidad and Tobago, v.58, n.3, p.245-251, 1981.
- WILSON, H.W.; OVID, A. Preliminary investigation of shading as a mean of correcting chlorosis in ginger (*Zingiberi officinale* Roscoe). In: ANNUAL SEMINAR ON AGRICULTURAL RESEARCH, 3., Trinidad and Tobago: 1989. **Proceedings**. Trinidad and Tobago: National Institute of Higher Education, Research Science and Technology, 1989. p.52-59.
- WILSON, H.W.; OVID, A. Growth and yield response of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) as affected by shade and fertilizer applications. **Journal of Plant Nutrition**, v.16, n.8, p.1539-1545, 1993.
- WINTERTON, D.; RICHARDSON, K. An investigation into the chemical constituents of Queensland-grown ginger. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Science**, v.22, p.205-215, 1965.