## FELIPE ALMEIDA BIGUZZI

# Adubação e fitossanidade:

efeito de composto orgânico e da uréia sobre o oídio e a traça-do-tomateiro

Dissertação apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Elisabete A. De Nadai Fernandes

Piracicaba

2011

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

## Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Biguzzi, Felipe Almeida

Adubação e fitossanidade: efeito de composto orgânico e da uréia sobre o oídio e a traça-do-tomateiro / Felipe Almeida Biguzzi; orientadora Elisabete A. De Nadai Fernandes. - - Piracicaba, 2011.

75 p.: il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Análise por ativação neutrônica 2. Composto (adubo) 3. Diagnose foliar 4. Fertilizantes nitrogenados 5. Metabólitos secundários 6. Proteção de plantas I. Título

CDU (631.811:632)+543.522

# Dedico

A minha mãe Regina, que sempre incentiva e apóia minha caminhada, mesmo quando esse caminho segue por vias menos comuns.

A todos que acreditam num mundo diferente e melhor!

#### **AGRADECIMENTOS**

À Profa. Dra. Elisabete A. De Nadai Fernandes, pela possibilidade de desenvolver esse trabalho de pesquisa e orientação.

Ao Dr. Márcio Arruda Bacchi, Cláudio Luiz Gonzaga, Adriana de Angelis Fogaça e demais colegas do Laboratório de Radioisótopos, pelo apoio e auxílio referente às análises por ativação neutrônica instrumental.

À Profa. Dra. Solange Guidolin Canniatti Brazaca, pela atenção e instrução durante a realização de análises laboratoriais.

Ao Prof. Dr. José Djair Vendramim e à doutoranda Fátima Teresinha Rampelotti, pelo apoio na área de entomologia.

Ao Prof. Dr. Carlos Armênio Khatounian, pelas conversas e sugestões durante a realização desse trabalho.

Aos colegas, amigos e familiares que acompanharam e contribuíram física, intelectual e espiritualmente, em algum momento, durante esse período.

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela disponibilização da área experimental e laboratórios.

Ao Laboratório de Radioisótopos, pelo apoio técnico e financeiro para a realização desta pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, pela irradiação de amostras no reator nuclear de pesquisas.

Como é que se pode comprar ou vender o céu, o calor da terra? Essa idéia nos parece estranha. Se não possuímos o frescor do ar e o brilho da água, como é possível comprá-los?... Somos parte da terra e ela faz parte de nós. As flores perfumadas são nossas irmãs; o cervo, o cavalo, a grande águia, são nossos irmãos. Os picos rochosos, os sulcos úmidos nas campinas, o calor do corpo do potro, e o homem - todos pertencem à mesma família... O que ocorrer com a terra recairá sobre os filhos da terra. O homem não tramou o tecido da vida; ele é simplesmente um de seus fios. Tudo o que fizer ao tecido, fará a si mesmo... De uma coisa estamos certos – e o homem branco poderá vir a descobrir um dia: nosso Deus é o mesmo Deus. Vocês podem pensar que O possuem como desejam possuir nossa terra; mas não é possível. Ele é o Deus do homem, e Sua compaixão é igual para o homem vermelho e para o homem branco. A terra lhe é preciosa, e feri-la, é desprezar seu criador. Os brancos também passarão; talvez mais cedo que todas as outras tribos. Contaminem suas camas, e uma noite serão sufocados pelos próprios dejetos... Esse destino é um mistério para nós, pois não compreendemos que todos os búfalos sejam exterminados, os cavalos bravios sejam todos domados, os recantos secretos da floresta densa, impregnados pelo cheiro de muitos homens, e a visão dos morros obstruída por fios que falam... É o final da vida e o início da sobrevivência.

#### A Carta do Chefe indígena Seattle (1854)

Resposta do cacique Seattle ao presidente americano F. Pierce que tentava comprar as suas terras

#### **RESUMO**

BIGUZZI, F. A. **Adubação e fitossanidade**: efeito de composto orgânico e da uréia sobre o oídio e a traça-do-tomateiro. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

A aplicação de agroquímicos está amplamente disseminada na agricultura atual, na qual a compartimentalização das áreas do conhecimento agrícola, como fertilidade de solos, nutrição de plantas, fisiologia vegetal, fitopatologia e entomologia, tem originado insumos com finalidades específicas. As informações sobre esses produtos, geralmente, não vão além dos seus efeitos diretos e não consideram as interferências nas demais áreas da agricultura. No sentido de ampliar o conhecimento e melhor entender os efeitos desses agroquímicos, o francês Francis Chaboussou elaborou a Teoria da Trofobiose focalizando a compatibilidade entre a composição do substrato alimentar e as necessidades nutricionais das pragas e doenças. Dessa forma, observou-se que muitas vezes esses insumos causavam desequilíbrios no metabolismo das plantas, proporcionando condições ideais para o ataque de pragas e doenças. Seguindo essa linha, o objetivo desse trabalho foi investigar o efeito da adubação orgânica e da adubação convencional na incidência de pragas e doenças do tomateiro. Foram monitorados indicadores relativos ao desenvolvimento das plantas, composição química das folhas e incidência de oídio e da traç-d-tomateiro. A adubação foi equalizada pela concentração de nitrogênio, sendo aplicadas 5 doses de composto orgânico (0; 100; 200; 300; 400 kg de N ha<sup>-1</sup>) e 5 doses de uréia (0; 100; 200; 300; 400 kg de N ha<sup>-1</sup>). Em relação ao desenvolvimento das plantas, foram considerados altura, diâmetro do caule, matéria seca foliar e rendimento de frutos. Para representar o comportamento fisiológico do tomateiro, avaliou-se a concentração foliar dos elementos N, Br, Ca, Co, Cs, Fe, K, Na, Rb, Sc e Zn e dos metabólitos secundários zingibereno e acil-açúcares. Como indicadores fitopatológicos, foram empregados peso de lagartas e oviposição da traça-do-tomateiro, além da severidade do ataque do oídio. Os resultados demonstraram que, com adubação orgânica, houve maior desenvolvimento das plantas e menor concentração de nitrogênio foliar. O acréscimo de nitrogênio na adubação convencional matou as plantas dos tratamentos que receberam as maiores doses e prejudicou o rendimento nos demais tratamentos. A análise por ativação neutrônica instrumental permitiu a distinção entre tratamentos com adubação orgânica dos convencionais através da concentração foliar de Br, Co e Cs. A quantificação desses elementos apresenta potencial uso na certificação de produtos orgânicos. A maior concentração de zingibereno e acil-açúcares ocorreu após a introdução da traça-do-tomateiro na estufa, indicando que esses metabólitos secundários estão ligados à defesa da tomateiro. O ataque do oídio foi maior nos tratamentos com adubação orgânica, já o ganho de peso de lagartas foi maior nos tratamentos com adubação convencional. Em ambos os casos, houve correlação com a composição foliar, seja pela concentração de nitrogênio foliar, seja pela presença do zingibereno. Os conceitos propostos na Teoria da Trofobiose permitiram explicar as interações observadas entre traça-do-tomateiro e oídio com o tomateiro.

Palavras-chave: Análise por ativação neutrônica instrumental. Teoria da Trofobiose. Adubação nitrogenada.

#### **ABSTRACT**

BIGUZZI, F. A. **Fertilization and plant health**: effect of organic compost and urea on powdery mildew and tomato leafminer. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2011.

The application of pesticides is widespread in agriculture today, in which the compartmentalization of the areas of agricultural knowledge, such as soil fertility, plant nutrition, plant physiology, plant pathology and entomology, has produced inputs for specific purposes. Information about these products generally does not go beyond their direct effects and also does not consider the interference in other areas of agriculture. In order to increase knowledge and better understand the effects of agrochemicals, the Frenchman Francis Chaboussou elaborated the Theory of Trophobiosis focusing on the compatibility between composition of food substrate and nutritional needs of pests and diseases. It has been observed many times that these inputs have caused imbalances in plant metabolism, providing ideal conditions for pests and diseases. Following this line, the objective of this study was to investigate the effect of organic and conventional fertilization on the incidence of pests and diseases of tomato plant. Indicators relating to plant development, leaf composition and incidence of powdery mildew and tomato leafminer were monitored. Fertilization was equalized by the concentration of nitrogen, being applied five doses of organic compost (0, 100, 200, 300, 400 kg N ha<sup>-1</sup>) and 5 doses of urea (0, 100, 200, 300, 400 kg N ha<sup>-1</sup>). To evaluate the development of plants, height, stem diameter, leaf dry matter and fruit yield were monitored. To represent the physiological behavior of tomato plant, foliar concentration of elements N, Br, Ca, Co, Cs, Fe, K, Na, Rb, Sc and Zn and secondary metabolites zingiberene and acylsugars were evaluated. As phytopathological indicators, oviposition and weight of larval tomato leafminer, and the severity of powdery mildew attack were used. The results showed that with organic fertilization there were higher plant development and lower leaf nitrogen concentration. The addition of nitrogen fertilizer in conventional treatment killed the plants receiving the highest doses and impaired performance in all other treatments. Instrumental neutron activation analysis allowed the distinction between treatments with organic and conventional fertilization through foliar concentration of Br, Co and Cs. The quantification of these elements has potential use in certification of organic products. The highest concentration of acylsugars and zingiberene occurred after the introduction of the tomato leafminer in the greenhouse, indicating that such secondary metabolites are linked to the tomato plant resistance. The attack of powdery mildew was greater in treatments with organic fertilization, while the weight gain of larvae was higher in treatments with conventional fertilization. In both cases, there was correlation with the leaf composition, either by the leaf nitrogen concentration or by the presence of zingiberene. The concepts proposed in the Theory of Trophobiosis allowed explaining the observed interactions between tomato leafminer and powdery mildew with tomato plant.

Keywords: Instrumental neutron activation analysis. Theory of Trophobiosis. Nitrogen fertilization.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1	Foto da implantação do experimento: adubação de plantio e transplante das mudas na casa-de-vegetação	28
Figura 4.2	Fotos da primeira adubação de cobertura, 30 dias após o transplante das mudas	29
Figura 4.3	Fotos dos danos causados ao tomateiro após adubação de cobertura, 30 dias após o transplante das mudas, nos tratamentos que receberam adubação mineral nas doses de 300 e 400 kg de N ha <sup>-1</sup>	30
Figura 4.4	Fotos da liberação de casais da traça-do-tomateiro ( <i>Tuta absoluta</i> ) na casa-de-vegetação aos 50 dias após o transplante das mudas	31
Figura 4.5	Fotos das plantas no final do experimento (82 dias após o transplante das mudas)	32
Figura 4.6	Cronograma das atividades e avaliações realizadas durante a condução do experimento. AC = adubação convencional, AO = adubação orgânica, ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura.	33
Figura 4.7	Fotos do experimento de ganho de peso de lagartas	39
Figura 4.8	Escala de notas, utilizada na avaliação da severidade do ataque de oídio em folhas de tomateiro	41
Figura 5.1	Desenvolvimento do tomateiro, representado pela altura das plantas e diâmetro do caule, durante a condução do experimento. CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha <sup>-1</sup>	43
Figura 5.2	Concentração de matéria seca nas folhas do terço superior do tomateiro em cada data de avaliação do experimento. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha <sup>-1</sup>	45
Figura 5.3	Taxa de crescimento diário durante o desenvolvimento do tomateiro. CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha <sup>-1</sup>	46

Figura 5.4	Peso total de frutos de tomate verdes, maduros e em desenvolvimento por tratamento mensurado ao término do experimento (82 dias após o transplante das mudas). Letras diferentes sobre as barras representam diferença estatística pelo Teste de Duncan com 95% de confiança. CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha <sup>-1</sup>	47
Figura 5.5	Concentração de nitrogênio em folhas de tomateiro mensurado 41 dias após o transplante das mudas. Letras diferentes sobre as barras representam diferença estatística pelo Teste de Duncan com 95% de confiança. CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha <sup>-1</sup> , ATT = anterior à traça-do-tomateiro, DAT = dias após o transplante das mudas	48
Figura 5.6	Concentração de nitrogênio foliar mensurado durante o desenvolvimento do tomateiro. Médias por tipo de adubação. PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas	49
Figura 5.7	Efeito da adubação orgânica na concentração de Br, Co e Cs em folhas de tomateiro em cada época de avaliação. Letras diferentes sobre as barras representam diferença estatística pelo Teste de Duncan com 95% de confiança. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha <sup>-1</sup>	51
Figura 5.8	Concentração dos elementos Br, Ca, Co, Cs, Fe, K, Na, Rb, Sc e Zn em folhas de tomateiro durante a condução do experimento. Médias por tipo de adubação. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas	52
Figura 5.9	Comparação entre os tratamentos que receberam adubação convencional e a concentração de zingibereno durante o desenvolvimento do tomateiro. Letras diferentes sobre as barras representam diferença estatística pelo Teste de Duncan com 95% de confiança. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha	56
Figura 5.10	Concentração do metabólito secundário zingibereno em folhas de tomateiro durante a condução do experimento. Médias por tipo de adubação. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas	57

Figura 5.11	Concentração do metabólito secundário acil-açúcar em folhas de tomateiro durante a condução do experimento. Médias por tipo de adubação. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas	58
Figura 5.12	Concentração foliar dos metabólitos secundários zingibereno e acilaçúcares durante o desenvolvimento do tomateiro. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha <sup>-1</sup>	59
Figura 5.13	Peso de lagartas da traça-do-tomateiro após confinamento de 7 dias. Médias por tipo de adubação. PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas	60
Figura 5.14	Análise de oviposição realizada após infestação da casa-devegetação com casais da traça-do-tomateiro. Letras diferentes sobre as barras representam diferença estatística pelo Teste de Duncan com 95% de confiança. CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha <sup>-1</sup>	61
Figura 5.15	Severidade do ataque de oídio durante o desenvolvimento do tomateiro. Médias por tipo de adubação. PTT = posterior à traça-dotomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas	63

# LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Descrição e denominação dos tratamentos (adubação) utilizados no experimento. CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha <sup>-1</sup>	25
Tabela 4.2	Recomendação de adubação do IAC para tomate estaqueado (Raij et al., 1996)	26
Tabela 4.3	Características químicas do solo utilizado para o plantio do tomateiro	26
Tabela 4.4	Análise química do composto orgânico Bioland utilizado para adubação dos tratamentos que receberam adubação orgânica. Valores em base úmida	26
Tabela 4.5	Quantidade de nutrientes aplicados em cada época do parcelamento e para cada sistema de cultivo	27
Tabela 4.6	Quantidade de nitrogênio e potássio efetivamente aplicado em cada época de avaliação. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha <sup>-1</sup>	34
Tabela 5.1	Resultado estatístico entre tratamentos em cada época avaliada. Teste de Duncan com 95% de confiança. ATT = anterior à traça-dotomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha <sup>-1</sup>	44

# **SUMÁRIO**

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Padrões de fertilização da agricultura moderna e a Trofobiose	16
3.2	Teoria da Trofobiose	18
3.3	Tomaticultura	20
3.4	Pragas e doenças do tomateiro	22
3.5	Mecanismos de defesa das plantas	23
4	MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1	Etapas de execução do experimento	28
4.2	Amostragem	33
4.3	Composição química foliar	34
4.4	Metabólitos secundários	36
4.5	Traça-do-tomateiro (Tuta absoluta)	38
4.6	Oídio	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1	Desenvolvimento do tomateiro	42
5.2	Composição química foliar	47
5.3	Metabólitos secundários	55
5.3.1	Zingibereno	55
5.3.2	Acil-açúcar	57
5.4	Pragas e doenças	60
5.4.1	Traça-do-tomateiro	60
5.4.2	Oídio	62
6	CONCLUSÕES	65
REFE	RÊNCIAS	66
APÊN	DICE	73

# 1 INTRODUÇÃO

Problemas fitossanitários acompanham o cultivo de alimentos desde que o ser humano começou a praticar agricultura. No entanto, a explosão populacional de pragas e doenças tem sido cada vez mais frequente podendo levar à perda total das plantações. Fitopatologias são mais expressivas em ambientes demasiadamente simplificados, geralmente em monocultivo. Esse problema foi aparentemente resolvido com os produtos fitossanitários, mas os efeitos negativos dos agrotóxicos logo se fizeram notar. Agrotóxicos, muitas vezes, matam outras espécies de animais além das pragas e doenças, causando desequilíbrio ecológico, intoxicando o próprio homem e, pior, atuam como agente seletivo, produzindo linhagens de pragas e doenças cada vez mais resistentes a eles.

Como alternativa, surgiu o controle biológico, em que o manejo das pragas é realizado usando inimigos naturais, sem os inconvenientes causados pelos agrotóxicos. Esse método não elimina totalmente a população da praga e exige profundos estudos antes de ser empregado, para que a introdução dos inimigos naturais não cause um desequilíbrio ecológico.

Uma alternativa ao controle químico é o controle genético, que se iniciou pela seleção de plantas. Atualmente, a manipulação através da engenharia genética introduz e recombina genes capazes de expressar características de interesse.

Contudo, nem sempre o emprego isolado do controle biológico, ou mesmo genético, consegue diminuir efetivamente a população da praga. Diante disso, surgiu o manejo integrado, isto é, o uso combinado de métodos químicos e biológicos numa sequência ordenada.

De uma maneira ou de outra, todos esses métodos são medidas alopáticas, que tentam remediar o desequilíbrio já instalado no sistema. Por outro lado, existem os sistemas de produção agroecológicos, que buscam adequar a produção ao ambiente ao invés de adequar o ambiente à produção, de modo que o desequilíbrio seja evitado ou, ao menos, minimizado.

A observação da ação antrópica em áreas destinadas à agricultura levou o pesquisador francês Francis Chaboussou à elaboração da "Teoria da Trofobiose", oficialmente publicada em 1987 no livro "Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos – A teoria da trofobiose", compondo uma das bases dos sistemas de produção agroecológicos até os dias atuais. Em sua teoria, como o próprio nome diz, são trabalhadas as relações entre nutrição e sanidade sendo que "[...] todo processo vital encontra-se sob a dependência da satisfação das necessidades do

organismo vivo, seja ele vegetal ou animal" (CHABOUSSOU, 1960 apud CHABOUSSOU, 1987, p. 76), e explica que "[...] a planta, ou mais precisamente, o órgão será atacado somente na medida em que seu estado bioquímico, determinado pela natureza e pela concentração de substâncias solúveis nutricionais, corresponda às exigências tróficas do parasita em questão" (CHABOUSSOU, 1987, p. 76).

Dessa forma, a suscetibilidade a problemas fitossanitários torna-se também uma questão intrínseca das plantas. Essa linha de pensamento ainda é pouco utilizada nos sistemas agrícolas, no entanto, com problemas ambientais cada vez mais preocupantes, abrem-se espaços para esse tipo de conhecimento.

## **2 OBJETIVOS**

O presente trabalho buscou promover um estudo multidisciplinar baseado na Teoria da Trofobiose, de forma a propiciar uma visão mais abrangente de causas e efeitos entre adubação e fitossanidade.

Investigaram-se os efeitos da adubação orgânica e da adubação convencional na incidência de pragas e doenças do tomateiro. Para tanto, foram monitorados indicadores de desenvolvimento das plantas, a composição química das folhas, os metabólitos secundários zingibereno e acil-açúcares, a severidade do ataque do oídio e a oviposição e o peso de lagartas da traça-do-tomateiro.

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

## 3.1 Padrões de fertilização da agricultura moderna e a Trofobiose

Na década de 1950, o termo modernização já era empregado correntemente na literatura econômica e na linguagem comum. A partir daí, tornou-se um componente ideológico essencial da civilização ocidental (WALLERSTEIN, 1976). Após esse período de rápidas transformações à custa do consumo deliberado dos recursos naturais, emerge a questão da sustentabilidade. A noção de desenvolvimento (rural) sustentável tem como uma de suas premissas fundamentais o reconhecimento da "insustentabilidade" ou inadequação econômica, social e ambiental do padrão de desenvolvimento das sociedades contemporâneas (SCHMITT, 1995).

No espaço rural, a modernização adquiriu a forma dos pacotes tecnológicos da Revolução Verde. No Brasil, assumiu – marcadamente nos anos 60 e 70 – a prioridade do subsídio de créditos agrícolas para estimular à grande produção agrícola, as esferas agroindustriais, as empresas de maquinários e de insumos industriais para uso agrícola – como tratores, herbicidas e fertilizantes químicos –, a agricultura de exportação, a produção de processados para a exportação e a diferenciação do consumo (MOREIRA, 1999).

A manutenção da fertilidade e a disponibilidade de nutrientes na agricultura moderna vêm sendo realizadas, majoritariamente, através do aporte de fertilizantes industriais de alta solubilidade, garantindo o aumento da produção apenas em curto prazo e à custa de elevados gastos energéticos, configurando uma prática insustentável em longo prazo.

Os impactos ambientais geralmente correlacionados com a agricultura moderna são a destruição das florestas e da biodiversidade genética, a erosão dos solos e a contaminação dos recursos naturais e dos alimentos. No entanto, efeitos indiretos como o aumento de pragas e doenças são menos explorados.

Uma das primeiras iniciativas no sentido de entender e explicar os novos problemas fitossanitários foi proposta pelo francês Francis Chaboussou com a publicação da "Teoria da Trofobiose", em 1987.

Em seu livro, Chaboussou (1987) explora os efeitos gerados pelo excesso de adubo nitrogenado solúvel, o desequilíbrio entre as razões de K, Ca e Mg, a carência e/ou excesso de determinados micronutrientes, muitos dos quais são fornecidos à planta pelos agrotóxicos,

interferindo nos processos fisiológicos do vegetal. Entre os principais processos, estão a relação de proteosíntese e proteólise e o aumento da concentração de açúcares solúveis, o que deixaria as plantas suscetíveis ao ataque de pragas e doenças.

A adubação orgânica é uma alternativa de manutenção da fertilidade de solos intensamente explorados. Materiais orgânicos adicionados ao solo na forma de adubo orgânico, de acordo com o grau de decomposição, têm efeito imediato e residual na disponibilização de nutrientes às plantas, proporcionando, na medida do possível, melhores condições de resistência às agressões ambientais (CHABOUSSOU, 1987; PRIMAVESI, 1990; GLIESSMAN, 2001).

Depois da Teoria da Trofobiose, poucos trabalhos tiveram a mesma ênfase na correlação entre nutrição e sanidade. Outros autores concluíram, de forma mais geral, que o manejo do solo com práticas que não agridam a biota e favoreçam a ciclagem de nutrientes, como redução da mecanização do solo (plantio direto ou cultivo mínimo), uso preferencial de adubos verdes, plantas de cobertura, esterco curtido e composto orgânico, são fundamentais para obtenção de plantas saudáveis (YEPSEN JR., 1977; PRIMAVESI, 1988; ALTIERI, 1991; MONEGAT, 1991; PATRIQUIN et al., 1993; ALTIERI, 1994; VANDERMEER, 1995; MATSON et al., 1997; ALTIERI; NICHOLLS, 1999).

Algumas pesquisas mais incipientes trataram, de uma maneira ou de outra, da Teoria da Trofobiose, ou ao menos alguma parte dela, ao relacionar questões sobre adubação e nutrição de plantas com qualidade, produtividade e sanidade.

Araujo et al. (2001) trabalharam com doses de adubação orgânica utilizando esterco de suíno com e sem adubação mineral no rendimento do feijão-vagem, concluindo que a elevação das doses de esterco associados à adubação mineral antecipou o início da floração, tornando as plantas mais precoces, porém isso não alterou a qualidade do grão. A produtividade cresceu linearmente em função do aumento das doses sem diferenciar quanto à presença ou ausência de adubo mineral.

Alves et al. (2005), testando doses de adubo orgânico na presença e na ausência de adubação mineral na produção de sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.), concluíram que a qualidade fisiológica das sementes de coentro é influenciada pelas doses de esterco bovino, sendo a dose de 8 kg m² a mais adequada para aumentar a qualidade das sementes.

Herencia et al. (2007), trabalhando durante nove anos, avaliando fertilidade do solo, concentração de macronutrientes da colheita e produtividade em casa-de-vegetação conduzida com adubação mineral ou orgânica, não encontraram diferenças de produtividade após o segundo ano, porém o solo adubado organicamente obteve maior teor de matéria orgânica e

nitrogênio, e maior disponibilidade de fósforo e potássio. Segundo os autores, a maior disponibilidade foi devida à maior capacidade de retenção de cátions adquirida em função da matéria orgânica. Por outro lado, Rodrigues e Casali (1999), avaliando rendimento e concentração de nutrientes em alface adubada com doses de composto orgânico e três níveis de adubação mineral, concluíram que há maior concentração foliar de K, P e Na e menor concentração de Ca em função do aumento da dose de adubo orgânico, apontando uma possível competição pela absorção de cátions monovalente.

Tanaka et al. (2008) testaram doses crescentes de nitrogênio no cultivo de trigo, concluindo que o aumento de produtividade tornou as plantas mais suscetíveis a patógenos e nem sempre houve obtenção de sementes de trigo de melhor qualidade.

A agricultura moderna tem se deparado com difíceis questões envolvendo a necessidade de abastecimento de uma grande população, ao mesmo tempo que precisa superar dificuldades impostas pelo próprio modelo de produção. Nesse sentido, o estudo aprofundado de causas e efeitos de forma a gerar intervenções assertivas é fundamental para atender as elevadas exigências do sistema agrícola atual.

#### 3.2 Teoria da Trofobiose

A agricultura moderna gerou efeitos desejáveis e indesejáveis ao homem e ao ambiente. De maneira geral, houve uma grande desordem do ecossistema, criando ciclos de alta dependência de insumos no sistema de produção de alimentos. As rápidas mudanças vieram acompanhadas de dúvidas e suspeitas, estimulando o desenvolvimento de vertentes com outras lógicas de funcionamento. Caminhando nessa linha "alternativa" de gerenciamento de sistemas agrícolas, surgiu a "Teoria da Trofobiose", que sintetiza relações capazes de alterar a qualidade nutricional de um substrato e os efeitos desencadeados por tais alterações. Em seus estudos, Chaboussou destaca os efeitos da adubação nitrogenada sobre as reações de síntese e degradação de proteínas, sendo que a existência de substâncias solúveis no interior da planta, como, por exemplo, os compostos nitrogenados, a torna mais atrativa ao ataque de pragas e doenças (CHABOUSSOU, 1987).

O nitrogênio e a síntese e a degradação de compostos nitrogenados foram bastante abordados, tanto na Teoria da Trofobiose como na nutrição vegetal como um todo. O nitrogênio é constituinte de várias substâncias, entre elas aminoácidos, clorofila e enzimas,

estando diretamente ligado com expansão foliar e aumento da capacidade fotossintética. A elevação no nível de nitrogênio fornecido às plantas aumenta o peso de matéria seca das raízes, do caule, das folhas e dos frutos, a altura da planta, o número de folhas, a área foliar, o florescimento, a frutificação e a produtividade (HUETT; DETTMANN, 1988; SINGH; SHARMA, 1999). Contudo,

"toda circunstância desfavorável à formação de nova quantidade de citoplasma, isto é, desfavorável ao crescimento, tende a provocar, na solução vacuolar das células, um acúmulo de produtos solúveis inutilizados, como açúcares e aminoácidos; este acúmulo de produtos solúveis parece favorecer a nutrição de microorganismos parasitas e, portanto, diminuir a resistência da planta às doenças parasitárias" (DUFRÉNOY, 1936 apud CHABOUSSOU, 1987, p. 75).

A essência da Teoria da Trofobiose está centrada na compatibilidade do substrato alimentar com a necessidade nutricional do inseto ou doença em questão, no entanto muitos fenômenos podem alterar essa relação. Dentre os fatores mais conhecidos, estão a temperatura, disponibilidade de água, radiação solar, população de plantas, plantas daninhas, estrutura do solo, pH e vento (TISDALE et al., 1985; CHABOUSSOU, 1987; WALLACE, 1990). Existem, ainda, outros fatores comumente menos relacionados com o estado fisiológico da planta e a capacidade de atender as exigências nutricionais de organismos patogênicos como a inter-relação entre nutrientes, o metabolismo móvel da planta, ou seja, o estágio fenológico da planta, e a aplicação de produtos fitossanitários que, algumas vezes, atuam nas plantas como indutores de resistência (CHABOUSSOU, 1987).

Segundo Chaboussou (1987), o inseto seria governado por dois tipos de estímulos, sendo um de prova, capaz de identificar substratos alimentares sem nenhum valor nutritivo como os glicosídeos, alcalóides e taninos, e outro gustativo, capaz de caracterizar a qualidade nutricional do substrato em questão. Assim, haveria uma forma direta de defesa da planta, através da produção de substâncias não nutritivas, e outra indireta, quando a composição do substrato alimentar é inadequada ou incompleta para a nutrição do inseto. Em ambos os casos, o ataque poderia ser inexistente ou reduzido.

As questões levantadas, até então, abordaram especialmente fatores internos da planta e um pouco sobre adubação e fertilidade do solo. No entanto, ampliando o foco de observação, desequilíbrios podem ser gerados, por exemplo, pelo cultivo de plantas em regiões com características diferentes das do seu centro de origem, normalmente com maiores intervenções humanas. Esse fato é bastante comum na agricultura moderna, como, por exemplo, nos cultivos comerciais de tomate em que, em casos extremos, são realizadas até 36 aplicações de inseticidas durante o ciclo da cultura para o controle de praga

(SOUZA; REIS, 1992). Paradoxalmente, plantas produzidas em ambientes com excesso de agroquímicos apresentam-se desequilibradas nutricionalmente e vulneráveis ao ataque de doenças e pragas (CHABOUSSOU, 1987; PRIMAVESI, 1988; ALTIERI; NICHOLLS, 1999).

#### 3.3 Tomaticultura

O tomate é amplamente utilizado e apreciado como tempero, molho ou consumido *in natura* em diversos países do mundo, sendo uma hortaliça de grande importância econômica mundial. Segundo pesquisa da FAO de 2008, no ranking dos maiores produtores estão, a China e os Estados Unidos, ficando o Brasil como oitavo colocado (FAO, 2011).

Apesar da expressiva produção de tomate no Brasil e em outros países, o tomateiro é originário da região andina, abrangendo parte do Chile, Colômbia, Equador, Bolívia e Peru. Embora as formas ancestrais de tomate sejam originárias dessa área, sua ampla domesticação se deu no México, denominado centro de origem secundário. Todas as espécies têm amplitudes de distribuição bem definidas, exceto *Licopersicon esculentum* var. *cerasiforme* (tomate cereja), que é indígena de toda a América tropical e subtropical, o único tomate selvagem encontrado fora da área de distribuição do gênero no centro de origem (WARNOCK, 1988).

Na safra de 2007-08, a área cultivada no Brasil foi de 57,5 mil hectares, com rendimento médio de 60 t ha<sup>-1</sup>, representando um ganho de produtividade de 0,56 % sobre a safra de 2006-07 e de 4,54 % sobre a safra de 2005-06 (FAOSTAT, 2008).

Em termos de produção, a safra de 2007-08 foi de 3,45 milhões de toneladas, valor 3 % maior que o obtido na safra de 2006-07. Os Estados com maior participação na safra nacional foram Goiás (26,67 %), São Paulo (22,29 %) e Minas Gerais (13,37 %). A safra brasileira de 2007-08 apresentou 2,41 % de expansão na área cultivada em relação à de 2006/07, e de 0,91 % em relação à safra de 2005-06 (FAOSTAT, 2008).

O cultivo tem dois tipos de manejo dependendo se o fruto é destinado para mesa (consumo *in natura*) ou para indústria (molhos e temperos). A tomaticultura de mesa é conduzida com tutorando das plantas com estacas e a colheita é feita manualmente durante alguns meses, se as plantas forem de crescimento indeterminado ou, numa única colheita, se forem de crescimento determinado. No cultivo do tomate para indústria, não é realizado

tutoramento e a colheita geralmente é mecanizada. Em ambos os casos, são realizados tratos culturais comuns como adubação, controle de ervas daninhas e de problemas fitossanitários, respeitando as exigências de cada cultivo.

Em termos de adubação e nutrição de plantas, os estudos de marcha de absorção de nutrientes trouxeram importantes contribuições, obtendo-se a quantidade de nutrientes absorvida em cada fase do desenvolvimento da planta. Contudo, as relações se tornam ainda mais complexas ao integrar características dinâmicas como, por exemplo, microbiologia do solo e mecanismos de adaptação e absorção do sistema radicular das plantas.

As plantas são compostas basicamente por C, H e O, elementos que elas adquirem da água e do ar, depois desses vêm os elementos retirados da terra que são o N e os minerais, P, K, Ca, Mg e S, compondo o grupo dos macronutrientes, e B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mb, Ni, Zn e outros ainda em estudo, como o Si, compondo o grupo dos micronutrientes.

Entre os elementos mais focados está o nitrogênio. Constituinte de várias substâncias, dentre elas aminoácidos, clorofila e enzimas, está diretamente ligado com expansão foliar e aumento da capacidade fotossintética. Segundo Alvarenga (2004), no tomateiro, o excesso de nitrogênio é mais preocupante que a deficiência, contribuindo para tornar a planta menos resistente à falta de água, mais suscetível ao ataque de doenças, favorecendo o aparecimento de doenças fisiológicas como podridão-apical, frutos ocos e frutos com ombro-verde e, ainda, provocando a maturação mais tardia dos frutos.

A alta solubilidade da adubação convencional normalmente utilizada na fertilização do tomateiro e de outras culturas pode levar à salinização do solo, prejudicando a absorção da água pelas plantas, além da redução de eficiência em função das perdas por volatilização ou lixiviação, o que pode, por sua vez, eutrofizar rios e lagos. Vale notar que este fato também ocorre quando a manipulação do esterco animal é inadequada.

Como muitas hortaliças, o tomate tem um período pós-colheita de poucos dias o que concentra a produção ao redor dos centros consumidores. Nesse contexto, nem sempre existem condições ambientais adequadas para o cultivo que só se torna possível devido às inúmeras intervenções humanas, fato que deixou o tomate conhecido pela alta quantidade de produtos fitossanitários utilizados no cultivo (SOUZA; REIS, 1992). Atualmente, esse fato tem aberto um grande espaço para os sistemas orgânicos de produção, onde todo o sistema de cultivo é fiscalizado e a produção recebe certificação orgânica.

Sistemas orgânicos são conhecidos, principalmente, pela produção sem agrotóxicos, mas, além disso, existem várias outras exigências tanto ambientais como sociais. O nível de

exigência pode variar de certificadora para certificadora, mas existem procedimentos legais definidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que todos devem cumprir.

A fiscalização é feita, na maioria dos casos, por empresas especializadas de forma a garantir origem e procedimento de produção ao consumidor. Dessa forma, são realizadas auditorias e, quando necessário, coletadas amostras de água, solos, plantas e frutos para análises.

Trabalhos recentes com tomate e laranja tiveram resultados positivos abordando a possibilidade de distinção entre produtos convencionais e orgânicos através da caracterização química dos frutos (FERRARI et al., 2008; TURRA et al., 2006), tornando-se mais uma alternativa de garantia do sistema de produção, especialmente se não houver rastreabilidade da produção.

#### 3.4 Pragas e doenças do tomateiro

O tomateiro frequentemente apresenta problemas fitossanitários, o que inviabilizaria o cultivo em muitas regiões não fosse a intensa intervenção humana. Entre os problemas fitossanitários mais comuns, estão a traça-do-tomateiro e o oídio.

A traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick), é um dos principais lepidópteros-praga na cultura do tomate devido ao potencial de infestação nas folhas, ramos terminais e frutos (HAJI et al., 1988), atacando a planta em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura (SOUZA; REIS, 1992) e reduzindo a produção destinada ao comércio e à indústria.

Nas folhas, o dano caracteriza-se por perfurações, em forma de galeria, provocadas pelas larvas que se alimentam do mesófilo foliar, deixando apenas as epidermes. Por este motivo, é possível observar regiões transparentes nas folhas nos últimos ínstares larvais (BAHAMONDES; MALLEA, 1969).

O oídio, *Oidiopsis taurica*, desperta maior preocupação em sistemas irrigados por gotejamento, geralmente em casa-de-vegetação, já que na irrigação por aspersão a ação mecânica das gotas de água danifica as estruturas vegetativas e reprodutivas do fungo, diminuindo o desenvolvimento da doença (LOPES et al., 2006). Os sintomas iniciam-se por manchas amareladas na face superior da folha que correspondem a um crescimento fúngico pulverulento na face inferior (LOPES; AVILA, 2005). As manchas amarelas podem evoluir

para manchas necróticas ocasionando redução da capacidade fotossintética e da transpiração. Em ataque severo, ocorre seca e queima prematura das folhas.

Além destas, muitas outras pragas e doenças acometem os cultivos de tomate, especialmente em regiões com características distintas das do centro de origem e domesticação. O modelo atual de produção de alimento utiliza-se de moléculas sintéticas produzidas industrialmente para proteção das plantas. Outras técnicas menos agressivas vêm sendo estudadas, como a aplicação de extratos de plantas inseticidas, liberação de entomopatógenos e a seleção de cultivares resistentes. No entanto, existem poucos estudos relacionando adubação e incidência de pragas e doenças, o que se tornou um desafio para a realização do presente trabalho.

## 3.5 Mecanismos de defesa das plantas

A evolução das plantas sempre aconteceu em íntima relação com o ambiente. Por serem espécies que não se locomovem, as plantas desenvolveram eficientes estratégias de adaptação ambiental.

Segundo Lara (1991), características físicas, morfológicas e químicas das plantas podem alterar o comportamento dos insetos e também interferir na sua biologia, reduzindo sua adaptação e conferindo proteção às plantas.

A presença de tricomas é tida como um fator morfológico que mais influencia na herbivoria. É o principal fator de resistência de *L. esculentum* a artrópodes (LARA, 1991), sendo que grande parte da defesa proporcionada pelos tricomas provém de metabólitos secundários acumulados nos tricomas glandulares.

Vários aleloquímicos presentes em *Lycopersicon* selvagem têm sido associados com resistência a pragas: metil-cetonas tais como 2-tridecanona (2-TD) em *L. hirsutum* var. *glabratum* (MALUF et al., 1997; GONÇALVES et al., 1998); sesquiterpenos em *L. hirsutum* var. *hirsutum* (SNYDER et al., 1987; EIGENBRODE et al., 1994; AZEVEDO et al., 2003, GONÇALVES et al., 2006) e acil-açúcares em *L. pennellii* (RESENDE et al., 2002a; GONÇALVES, 2006).

Apesar da existência de alguns trabalhos relacionando esses metabólitos com a redução da incidência da traça-do-tomateiro, há poucas explicações sobre os mecanismos de defesa envolvidos, relatando apenas a redução da herbivoria. Segundo Pereira (2008), o

método de seleção indireta, baseada na concentração de acil-açúcares, foi eficiente para obtenção de plantas resistentes à traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*). Aparentemente, esses metabólitos tiveram bons resultados nos testes de locomoção para o ácaro *Tetranychus* e, posteriormente, foram correlacionados indiretamente com a incidência de *T. absoluta*, obtendo-se também resultados positivos. O teste de locomoção aplicado ao ácaro *Tetranychus* consiste na mensuração do tempo e distância percorrida pelo ácaro partindo do centro de um folíolo de tomateiro (WESTON; SNYDER, 1990), onde, através do mecanismo de repelência, menores distâncias percorridas pelos ácaros são indicativas de maiores níveis de resistência (MALUF, 2007).

Como muitos trabalhos visam à seleção de genótipos resistentes, o conhecimento dos mecanismos de defesa não é essencial, embora essas informações possam acelerar o processo de seleção e de prevenção à quebra de resistência.

Os mecanismos de resistência são classificados em três grupos principais, ou seja, antixenose ou não-preferência, antibiose e tolerância. A antixenose ou não-preferência é verificada quando uma planta ou variedade é menos utilizada pelo inseto que outra para alimentação, oviposição ou abrigo. O efeito é manifestado no comportamento do inseto, repercutindo principalmente em redução da atratividade e aceitação do substrato, refletindo-se na redução do número de ovos e da área consumida. A antibiose caracteriza-se pelo efeito adverso da planta sobre o inseto, provocando principalmente alterações no seu desenvolvimento. Os principais efeitos da antibiose são mortalidade das formas jovens, mortalidade na transformação para adulto, redução do tamanho e peso dos indivíduos, redução da fecundidade, alteração da proporção sexual e alteração no tempo de vida. Já a tolerância refere-se à capacidade de suportar o ataque do inseto através da regeneração dos tecidos destruídos, emissão de novos ramos ou perfilhos ou por outro meio, desde que não ocasione perda na qualidade e quantidade da produção.

Chaboussou apresentou a Teoria da Trofobiose para ampliar o conceito da antibiose, demonstrando que efeitos negativos aos insetos nem sempre estão relacionados com a presença de substâncias maléficas, mas podem também estar relacionados com a deficiência nutricional causada por um mau susbstrato alimentar que o inseto muitas vezes é obrigado a consumir.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

A cultivar de tomate Santa Clara foi selecionada para o estudo. O experimento foi instalado em casa-de-vegetação na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, município de Piracicaba/SP, num delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, constituindo cada parcela de seis vasos de 22 litros com uma planta por vaso. Compararam-se dois padrões de fertilização, um simulando a produção convencional e outro, o manejo orgânico certificado. Nos tratamentos convencionais, as fontes de nutrientes foram as mais usuais no mercado de fertilizantes minerais, ou seja, uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, fornecendo N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. No manejo orgânico, a fonte de N foi o composto orgânico, de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> o Yoorim Master 1 e de K<sub>2</sub>O o sulfato de potássio. O composto orgânico utilizado foi da marca comercial Bioland, certificado para o sistema de produção orgânico pelo Instituto Biodinâmico – IBD.

As quantidades de fertilizantes foram calculadas de modo a apontar as mesmas quantidades de nutrientes, inclusive para fósforo e potássio, consistindo os tratamentos em 5 doses de nitrogênio (0; 100; 200; 300 e 400 kg de N ha<sup>-1</sup>) para cada padrão de fertilização, mais uma testemunha absoluta sem nenhuma adubação (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Descrição e denominação dos tratamentos (adubação) utilizados no experimento. CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>

Tratamentos						
CO-0	adubação mineral, sem N + P e K					
CO-100	adubação convencional, 100 kg de N ha <sup>-1</sup> (uréia) + P e K					
CO-200	adubação convencional, 200 kg de N ha <sup>-1</sup> (uréia) + P e K					
CO-300	adubação convencional, 300 kg de N ha <sup>-1</sup> (uréia) + P e K					
CO-400	adubação convencional, 400 kg de N ha <sup>-1</sup> (uréia) + P e K					
OR-0	adubação orgânica, sem N + P e K					
OR-100	adubação orgânica, 100 kg de N ha <sup>-1</sup> (composto) + P e K					
OR-200	adubação orgânica, 200 kg de N ha <sup>-1</sup> (composto) + P e K					
OR-300	adubação orgânica, 300 kg de N ha <sup>-1</sup> (composto) + P e K					
OR-400	adubação orgânica, 400 kg de N ha <sup>-1</sup> (composto) + P e K					
testemunha	sem adubação					

As plantas foram conduzidas com hastes simples e tutoradas com barbante "fitilho". Não foram utilizados produtos fitossanitários para combater pragas e doenças, uma vez que podem alterar a fisiologia e a resposta das plantas à adubação (CHABOUSSOU, 1987).

A adubação de fósforo, potássio, enxofre e magnésio respeitou a recomendação para tomate estaqueado indicada pelo IAC (RAIJ et al., 1996), conforme Tabela 4.2, baseando-se nos valores obtidos na análise do solo utilizado para encher os vasos (Tabela 4.3). Nos tratamentos orgânicos, a análise do composto (Tabela 4.4) permitiu a realização do cálculo da adubação nitrogenada e a complementação necessária de fósforo e potássio.

Tabela 4.2 - Recomendação de adubação do IAC para tomate estaqueado (RAIJ et al., 1996)

	1 \							
Recomendação (12.500 covas ha <sup>-1</sup> )								
Nitrogênio (N)	260 a 360 kg ha <sup>-1</sup>							
Potássio (K <sub>2</sub> O)	$220 \text{ kg ha}^{-1}$							
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	800 kg ha <sup>-1</sup>							
Enxofre (S)	30 kg ha <sup>-1</sup>							
Magnésio (Mg)	$\geq$ 9 mmolc dm <sup>-3</sup>							
Saturação por Bases	80%							

Tabela 4.3 - Características químicas do solo utilizado para o plantio do tomateiro

pН	МО	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	M	Na
$CaCl_2$	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>		mmolc dm <sup>-3</sup>					%	)	ppm	
5,2	7	7	2,8	51	18	0	18	71,8	89,8	80	0	21

Tabela 4.4 - Análise química do composto orgânico Bioland utilizado para adubação dos tratamentos que receberam adubação orgânica. Valores em base úmida

pН	Umidade	MO	С	C:N	Densidade			
$(CaCl_2)$		(%)		C.IV	$(g cm^{-3})$			
6,9	45,49	14,27	7,93	13/1	0,75			
N	$P_2O_5$	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S			
			(%)					
0,59	0,74	0,20	3,74	0,25	0,31			
Fe	Mn	Cu	Zn	Na	В			
$(\text{mg kg}^{-1})$								
13.899	246	35	194	1.061	5			
	-							

Em função das diferenças na disponibilidade de nutrientes e do tipo de interação com o solo e com as plantas, o parcelamento e o volume de adubo aplicado na adubação convencional foram diferenciados da orgânica. Na adubação convencional, o fósforo foi aplicado integralmente no plantio, enquanto o nitrogênio e o potássio foram parcelados em quatro vezes, sendo a primeira aplicação no transplante das mudas e as outras três em cobertura a cada 30 DAT (dias após o transplante das mudas). Para o nitrogênio, aplicaram-se 20, 20, 30 e 30 %, e para o potássio, aplicaram-se 100, 40, 40 e 40 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para cada época do parcelamento (Tabela 4.4). Nos tratamentos com adubação orgânica, houve somente duas aplicações, sendo 70 % da recomendação de composto e 100 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> no momento do transplante das mudas e 30 % de composto e 120 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> em cobertura, aos 60 dias após o transplante. Optou-se por uma adubação de plantio mais reforçada no manejo orgânico em função da alta capacidade de retenção de íons do composto orgânico, reduzindo perdas, além de oferecer mais tempo para a mineralização e liberação de nutrientes (Tabela 4.5). Não houve necessidade de uma fonte específica para fornecimento de enxofre, pois os fertilizantes, empregando como fontes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, continham quantidades suficientes para atingir a recomendação nos dois sistemas.

Tabela 4.5 - Quantidade de nutrientes aplicados em cada época do parcelamento e para cada sistema de cultivo

Plantio	30 dias	60 dias	90 dias			
Convencional						
20	20	30	30			
100	40	40	40			
800	-	-	-			
30	-	-	-			
	_					
70	-	30	-			
100		120	-			
800	-	-	-			
30	-	-	_			
	20 100 800 30 70 100 800	Conver  20 20 100 40 800 - 30 -  Orgâ  70 - 100 - 800 -	Convencional           20         20         30           100         40         40           800         -         -           30         -         -           Orgânico           70         -         30           100         -         120           800         -         -			

## 4.1 Etapas de execução do experimento

O adubo foi previamente pesado e separado por planta para distribuição e homogeneização com a terra dos vasos antes do transplantio das mudas (Figura 4.1). As mudas foram produzidas em casa-de-vegetação, sem a utilização de fertilizantes ou produtos fitossanitários.





Figura 4.1 - Foto da implantação do experimento: adubação de plantio e transplante das mudas na casa-de-vegetação

A adubação de cobertura foi aplicada nas bordas dos vasos com posterior revolvimento superficial do solo para evitar danos às raízes e perdas por volatilização (Figura 4.2). Contudo, as doses que receberam 200, 300 e 400 kg de N ha<sup>-1</sup> (CO-200, CO-300, CO-400) com adubação convencional sentiram o aumento da salinização após a primeira adubação de cobertura e nos tratamentos com 300 e 400 kg de N ha<sup>-1</sup> (CO-300 e CO-400), as plantas morreram devido à salinidade (Figura 4.3).



Figura 4.2 - Fotos da primeira adubação de cobertura, 30 dias após o transplante das mudas



Figura 4.3 - Fotos dos danos causados ao tomateiro após adubação de cobertura 30 dias após o transplante das mudas, nos tratamentos que receberam adubação convencional nas doses de 300 e 400 kg de N ha<sup>-1</sup>

Aos 50 DAT, a casa-de-vegetação foi infestada com a traça-do-tomateiro na proporção de 2 casais por planta (Figura 4.5). Os insetos utilizados na infestação da casa-de-vegetação foram provenientes da criação de *Tuta absoluta*, mantida no Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP, baseado no método proposto por Ferrara (1995) e Pereira (1998).





Figura 4.4 - Fotos da liberação de casais da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) na casa-devegetação aos 50 dias após o transplante das mudas

Aos 82 DAT, o experimento foi encerrado, pois a alta incidência de pragas e doenças causou a perda de muitas plantas e injuriaram gravemente as demais (Figura 4.5). Nessa data, foi realizada a quantificação do peso total de frutos por tratamento. O peso de frutos compreendeu frutos verdes, maduros e em desenvolvimento.





Figura 4.5 - Fotos das plantas no final do experimento (82 dias após o transplante das mudas)

## 4.2 Amostragem

A infestação da casa-de-vegetação com a traça-do-tomateiro e a coleta de amostras só foi iniciada quando as plantas estavam desenvolvidas o suficiente para suportar tais intervenções. Para parâmetros com avaliação não destrutiva, o início da avaliação começou mais cedo. Avaliações que reuniram todos os parâmetros aconteceram aos 41, 55 e 67 DAT, datas que se intercalam com as adubações de 30 e 60 DAT e com a infestação da casa-devegetação com a traça-do-tomateiro (Figura 4.6).

Para facilitar a discussão dos resultados, as datas que reuniram todos os parâmetros avaliados foram assim nomeadas:

ATT - anterior à traça-do-tomateiro (41 DAT)

PTT - posterior à traça-do-tomateiro (55 DAT)

PAC - posterior à adubação de cobertura (67 DAT)

	09/fev	18/fev	28/fev	10/mar	2	0/mar	30/ma	ar 09/	abr	19/abr	29/abr
D^	0	10	20	30		40	50	6	0	70	80
Parâmetros:						ATT		PTT		PAC	
			19		33	41		55 59	61	67 71	82
Altura / Diâmetro	>		X		x	x		X		X	X
Matéria seca foliar	21					X	H	X		X	
Composição quimica foliar	1/AC					x	nfer	X	≥	X	
Zingibereno	21 \			×		X	Infestação	X	C3/A	X	
Acil-açúcares	T			2		x		X	5	X	
Peso de lagarta	ansı						Tuta	X	ŏ	X	
Oviposição	Transplante						B			X	
Oidio	te							X		X	

Figura 4.6 - Cronograma das atividades e avaliações realizadas durante a condução do experimento. AC = adubação convencional, AO = adubação orgânica, ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura

Em função das diferenças de parcelamento da adubação orgânica e convencional, a quantidade de adubo fornecido às plantas em cada época amostrada foi diferente, respeitando, no entanto, o padrão de adubação de cada sistema (Tabela 4.6). Quanto ao fósforo e o enxofre, não houve diferenças, pois foram aplicados integralmente no plantio.

Tabela 4.6 - Quantidade de nitrogênio e potássio efetivamente aplicado, em cada época de avaliação. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico e 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>

	ATT (41 DAT)		PTT (5	5 DAT)	PAC (67 DAT)		
Tratamentos			kg	ha <sup>-1</sup>			
_	N	$K_2O$	N	$K_2O$	N	$K_2O$	
CO-0	0	140	0	140	0	0	
CO-100	40	140	40	140	70	180	
CO-200	80	140	80	140	140	180	
OR-0	0	100	0	100	0	220	
OR-100	70	100	70	100	100	220	
OR-200	140	100	140	100	200	220	
OR-300	210	100	210	100	300	220	
OR-400	280	100	280	100	400	220	
Testemunha	0	0	0	0	0	0	

A coleta das amostras consistiu na extração de folíolos do terço superior das plantas. Cada amostra foi dividida para avaliação da composição química, concentração de zingibereno e acil-açúcares e peso de lagartas.

A avaliação do peso de lagartas da traça-do-tomateiro foi realizada em laboratório, num ensaio em paralelo, utilizando-se do material coletado na casa-de-vegetação.

#### 4.3 Composição química foliar

O nitrogênio foi determinado pelo método de digestão de Kjeldahl (BREMNER, 1965) no Laboratório de Nutrição Humana, Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP. Os demais elementos foram determinados no Laboratório de Radioisótopos, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) fazendo-se uso da análise por ativação neutrônica instrumental (INAA).

O método de Kjeldahl é dividido em três etapas, ou seja, digestão sulfúrica, destilação e titulação. Na digestão sulfúrica, pesou-se 0,1 g da amostra e transferiu-se para tubos de digestão, adicionando-se 1,5 g de sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e 0,3 g de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>). Posteriormente, adicionaram-se 3 mL de ácido sulfúrico concentrado, sendo essa

mistura colocada em bloco digestor a 50° C, aumentando a temperatura lentamente até atingir 370° C, sob capela.

Tal mistura foi deixada em bloco digestor até atingir a coloração verde-claro. Após chegar à temperatura ambiente, adicionaram-se 30 ml de água destilada, agitando-se até dissolver o resíduo.

Na destilação, em um erlenmeyer de 125 ml, adicionaram-se 10 ml da solução ácido-bórico indicador, oriundo da mistura de 1 g de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), 0,5 ml de solução indicadora, a qual é composta por 0,015 g de verde de bromocresol, 0,006 g de vermelho metila e completar o volume para 10 ml de álcool etílico. Por fim, completou-se tal solução (ácido-bórico indicador) para 50 mL com água destilada.

Na entrada do destilador, encaixou-se o tubo de digestão e adicionaram-se lentamente 10 ml de NaOH 13 N. Elevou-se a temperatura do destilador ao máximo até iniciar a ebulição, reduzindo posteriormente até que o volume do destilado ficasse próximo a 25 ml.

Por fim, titulou-se o destilado com HCl 0,07143 N até que houvesse mudança da cor verde para rosa escuro. Anotou-se o volume gasto que é igual à porcentagem de N total da amostra.

Para análise por ativação neutrônica instrumental, as amostras foram lavadas com água destilada, visando eliminar qualquer tipo de contaminação superficial. Após a lavagem, as folhas foram secas em estufa a 70° C, até peso constante. Em seguida, a granulometria do material foi reduzida a partículas menores que 0,5 mm em moinho de rotor de titânio modelo Pulverisette 14 (Fritsch, Alemanha), evitando-se assim a contaminação das amostras com elementos químicos de interesse. Porções dessas amostras com aproximadamente 200 mg foram transferidas para cápsulas de polietileno, fabricadas pela Posthumus Products, Beverwijk Holanda, de elevada pureza, específicas para a irradiação con nêutrons. Fragmentos de cerca de 10 mg de liga de Ni-Cr foram empregados entre as cápsulas para monitorar o fluxo de nêutrons durante a irradiação (FRANÇA et al., 2002).

A irradiação com nêutrons ocorreu no reator nuclear de pesquisa IEA-R1 do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN/CNEN), em São Paulo. A detecção da radioatividade induzida aconteceu no Laboratório de Radioisótopos (CENA/USP), por meio da técnica de espectrometria gama de alta resolução utilizando detectores de germânio hiperpuro EG&G ORTEC modelos GEM45190 e GMX50220. Para avaliar a qualidade do procedimento analítico, junto com as amostras do experimento foram irradiados materiais de referência certificados de matrizes

vegetais, produzidos pelo National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, USA.

O cálculo das concentrações elementares nas amostras e materiais de referência foi realizado pelo método k<sub>0</sub> (BACCHI et al., 2000), a partir do programa computacional Quantu (BACCHI; FERNANDES, 2003).

Todo o resíduo radioativo produzido, resultante das amostras irradiadas por nêutrons no reator nuclear de pesquisa do IPEN, foi conduzido ao Serviço de Proteção Radiológica, do CENA/USP, para armazenamento e descarte.

Devido a suas características metrológicas, a análise por ativação neutrônica foi aceita em 2007, como método primário de medição, pelo CCQM (Consultative Committe for Amount of Substance), fornecendo resultados equivalentes aos valores de outros métodos de análise elementar ou isotópica em amostras complexas sem a necessidade de realizar a destruição química e dissolução das amostras (BODE et al., 2009; GREENBERG et al., 2011). Um procedimento, ou método, primário de medição possui a mais alta qualidade metrológica, para o qual uma declaração completa de incerteza pode ser feita em termos de unidades do Sistema Internacional de Unidades e cujos resultados são, portanto, aceitos sem referência a um padrão ou grandeza sob medição.

#### 4.4 Metabólitos secundários

A determinação de zingibereno e acil-açúcares foi realizada no Laboratório de Nutrição Humana, Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP, segundo metodologia espectrofotométrica proposta por Freitas et al. (1999) e por Resende (2002b), respectivamente.

A metodologia para determinação do zingibereno consistiu na extração de 0,15 g de raiz de gengibre (padrão) e 6 discos foliares de 3/8" de diâmetro, totalizando 4,21 cm² de área foliar extraída do terço superior das plantas. Os tecidos vegetais do gengibre e dos tomateiros foram acondicionados em tubos de ensaio, contendo 2 mL de hexano e agitados em aparelho vórtex durante 40 segundos. Após a agitação dos tubos de ensaio contendo amostras de folíolos de tomateiro e hexano, o tecido vegetal foi retirado e o extrato resultante contendo hexano e zingibereno foi analisado em espectrofotômetro a 270 nm, juntamente com um

branco formado por hexano puro. Os resultados foram expressos em porcentagem em relação ao padrão (raiz de gengibre).

A metodologia para determinação de acil-açúcares consistiu na coleta de 6 discos foliares de 3/8" de diâmetro, totalizando 4,21 cm² de área foliar localizada no terço superior das plantas. Os discos provenientes dos folíolos foram acondicionados em tubos de ensaio, onde se adicionou 1mL de diclorometano (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) para extração dos acil-açúcares presentes. Após a agitação em aparelho vórtex por 30 segundos, retiraram-se os folíolos, evaporou-se o solvente e, em seguida, adicionou-se 0,5 mL de hidróxido de sódio 0,1 N (NaOH), dissolvido em metanol, evaporando-o em seguida. O resíduo foi mantido em alta temperatura (100° C), ao qual adicionou-se metanol por três vezes, em intervalos de 2 minutos, de forma a garantir o processo de reação. Com o hidróxido de sódio dissolvido em metanol, teve-se por objetivo promover a saponificação dos grupos acilados constituintes da molécula do acil-açúcar, liberando, dessa forma, o açúcar presente.

Após a evaporação total do metanol, o resíduo foi dissolvido em 0,4 ml de água. Os acil-açúcares podem se apresentar como acilglicose e acilsacarose, de modo que, após a saponificação, obteve-se uma mistura de glicose e sacarose. Dessa forma, houve a necessidade de se inverter a sacarose para glicose, visto que o método colorimétrico, modificado por Nelson (1944) para açúcares redutores, necessita de todo açúcar presente na forma de glicose. Para a inversão da sacarose, foi adicionado 0,1 mL de ácido clorídrico 0,04 N (HCl), aquecendo-se por 5 minutos até a ebulição. Decorrido esse tempo, a solução obtida foi resfriada e, em seguida, procedeu-se à análise dos açúcares redutores, de acordo com Nelson (1944). Para obtenção da curva padrão, preparou-se uma solução de glicose.

A metodologia que determina o zingibereno possui caráter qualitativo, pois não há a quantificação da concentração de zingibereno nas folhas, classificando os tratamentos pela porcentagem de zingibereno em relação ao padrão raiz de gengibre. Já a concentração de acilaçúcares foi determinada quantitativamente.

## 4.5 Traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*)

A avaliação da traça-do-tomateiro foi realizada em dois ensaios. Um teste com liberdade de escolha, em que os insetos puderam escolher sobre quais plantas (tratamentos) iriam realizar a postura de ovos, e o outro sem liberdade de escolha, em que as lagartas foram confinadas sobre folhas do tomateiro para avaliação de ganho de peso.

A oviposição foi utilizada como indicador de preferência da traça em relação aos tratamentos testados, pois durante o período larval os insetos dificilmente percorrem grandes distâncias em busca de substratos mais adequados para sua alimentação. Sendo assim, o local de desenvolvimento das larvas é definido, principalmente, pela fêmea adulta no momento da oviposição. Esse teste começou com a liberação de 2 casais de insetos por planta na casa de vegetação. A avaliação consistiu na contagem do número de ovos com auxílio de uma lupa com aumento de 10 vezes em duas folhas expandidas (folha contendo pelo menos sete folíolos completamente abertos) localizadas no terço superior das plantas, aos 67 DAT, ou seja, 17 dias após a introdução da traça na casa-de-vegetação, tempo suficiente para acasalamento e oviposição da maioria dos ovos.

O teste de ganho de peso de lagartas foi realizado aos 59 e 71 DAT. Essas avaliações foram utilizadas na correlação com os demais parâmetros avaliados nas épocas PTT (55 DAT) e PAC (67 DAT), respectivamente. Nesse teste, as lagartas foram confinadas e alimentadas especificamente com folhas provenientes das plantas cultivadas na casa-de-vegetação. Esse ensaio foi realizado no Laboratório de Resistência de Planta do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da ESALQ/USP, em Piracicaba/SP, a 25 ± 1° C; UR de 70 ± 10 % e fotofase de 14 h, com a traça-do-tomateiro, *T. absoluta*, cuja criação estoque foi mantida, conforme metodologia de Ferrara (1995) e Pereira (1998).

Dentro de tubos de vidro tampados (8,5 cm x 2,5 cm), lagartas recém-eclodidas foram colocadas sobre um folíolo de tomate coletado respeitando os mesmos tratamentos do experimento conduzido na casa-de-vegetação. O pecíolo dos folíolos foi envolvido por algodão hidrófugo umedecido para manter a turgidez (Figura 4.7).



Figura 4.7 - Fotos do experimento de ganho de peso de lagartas

A folha de tomateiro é o alimento mais adequado para avaliação da traça, pois, segundo Cassiano et al. (1995), as lagartas de *T. absoluta* não migram para os frutos enquanto a infestação dos folíolos não atinge certa magnitude, concluindo que a avaliação mais confiável, desde baixas infestações até altos níveis populacionais, deve ser feita nos folíolos.

Como o teste de ganho de peso de lagartas foi realizado em laboratório, sob condições diferentes do ensaio realizado na casa-de-vegetação, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 9 tratamentos (0; 100; 200 kg de N ha<sup>-1</sup> de adubo convencional e 0; 100; 200; 300 e 400 kg de N ha<sup>-1</sup> de adubo orgânico, além do tratamento testemunha que não foi adubado), 28 repetições (tubos) e 5 lagartas por repetição. Após sete dias de confinamento, as lagartas foram pesadas em balança analítica de alta precisão.

#### 4.6 Oídio

A severidade do ataque de oídio foi monitorada duas vezes durante o experimento, na época PTT e PAC (55 e 67 DAT). Foram realizadas apenas 2 avaliações porque, inicialmente, o oídio não fazia parte dos indicadores de interesse. Contudo, a partir do momento que a doença tomou grandes proporções, este passou a ser mais um parâmetro avaliado. Além do oídio, outros patógenos atacaram o tomateiro, mas sem causar danos expressivos.

A avaliação foi realizada através de uma escala de notas elaborada a partir da observação dos danos nas próprias plantas do experimento. A aplicação de notas é um método bastante utilizado para esse tipo de avaliação. Porém, como não existe um padrão bem definido de notas para todas as doenças e culturas, cada autor tem adotado a escala que lhe parece adequada.

Neste trabalho, a escala variou de 1 a 6, onde: 1 = Folha não atacada; 2 = Folha parcialmente atacada (menos de 50 % da folha recoberta por esporos); 3 = Folha altamente atacada (mais de 50 % da folha recoberta por esporos); 4 = Folha lesionada (clorose em mais de 50 % da folha); 5= Folha seca (necrose em mais de 50 % da folha) e 6 = Ausência de folha (Figura 4.8).

A classificação de notas adotada variou em função do caráter biotrófico do oídio e do tipo de dano causado à planta. Fungos biotróficos são parasitas obrigatórios, requerendo células vivas para se hospedar. A esporulação branca pulverulenta indica que a doença está

avançando (notas 2 e 3). Já os sinais de clorose (nota 4) e necrose (nota 5) indicam que o patógeno migrou para novos tecidos, deixando danos irreversíveis às plantas atacadas.

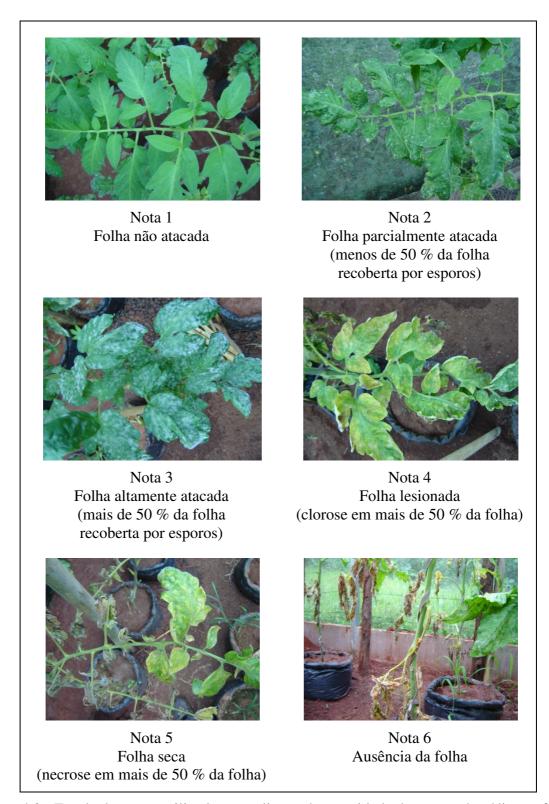


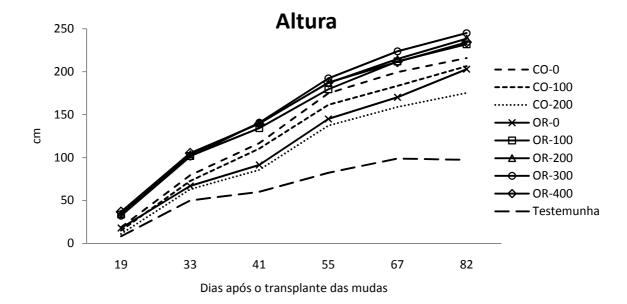
Figura 4.8 - Escala de notas, utilizada na avaliação da severidade do ataque de oídio em folhas de tomateiro

# **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **5.1 Desenvolvimento do tomateiro**

Houve diferença na altura das plantas e no diâmetro do caule tanto para tipo de adubação como entre doses de nitrogênio. As plantas dos tratamentos com adubação orgânica foram sempre maiores, em todas as épocas avaliadas, exceto pelo tratamento sem nitrogênio (OR-0). Esses resultados foram confirmados pelo contraste agrupando tratamentos com adubação orgânica contra tratamentos com adubação convencional (p < 0,01 em todas as datas avaliadas). Dentre os tratamentos com adubação orgânica, não existiram diferenças claras, mas entre os tratamentos com adubação convencional, o desenvolvimento foi menor conforme aumentaram as doses de N (Figura 5.1 e Tabela 5.1).

Os valores de altura e diâmetro de caule foram semelhantes aos encontrados por Ronchi et al. (2001), que também trabalharam com a cultivar de tomateiro Santa Clara e obtiveram valores de 84,5 cm e 7,72 mm para altura e diâmetro de caule, respectivamente, aos 42 DAT e com a dose de nitrogênio capaz de proporcionar a maior produção de matéria seca, ou seja, 125 mg dm<sup>-3</sup> de nitrogênio, o que equivale a 125 kg de N ha<sup>-1</sup>. Apesar da semelhança com os resultados de Ronchi et al. (2001), neste experimento a casa-de-vegetação não recebia sol direto durante o dia todo e as plantas estavam levemente estioladas.



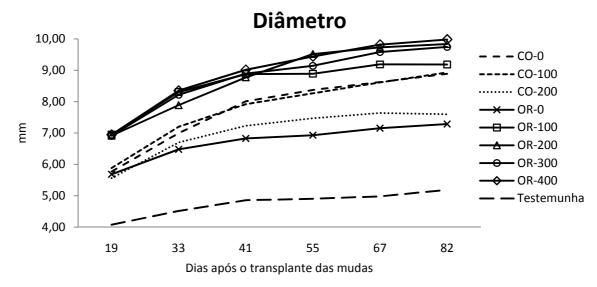


Figura 5.1 - Desenvolvimento do tomateiro, representado pela altura das plantas e diâmetro do caule, durante a condução do experimento. CO = convencional, OR = orgânico,  $Oa 400 = kg de N ha^{-1}$ 

Tabela 5.1 - Resultado estatístico entre tratamentos em cada época avaliada. Teste de Duncan com 95% de confiança. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>

		ATT	PTT	PAC					
19 DAT	33 DAT	41 DAT	55 DAT	67 DAT	82 DAT				
		Altura da	ıs plantas						
В	В	В	В	BC	BC				
BC	BC	В	C	CD	C				
CD	D	C	D	E	D				
В	CD	C	D	DE	C				
A	A	A	AB	AB	AB				
A	A	A	AB	AB	A				
A	A	A	A	A	A				
A	A	A	AB	AB	AB				
D	E	D	E	F	E				
Diâmetro do caule									
В	BC	В	В	В	С				
В	В	В	В	В	BC				
В	CD	C	C	C	D				
В	D	C	C	C	D				
A	A	A	AB AB		ABC				
A	A	A	A						
A	A	A	A	A	AB				
A	A	A	A	A	A				
С	Е	D	D	D	Е				
	B BC CD B A A A A D D B B B B A A A A A A A A	B B BC BC CD A A A A A A A A A A A A A A A A A A	19 DAT         33 DAT         41 DAT           B         B         B           BC         BC         B           CD         D         C           B         CD         C           A         A         A           A         A         A           A         A         A           A         A         A           A         A         A           B         BC         B           B         B         B           B         B         B           B         B         C           B         B         C           B         B         C           B         B         C           B         B         C           B         B         C           C         A         A           A         A         A           A         A         A           A         A         A           A         A         A           A         A         A           A         A         A           A         A	19 DAT         33 DAT         41 DAT         55 DAT           Altura das plantas           B         B         B           BC         BC         B         C           CD         D         C         D           B         CD         C         D           B         CD         C         D           A         A         A         AB           A         A         A         AB           A         A         A         AB           A         A         A         AB           B         B         B         B           B         B         B         B           B         B         B         B           B         B         B         B           B         B         B         B           B         B         B         B           B         B         B         B           B         B         B         B           B         B         B         B           B         B         B         B           B         B         B	19 DAT         33 DAT         41 DAT         55 DAT         67 DAT           B         B         B         B         BC         BC           BC         BC         B         C         CD         CD         CD         CD         D         E         B         AB         AB				

O teor de matéria seca foliar não apresentou diferenças entre tratamentos, exceto pelos que receberam adubação orgânica na primeira época avaliada (ATT - 41 DAT), sendo que menores doses de adubo nitrogenado acumularam mais matéria seca foliar. O contraste entre adubação orgânica e convencional foi significativo tanto na primeira (ATT: p < 0,01) como na terceira avaliação (PAC: p < 0,05), sendo que na primeira época havia mais matéria seca foliar nos tratamentos com adubação orgânica e, na terceira época, havia mais matéria seca foliar nos tratamentos com adubação convencional.

Levando em conta as diferenças entre as épocas de avaliação, a primeira avaliação (ATT - 41 DAT) diferenciou das demais com maiores valores de matéria seca foliar (Figura 5.2). Esse fato pode ser explicado pela mudança do estágio fenológico do tomateiro, pois o maior teor de matéria seca foliar (ATT - 41 DAT) coincidiu com a época de maior crescimento diário (de 19 a 55 DAT), conforme mostrado na Figura 5.3. Esse comportamento é característico da fase de crescimento vegetativo, quando todo investimento da planta é

voltado para a formação de estruturas capazes de garantir a próxima etapa, ou seja, a fase reprodutiva. Por volta dos 35 DAT, a abertura completa da primeira flor, na maioria dos tratamentos, marcou o final do período vegetativo e início da fase reprodutiva. Nessa fase, os investimentos passam a ser destinados ao desenvolvimento de flores e frutos, o que coincidiu com a redução do teor de matéria seca foliar e da taxa de crescimento diário, fenômeno que também foi relatado por Rodrigues et al. (2002).

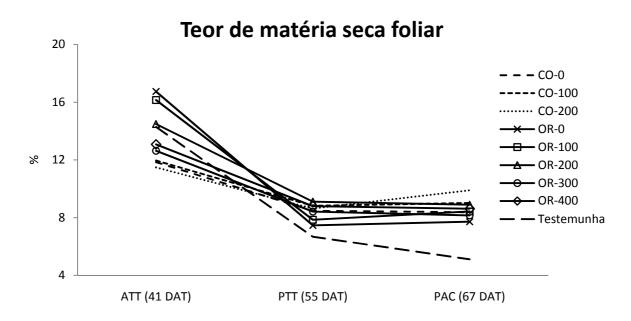


Figura 5.2: - Teor de matéria seca nas folhas do terço superior do tomateiro em cada data de avaliação do experimento. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>

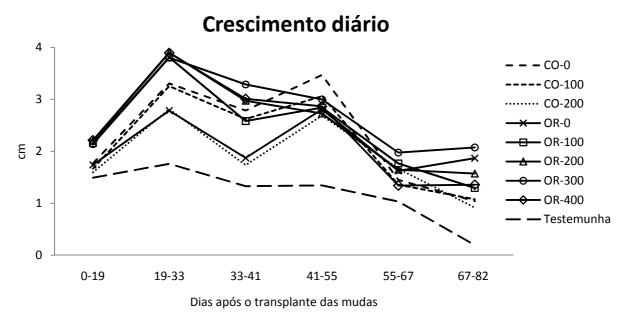


Figura 5.3: - Taxa de crescimento diário durante o desenvolvimento do tomateiro. CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>

Vale ressaltar que a matéria seca foliar teve mais importância para as análises de composição química e de fitossanidade do que para representar o teor de matéria seca total da planta, já que a matéria seca foi medida somente na folha. No entanto, esse parâmetro permitiu também a discussão sobre aspéctos do desenvolvimento fenológico do tomateiro.

A avaliação de peso de frutos compreendeu o total de frutos verdes, maduros e em desenvolvimento ao final do experimento (82 DAT). Esses dados serviram apenas como parâmetro de comparação entre os tratamentos deste experimento, pois não houve produção comercial. Nessa data, a produção decresceu conforme aumentaram as doses de N nos tratamentos com adubação convencional. Já na adubação orgânica, não houve diferença clara, exceto pelo tratamento OR-0 que se igualou à testemunha e ao tratamento CO-200 com menor produção de frutos (Figura 5.4).

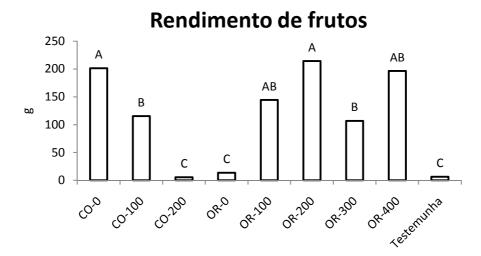


Figura 5.4 - Peso total de frutos de tomate verdes, maduros e em desenvolvimento, mensurado ao término do experimento (82 dias após o transplante das mudas). Letras diferentes sobre as barras representam diferença estatística pelo Teste de Duncan com 95% de confiança. CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>

O decréscimo da produção de frutos nos tratamentos convencionais pode estar relacionado com o efeito de salinização resultante da aduboação convencional, fenômeno também observado em relação à altura das plantas e ao diâmetro de caule.

É interessante observar também a influência do fósforo e do potássio. Para a adubação convencional, o maior rendimento foi alcançado no tratamento que recebeu apenas fósforo e potássio, sem nitrogênio. Já na adubação orgânica, o efeito foi inverso. Desse modo, a resposta à adubação com fósforo e potássio foi mais expressiva na adubação convencional do que na orgânica.

## 5.2 Composição química foliar

A análise por ativação neutrônica instrumental (INAA) permitiu a determinação de Br, Ca, Co, Cs, Fe, K, Na, Rb, Sc e Zn nas folhas de tomateiro, enquanto o N foi determinado pelo método de Kjeldahl (BREMNER, 1965). Houve diferenças tanto para doses como para tipos de adubação (Apêndice A).

A concentração de nitrogênio foliar na primeira avaliação (ATT - 41 DAT) foi proporcional às doses aplicadas, tanto entre os tratamentos com adubação orgânica como na

adubação convencional, havendo maior concentração de N foliar na adubação convencional (Figura 5.5). Nas demais avaliações, não existiram diferenças claras entre tratamentos e a concentração de N foliar se estabilizou entre 0,5 % e 0,8 % (Apêndice A). Apesar da igualdade estatística entre os tratamentos, o contraste entre tipos de adubação também revelou maior concentração de nitrogênio foliar nos tratamentos que receberam adubação convencional nas duas últimas épocas avaliadas (PTT - 55 DAT e PAC - 67 DAT), conforme visualizado na Figura 5.6.

# Concentração de N foliar (41 DAT)

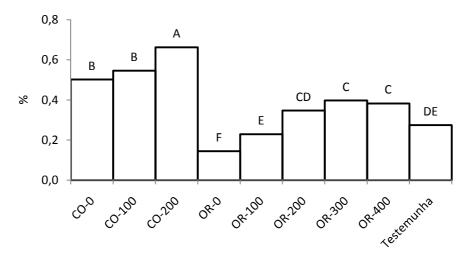
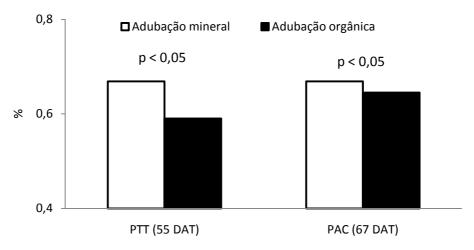


Figura 5.5 - Concentração de nitrogênio em folhas de tomateiro mensurado 41 dias após o transplante das mudas. Letras diferentes sobre as barras representam diferença estatística pelo Teste de Duncan com 95% de confiança. CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>, ATT = anterior à traça-do-tomateiro, DAT = dias após o transplante das mudas

# Concentração de N foliar



Dias após o transplante das mudas

Figura 5.6 - Concentração de nitrogênio foliar mensurado durante o desenvolvimento do tomateiro. Médias por tipo de adubação. PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas

A variação da concentração de N entre épocas pode ser explicada pelo fato de que, na fase vegetativa, as folhas estão em crescimento exponencial, havendo alta concentração de N (EVANS, 1993). Depois que o crescimento máximo foi atingido, a concentração de N foliar diminui (ANDRIOLO, 1995). Segundo Lemaire et al. (1997), a concentração de N durante o crescimento da planta é devida, ao efeito simultâneo do aumento da translocação de nutrientes para os órgãos de armazenamento, como os frutos, e o aumento da competição por luz entre as folhas em diferentes posições do dossel, como consequência do crescimento da área foliar.

As concentrações de Ca, Fe, K, Na e Zn mantiveram-se dentro dos limites considerados adequados por Silva e Giordano (2000). Por serem elementos pouco estudados e não essenciais para as plantas, os resultados da concentração de Br, Co, Cs, Rb e Sc foram comparados com níveis médios em plantas de maneira geral. Segundo Markert (1998), nos tratamentos com adubação orgânica, as concentrações de Br, Co e Cs estiveram dentro dos limites normalmente encontrados em plantas, mas os tratamentos convencionais ficaram 30, 3 e 2 vezes acima dos limites, respectivamente. No caso do Br, a testemunha também ficou acima do normal, em média 8 vezes mais. Já para o Co e o Cs, a testemunha se manteve dentro dos limites. O Rb e Sc estiveram dentro dos limites normais em todos os tratamentos.

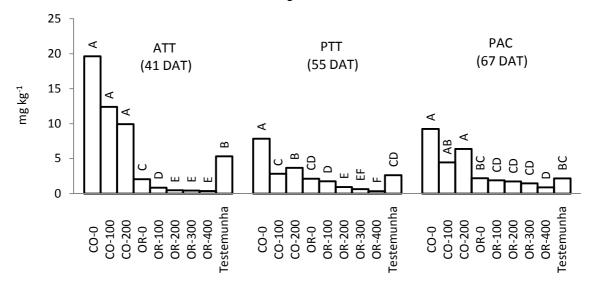
A concentração de K aumentou em função das doses de adubação orgânica nas épocas PTT e PAC (Apêndice A). O aumento do K é intrigante, uma vez que a dose total de K foi a

mesma para todos os tratamentos. Muito provavelmente, o K aumentou devido à redução das perdas de  $K_2SO_4$  em função da maior capacidade de retenção de nutrientes do composto.

Rodrigues e Casali (1999) apontaram uma possível competição pela absorção de Ca em função da alta concentração de K e Na fornecidas pelas altas doses de matéria orgânica adicionadas ao solo. Contudo, no presente trabalho, mesmo com altas doses de adubação orgânica, o Ca não foi inibido pelo K e/ou Na, havendo aumento na concentração foliar dos três elementos (Apêndice A).

Houve redução da concentração de Br, Co e Cs nos tratamentos com adubação orgânica em relação aos tratamentos convencionais, o que também pode estar ligada às características da matéria orgânica adicionada ao solo através do composto. Esse fato foi nítido para Br e Cs, que, algumas vezes, apresentaram concentrações ainda menores que a testemunha (Figura 5.7). Uma hipótese que poderia explicar esse fenômeno seria a da diferença de pH da solução do solo causada pelos diferentes tipos de fertilizantes, interferindo na disponibilidade de nutrientes.

# Concentração de Br foliar



# Concentração de Cs foliar

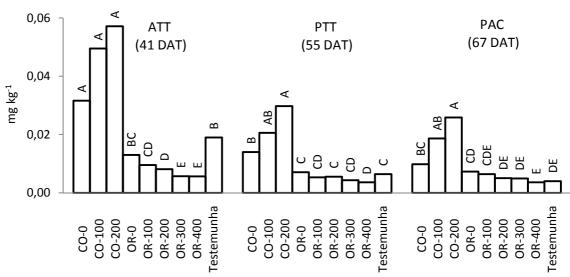


Figura 5.7 - Efeito da adubação orgânica na concentração de Br, Co e Cs em folhas de tomateiro em cada época de avaliação. Letras diferentes sobre as barras representam diferença estatística pelo Teste de Duncan com 95% de confiança. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>

Os elementos Br, Ca, Co e Cs foram capazes de separar os tratamentos com adubação orgânica dos tratamentos com adubação convencional em todas as datas avaliadas (Figura 5.8).

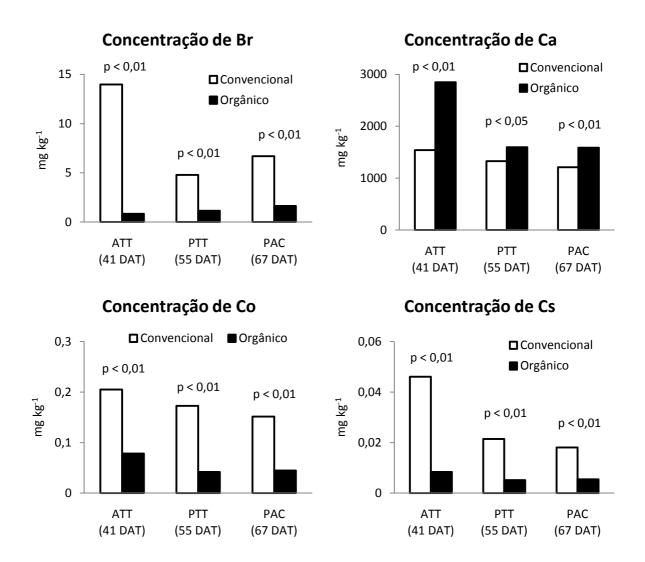


Figura 5.8 - Concentração dos elementos Br, Ca, Co, Cs, Fe, K, Na, Rb, Sc e Zn em folhas de tomateiro durante a condução do experimento. Médias por tipo de adubação. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas (continua)

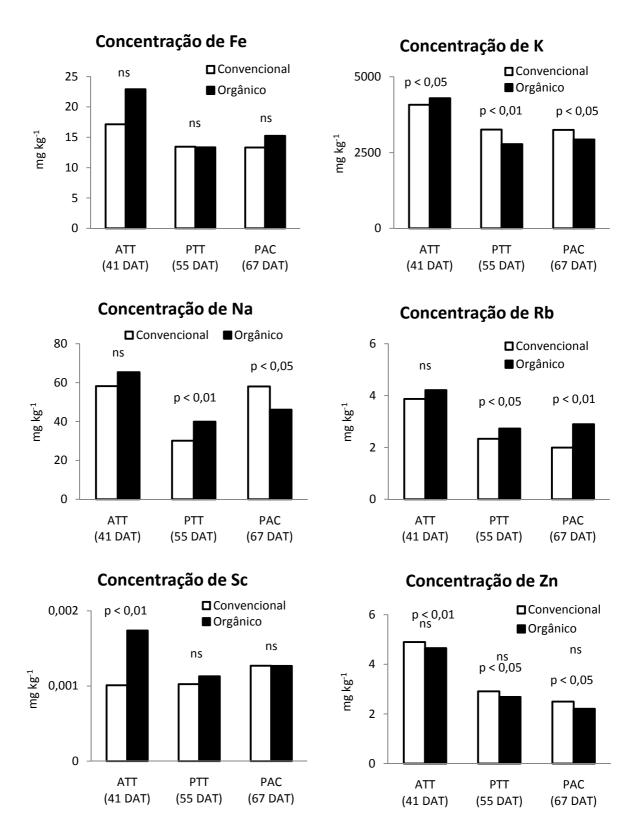


Figura 5.8 - Concentração dos elementos Br, Ca, Co, Cs, Fe, K, Na, Rb, Sc e Zn em folhas de tomateiro durante a condução do experimento. Médias por tipo de adubação. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas

Fernandes et al. (2004) estudaram o potencial de identificação de grãos de café e de batata orgânica através da composição química. Para o café, foram obtidos resultados semelhantes aos encontrados aqui, com menores concentrações de Br, Co e Cs nos orgânicos que nos convencionais. Na batata, Br e Cs foram menores no orgânico, enquanto não houve diferença para o Co.

Turra et al. (2006) estudaram a composição química de laranjas, sucos de laranja e folhas de pomares orgânicos e convencionais. O Cs apresentou o mesmo comportamento dos trabalhos anteriores, ou seja, menores concentrações nos tratamentos orgânicos. O Br também foi capaz de separar os sistemas de cultivo, no entanto, seu comportamento foi oposto em relação ao café, à batata e a este experimento com tomate, acumulando maiores concentrações no sistema orgânico. Turra et al. (2006) associaram a alta concentração de Br à aplicação de calda sulfocálcica, produto à base de enxofre utilizado em sistemas orgânicos para controle fitossanitário, que também apresentou alta concentração de Br.

Por fim, Ferrari et al. (2008) analisaram frutos de tomate e constataram as mesmas diferenças para o Br, Co e Cs encontradas neste trabalho e por Fernandes et al. (2004) para grãos de café. Segundo Ferrari (2008), tais diferenças poderiam estar relacionadas com fertilização e/ou aplicação de produtos fitossanitários. Como a concentração dos elementos Br, Co e Cs no solo foram menores que nos frutos de tomate, levantou-se a hipótese de que tais diferenças estariam ligadas à aplicação de produtos fitossanitários.

A hipótese de interferência de produtos fitossanitários na composição química foliar deve ser considerada, como apontado por Chaboussou (1987) e Turra et al. (2006). No entanto, neste experimento não foram aplicados pesticidas, nem orgânicos nem convencionais, e, mesmo assim, os valores de Br, Co e Cs foram expressivamente menores nos tratamentos orgânicos que nos tratamentos convencionais. Dessa forma, as diferenças observadas só podem estar ligadas às práticas de fertilização.

Para efeito de identificação de produtos de origem orgânica, considerando todas as informações discutidas anteriormente, apenas o Cs foi capaz de diferenciar o sistema orgânico do convencional em todos os estudos. O Co foi um bom indicador para o tomate, tanto no fruto (FERRARI et al., 2008) como na folha (o presente estudo) e para grãos de café (FERNANDES et al., 2004), mas não foi adequado para batata (FERNANDES et al., 2004). O Br foi um bom indicador em todos os estudos mas de diferentes maneiras. Para laranja, obteve-se maior concentração no sistema orgânico (TURRA et al., 2006) enquanto para café, batata e tomate as maiores concentrações aconteceram no sistema convencional (FERNANDES et al., 2004; FERRARI et al., 2008; o presente estudo).

Quanto às diferenças encontradas entre as épocas avaliadas, todos os elementos, exceto o nitrogênio, tiveram maiores concentrações na primeira avaliação em relação às demais (Apêndice A), acompanhando o mesmo comportamento observado na avaliação de matéria seca foliar. Sendo assim, havendo interesse em determinar padrões que identifiquem plantas cultivadas sob o sistema orgânico e/ou convencional, o estágio fenológico e o teor de matéria seca devem ser considerados na elaboração dos procedimentos de coleta de amostras foliares e/ou valores limítrofes.

#### 5.3 Metabólitos secundários

## 5.3.1 Zingibereno

Houve diferença na concentração de zingibereno apenas entre os tratamentos que receberam adubação convencional, sendo as menores concentrações observadas nos tratamentos que receberam maiores doses de N, principalmente nas épocas ATT e PTT (41 e 55 DAT). Para os tratamentos que receberam adubação orgânica, não houve diferença clara em nenhuma época avaliada (Figura 5.9).

PAC (67 DAT)

# Concentração de zingibereno foliar 60 % em relação ao padrão 50 (raiz de gengibre) 40 AB AB 30 20 BC BC 10 0 OR-400 OR-200 OR-300 **Testemunha Testemunha DR-400**

Figura 5.9 - Comparação entre os tratamentos que receberam adubação convencional e a concentração de zingibereno durante o desenvolvimento do tomateiro. Letras diferentes sobre as barras representam diferença estatística pelo Teste de Duncan com 95% de confiança. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>

PTT (55 DAT)

ATT (41 DAT)

Nos tratamentos com adubação convencional, a correlação entre altas concentrações de N foliar (Figura 5.5) e baixas concentrações de zingibereno (Figura 5.9) em função do aumento das doses de nitrogênio coincide com os dois mecanismos envolvidos na interação de um inseto com um substrato alimentar segundo a Teoria da Trofobiose, que são: a presença de um substrato com alto valor nutricional, aqui representado pelo aumento da concentração de nitrogênio foliar, e a redução de substâncias não nutritivas e/ou repelentes, aqui representadas pelo zingibereno.

Esse fato já foi relatado, de forma separada, por vários autores que concluíram que o zingibereno é um metabólito secundário ligado à defesa da planta, fato relativo ao *Tetranychus* urticae (JR. GOOD; SNYDER, 1988; WESTON al., 1989), et Tetranychus evansi (CAMPOS, 1999), Leptinotarsa decemlineata (CARTER et al., 1989), Spodoptera exigua (EIGENBRODE; TRUMBLE, 1993; EIGENBRODE et al., 1994), Tuta absoluta (AZEVEDO et al., 1999) e Bemisia sp. (FREITAS, 1999), e que o aumento do nitrogênio foliar favorece o desenvolvimento da traça-do-tomateiro (LEITE, 1997).

O contraste entre tratamentos orgânicos e convencionais diferenciou a concentração de zingibereno apenas na segunda época avaliada (PTT-55DAT), conforme mostrado na Figura 5.10. Nos tratamentos com adubação orgânica, a correlação inversamente proporcional entre N foliar e concentração de zingibereno também foi obsercionad na época PTT (55 DAT), quando, maiores concentrações de N foliar (Figura 5.6) coincidiram com menores concentrações de zingibereno (Figura 5.10).

# Concentração de zingibereno

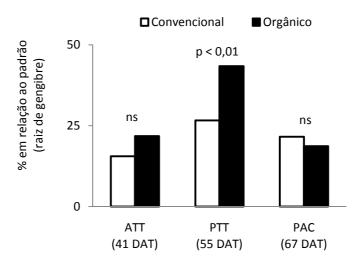


Figura 5.10 - Concentração do metabólito secundário zingibereno em folhas de tomateiro durante a condução do experimento. Médias por tipo de adubação. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas

#### 5.3.2 Acil-açúcares

Os acil-açúcares também podem conferir proteção ao tomateiro contra ataque de insetos, a exemplo da *Bemisia argentifolii* (LIEDL et al., 1995; KANEMOTO, 2001). Já, Snyder e Hyatt (1984) relataram que a alta densidade de tricomas tipo VI, contendo acil-açúcares, proveniente de *L. hirsutum* var. *hirsutum*, pode funcionar como barreira mecânica ao ataque de insetos. Carter e Snyder (1985) confirmaram estes resultados e relataram, ainda, que os tricomas não glandulares tipo V, em alta densidade na folha, também podem conferir resistência a insetos-praga. Freitas et al. (2002) estudaram o efeito do envolvimento dos

tricomas glandulares tipo IV e dos acil-açúcares na resistência de tomateiro à *Bemisia argentifoli*. Concluíram que não houve influência do tricoma tipo IV na resistência do tomateiro à mosca branca, relacionando a presença de adultos mortos do inseto nas plantas com este tipo de tricoma, bem como a ausência ou a pequena quantidade de ninfas vivas com a ação dos acil-açúcares carreados por esse tipo de tricoma. No entanto, não existiram tendências claras entre tratamentos quanto à concentração de acil-açúcares. A única diferença ocorreu no contraste entre orgânicos e convencionais na primeira época avaliada (ATT – 41 DAT) com maiores concentrações de acil-açúcares nos tratamentos com adubação orgânica (Figura 5.11).

# Concentração de acil-açúcares

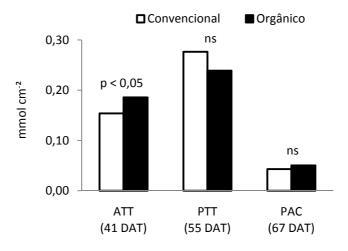


Figura 5.11 - Concentração do metabólito secundário acil-açúcares em folhas de tomateiro durante a condução do experimento. Médias por tipo de adubação. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas

O efeito dos metabólitos secundários zingibereno e acil-açúcares sobre os patógenos monitorados neste trabalho serão discutidos mais adiante. Contudo, as maiores concentrações dos dois metabólitos aconteceram na segunda avaliação (PTT - 55 DAT), ou seja, após a infestação da casa-de-vegetação com a traça-do-tomateiro (Figura 5.12). Apesar de não haver um tratamento testemunha sem o efeito da traça, o aumento da concentração dessas substâncias, cinco dias após a infestação da casa-de-vegetação, vai de encontro com o relatado

por outros autores que relacionaram tais substâncias com mecanismos de defesa do tomateiro (SNYDER et al., 1987; EIGENBRODE et al., 1994; RESENDE et al., 2002a; AZEVEDO et al., 2003, GONÇALVES et al., 2006; GONÇALVES, 2006).

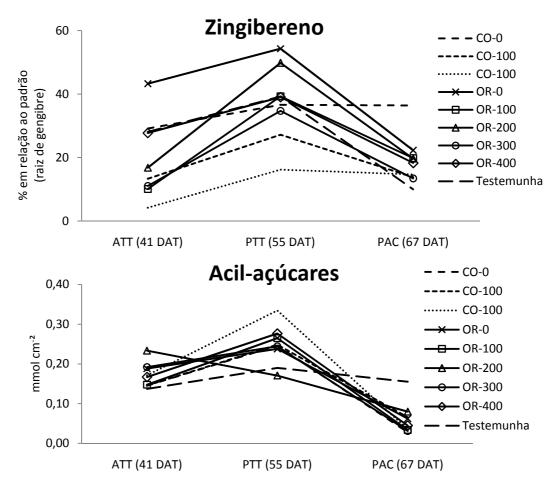


Figura 5.12 - Concentração foliar dos metabólitos secundários zingibereno e acil-açúcares durante o desenvolvimento do tomateiro. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>

### 5.4 Pragas e doenças

### 5.4.1 Traça-do-tomateiro

Não existiram tendências claras entre tratamentos nas avaliações de peso de lagartas, mas o contraste entre adubação orgânica e convencional demonstrou menor ganho de peso das lagartas alimentadas com folhas das plantas que receberam adubação orgânica na primeira avaliação (PTT - 59 DAT), fato que não se manteve na segunda avaliação (PAC - 71 DAT) (Figura 5.13). As diferenças encontradas na primeira avaliação podem ter relação com a concentração de zingibereno, pois nessa data os tratamentos orgânicos concentravam maiores quantidades de zingibereno que os convencionais (Figura 5.10), prejudicando o ganho de peso das lagartas.

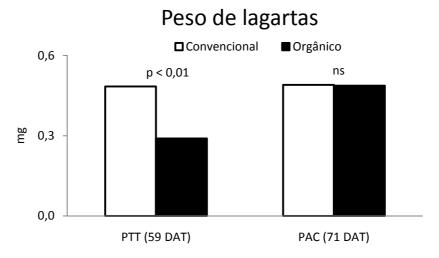


Figura 5.13 - Peso de lagartas da traça-do-tomateiro após confinamento de 7 dias. Médias por tipo de adubação. PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas

O zingibereno é encontrado em tricomas glandulares tipo IV (CARTER et al., 1989; GIANFAGNA et al., 1992; MALUF et al.,2001; FREITAS et al., 2002). Para o ácaro *Tetranychus*, o zingibereno está ligado à movimentação do inseto na planta (PEREIRA, 2008), o que sugere que a redução do peso se deve à dificuldade de penetração

até o mesófilo foliar, ou seja, dificultando o acesso do inseto ao substrato alimentar, atrasando o início da alimentação e, consequentemente, reduzindo o ganho de peso e/ou estendendo o tempo dessa fase do ciclo de vida.

O mecanismo de defesa, sediado pela planta, capaz de interferir diretamente no desenvolvimento do inseto, como a redução de peso observada nesse trabalho, normalmente é classificado como antibiose. Segundo a teoria da trofobiose, esse fenômeno ocorreria quando o substrato alimentar tem baixo valor nutritivo, interferindo diretamente no desenvolvimento do inseto. Mas também, pode haver antixenose ou não-preferência se tais plantas forem menos preferidas ou houver redução de consumo de alimento, geralmente pela presença de substâncias não nutritivas.

A antixenose poderia ser confirmada pelo teste de oviposição, teste realizado com chance de escolha, em que os insetos liberados na casa-de-vegetação puderam escolher aonde ovipositar e, consequentemente, aonde as lagartas iriam se desenvolver, mas os resultados não apresentaram distinções claras entre tratamentos (Figura 5.14).

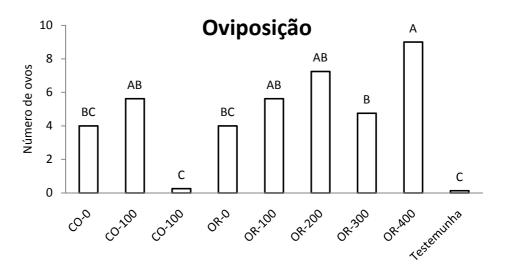


Figura 5.14 - Análise de oviposição realizada após infestação da casa-de-vegetação com casais da traça-do-tomateiro. Letras diferentes sobre as barras representam diferença estatística pelo Teste de Duncan com 95% de confiança. CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>

O contraste diferiu os tratamentos com adubação orgânica da convencional (p < 0.01), porém, o tratamento convencional com 200 kg de N ha<sup>-1</sup> (CO-200) obteve valores muito reduzidos, provavelmente em função dos danos causados pela salinização do solo, fato que

não foi forte o bastante para matar as plantas como ocorrido nos tratamentos CO-300 e CO-400, mas foi suficiente para provocar manchas de clorose nas folhas após as adubações de cobertura. Esse fato pode ter contribuído para reduzir a média dos tratamentos convencionais e a obtenção de diferença estatística, comprometendo a confirmação de antixenose.

Esse fato também pode ter influenciado os resultados dos outros parâmetros avaliados, mas não foram detectados efeitos tão contrastantes como para oviposição.

Já o tratamento testemunha obteve valores reduzidos de oviposição, provavelmente, em função da carência de nutrientes que debilitou e reduziu o desenvolvimento das plantas de maneira geral (Figura 5.1).

Aragão et al. (2000), trabalhando com o acesso de *L. hirsutum* var. *glabratum*, com alta densidade de tricomas glandulares tipo VI, declararam não ter havido efeito dos tricomas na supressão da oviposição de *Tuta absoluta*. Dessa forma, apesar da existência da hipótese da dificuldade de deslocamento e de acesso ao substrato, os mecanismos de ação desses metabólitos secundários ainda permanecem desconhecidos, e a atuação como fator não nutritivo não pode ser descartada.

#### **5.4.2** Oídio

A principal diferença observada no ataque do oídio, nas duas épocas avaliadas (PTT - 55 DAT e PAC - 67 DAT), foi entre tipo de adubação. Os tratamentos com adubação orgânica foram mais atacados que os convencionais (p < 0,01, nas duas avaliações), conforme mostrado na Figura 5.15.

A concentração de N foliar, mais uma vez, pode ser a explicação desse fato. Dessa vez, a menor concentração de N foliar favoreceu o ataque da doença, já que oídios são fungos de final de ciclo, atacando inicialmente folhas velhas e baixeiras, com reduzida concentração de N.

## 

Figura 5.15 - Severidade do ataque de oídio durante o desenvolvimento do tomateiro. Médias por tipo de adubação. PTT = posterior à traçado-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas

A evolução do ataque foi semelhante nos tratamentos com adubação orgânica e convencional (Figura 5.15) fazendo supor que os tratamentos com adubação orgânica começaram a ser atacados antes dos tratamentos com adubação convencional. A hipótese da preferência inicial pelos tratamentos com adubação orgânica pode ser explicada pela menor concentração de nitrogênio foliar antes do período de avaliação do oídio (ATT - 41 DAT), como mostrado na Figura 5.5.

Não foram observadas, em nenhuma das duas avaliações do oídio, relações com as doses de adubação nitrogenada. Nestas épocas, não houve também, diferenças na concentração de N foliar, reforçando a hipótese de que as diferenças de severidade do ataque de oídio são reflexos da concentração de N foliar no período anterior ao monitoramento do oídio.

No caso do oídio, não existiram correlações claras entre o desenvolvimento da doença e os metabólitos secundários monitorados, exceto na primeira avaliação (ATT - 41 DAT), época correlacionada com o início do ataque, quando os tratamentos orgânicos concentravam mais acil-açúcares que os convencionais (Figura 5.11). Este fato parece mais uma coincidência que um mecanismo de defesa ao oídio, pois, assim que o ataque se intensificou, não houve resposta da planta quanto à concentração de acil-açúcares.

Vale ressaltar ainda que, apesar da maior severidade do oídio nos tratamentos com adubação orgânica, o rendimento de frutos se manteve igual ou superior aos tratamentos que receberam adubação convencional (Figura 5.4).

Em resumo, existiram diferenças entre doses e, principalmente, entre tipos de adubação em praticamente todos os parâmetros avaliados, porém nem sempre correlações puderam ser realizadas.

Quanto às correlações observadas entre concentração de N foliar com metabólitos secundários e com os problemas fitossanitários, os resultados foram semelhantes a outros trabalhos que também discutiram o efeito de doses de nitrogênio e tipos de adubação empregados na fertilização das plantas cultivadas, nos quais, de maneira geral, existiram maiores benefícios com a adubação orgânica que no sistema convencional (CHABOUSSOU, 1987; YEPSEN JR., 1977; PRIMAVESI, 1988; ALTIERI, 1991; MONEGAT, 1991; PATRIQUIN et al., 1993; ALTIERI, 1994; VANDERMEER, 1995; MATSON et al., 1997; ALTIERI; NICHOLLS, 1999).

No entanto, tais efeitos não devem ser generalizados, podendo variar conforme a quantidade, o tipo de adubo e o objetivo da adubação, bem como o estágio fenológico da planta, a qualidade do substrato alimentar e a necessidade nutricional das pragas e doenças.

Efeitos pouco expressivos da adubação em relação a um mecanismo capaz de combate eficientemente as pragas e doenças já eram esperados, pois, entre a adubação e a fitossanidade, existe um longo caminho com inúmeras variáveis que não são totalmente previsíveis, além da alta vulnerabilidade que o tomateiro tem a vários parasitas em função de outras razões já abordadas, como o cultivo fora do seu habitat natural.

Foi possível explicar, através da Teoria da Trofobiose,os fatos ocorridos, tanto no caso do oídio, como para a traça-do-tomateiro, pois, a menor concentração de nitrogênio em folhas velhas favoreceu o ataque do oídio, diferentemente da traça-do-tomateiro que é favorecida por tecidos com maior concentração de nitrogênio (LEITE, 2007) e com menores concentrações de zingibereno. Em ambos os casos, houve adequação do substrato alimentar com as exigências nutricionais do parasita em questão.

Vale relembrar que, neste trabalho, o nitrogênio foi um indicador de qualidade do substrato alimentar, tendo em vista sua relevância tanto para a planta como para os parasitas, porém os efeitos tratados pela Teoria da Trofobiose não devem ser exclusivamente relacionados com o nitrogênio, mas ao estado fisiológico da planta como um todo.

### 6 CONCLUSÕES

A adubação orgânica promoveu maior desenvolvimento das plantas com menor concentração de nitrogênio foliar.

A concentração foliar de Br, Co e Cs foi capaz de separar, durante a fase de crescimento vegetativo do tomateiro, os tratamentos com adubação orgânica dos tratamentos com adubação convencional.

A maior concentração de zingibereno e acil-açúcares ocorreu após a introdução da traça-do-tomateiro na casa-de-vegetação, indicando que esses metabólitos estão ligados à defesa do tomateiro. No entanto, um experimento com e sem a presença da traça-do-tomateiro faz-se necessário para confirmação desse fato.

Os conceitos propostos na Teoria da Trofobiose foram adequados para explicar as interações observadas entre a traça-do-tomateiro e o oídio com o tomateiro da cultivar Santa Clara. Houve maior ganho de peso de lagartas da traça-do-tomateiro quando havia mais N foliar, concordando com o seu hábito de consumo de folhas novas (terço superior das plantas). Também houve maior severidade do ataque de oídio em folhas com menor concentração de N foliar, concordando com a sua etologia, preferindo folhas velhas (praga do final do ciclo de cultivo).

## REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A. How best can we use biodiversity in agroecosystems? **Outlook on Agriculture**, Bracknell, v. 20, n. 1, p. 15-23, 1991.
- ALTIERI, M. A. Bases agroecológicas para una producción agricola sustentable. **Agricultura Técnica**, Santiago, Chile, v. 54, n. 4, p. 371-386, 1994.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Ecologically based pest management: a key pathway to achieving agroecosystem health. In: WORKSHOP SOBRE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1999, Campinas. Campinas: UNICAMP IB, 1999.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate:** produção em campo, casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA. 2004. 400 p.
- ANDRIOLO, J. L. Analyse des flux de NO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub> au cours de la culture et du nycthémère chez la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) adulte en hors-sol. 1995. 101 p. Tèse (PhD) Université de Montpellier II, Montpellier, 1995.
- ARAGÃO, C. A.; MALUF, W. R.; DANTAS, B. F.; GAVILANES, M. L.; CARDOSO, M. G. Tricomas foliares associados à resistência ao ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch.) em linhagens de tomateiro com alto teor de 2-Tridecanona nos folíolos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, p. 81-93, 2000. Ed. esp.
- AZEVEDO, S. M.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; OLIVEIRA, A. C. B.; RIBEIRO, C. A.; GONSALVES-GERVÁSIO, R. C.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C. Resistência à traça (Tuta absoluta) em genótipos de tomateiro com diferentes teores de sesquiterpenos nos folíolos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 39., 1999, Tubarão. **Resumo...** Tubarão: Sociedade Brasileira de Olericultura, 1999. p. 38.
- AZEVEDO, S. M.; FARIA, M. V.; MALUF, W. R.; OLIVEIRA, A. C. B.; FREITAS, J. A. Zingiberene-mediated resistance to the South American tomato pinworm derived from *Lycopersicon hirsutum* var. *hirsutum*. **Euphytica**, Wageningen, v. 134, p. 347-351, 2003.
- BACCHI, M. A.; FERNANDES, E. A. N.; OLIVEIRA, H. Brazilian experience on k<sub>0</sub>-standardized neutron activation analysis. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Budapest, v. 245, n. 1, p. 217-222, 2000.
- BACCHI, M. A.; FERNANDES, E. A. N. Quantu design and development of a software package dedicated to  $k_0$ -standardized NAA. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Budapest, v. 257, n. 3, p. 577-582, 2003.
- BAHAMONDES, L. A.; MALLEA, A R. Biologia en Mendoza de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) Povolny (Lepidoptera Gelechiidae), especie nueva para la Republica Argentina. **Revista de la Faculdad de Ciencias Agrarias**, Mendoza, v. 15, n. 1, p. 96-104, 1969.
- BREMER, J. M. Total nitrogen. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 2. Chemical and microbiological properties. Madison: ASA, 1965. p. 1149-1178. (Agronomy, 9).

- BODE, P.; GREENBERG, R. R.; FERNANDES, E. A. N. Neutron activation analysis: a primary (ratio) method to determine SI-traceable values of element ontent in complex samples. **Chimia**, Basel, v. 63, n. 10, p. 678-680, 2009.
- CAMPOS, G. A. Inter-relações entre teor de zingibereno, tipos de tricomas foliares e resistência a ácaros Tetranychus evansi em tomateiro. 1999. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- CARTER, C. D.; SNYDER, J. C. Mite responses in relation to trichomes of *Lycopersicon esculentum* x *L. hirsutum* F2 hybrids. **Euphytica**, Wageningen, v. 34, n. 1, p. 177-185, 1985.
- CARTER, C. D.; GIANFAGNA, T. J.; SACALIS, J. N. Sesquiterpenes in glandular trichomes of a wild tomato species and toxicity to the Colorado potato beetle. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 37, p. 5, p. 1425-1428, 1989.
- CASSINO, P. R.; PERUSSO, J. C.; REGO, L. M.; SAMPAIO, H. N. Proposta metodológica de monitoramento de pragas em tomateiro estaqueado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 24, p. 279-285, 1995.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos**: a teoria da trofobiose. Porto Alegre: L & PM, 1987. 272 p.
- EVANS, J. R. Photosynthetic acclimation and nitrogen partitioning within a lucerne canopy. I. Canopy characteristics. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 20, p. 55-67, 1993.
- EIGENBRODE, S. D.; TRUMBLE, J. T. Antibiosis to bett armyworm (Spodoptera exigua) in Lycopersicon accessions. **HortScience**, St. Joseph, v. 28, n. 9, p. 932-934, 1993.
- EIGENBRODE, S. D.; TRUMBLE, J. T.; MILLAR, J. G.; WHITE, K. K. Topical toxicity of tomato sesquiterpenes to the beet armyworm and the role of these compounds in resistance derived from an accession of *Lycopersicon hirsutum* f. *typicum*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, p. 807-810, 1994.
- FAO. **FAO-FAOSTAT**. Database results. Rome, 2008. Disponível em: <a href="http://apps.fao.org">http://apps.fao.org</a>. Acesso em: 03 mar. 2011.
- FAO. **Top production Tomatoes 2008**. Rome, 2009. Disponível em <a href="http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx">http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx</a>. 2008>. Acesso em: 03 mar. 2011.
- FERRARA, F. A. A. Avaliação do componente principal sintético do feromônio sexual de Scrobipalpuloides *absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). 1995. 52 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- FERRARI, A. A.; FERNANDES, E. A. N.; TAGLIAFERRO, F. S.; BACCHI, M. A.; MARTINS, T. C. G. Chemical composition of tomato seeds affected by conventional and organic production systems. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Budapest, v. 278, p. 399-402, 2008.

- FRANÇA, E. J.; BACCHI, M. A.; FERNANDES, E. A. N.; GANDOLFI, S. Mata de Santa Genebra, SP, Brazil: can mineral cycling in urban forestry fragment reveal anthropic activities? In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Biomonitoring of atmospheric pollution (with emphasis on trace elements)** BioMAP II. Vienna: IAEA, 2002. p. 308-316. (IAEA TECDOC, 1338).
- FREITAS, J. A. Resistência genética do tomateiro *Lycopersicon* sp. à mosca branca *Bemisia* spp. mediada por zingibereno contido em tricomas glandulares. 1999. 93 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- FREITAS, J. A.; MALUF, W. R.; CARDOSO, M. G.; GOMES, L. A. A.; BEARZOTTI, E. Inheritance of foliar zingiberene contents and their relationship to trichome densities and whitefly resistance in tomatoes. **Euphytica**, Wageningen, v. 127, p. 275-287, 2002.
- GIANFAGNA, T. J.; CARTER, C. D.; SACALIS, J. N. Temperature and photoperiod influence trichome density and sesquiterpene content of *Lycopersicon hirsutum* f. *hirsutum*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 100, p. 1403-1405, 1992.
- GONÇALVES, L. D. Herança dos teores de acilaçúcares em genótipos de tomateiro e sua relação com tricomas foliares e repelência ao ácaro *Tetranychus evansi*. 2006. 60 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- GONÇALVES, L. D.; MALUF, W. R.; CARDOSO, M. G.; RESENDE, J. T. V.; CASTRO, E. M.; SANTOS, N. M.; NASCIMENTO, I. R.; FARIA, M. F. Relação entre zingibereno, tricomas foliares e repelência de tomateiros a *Tetranychus evansi*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 267-273, 2006.
- GONÇALVES, M. I. F.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; BARBOSA, L. V. Variation of 2-tridecanone level in tomato plant leaflets and resistance to two mite species (*Tetranychus* sp.). **Euphytica**, Wageningen, v. 104, p. 33-38, 1998.
- GOOD JUNIOR, D. E.; SNYDER, J. C. Seasonal variation of leaves and mite resistance of Lycopersicon interespecific hybrids. **HortScience**, St. Joseph, v. 23, n. 5, p. 891-894, 1988.
- GREENBERG, R. R.; BODE, P.; FERNANDES, E. A. N. Neutron activation analysis: A primary method of measurement. **Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy**, Oxford, v. 66, p. 193-241, 2011.
- HARTMANN, T. Global harmonization of herbal health claims. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 80, p. 177-179, 1996.
- HAJI, F. N. P.; OLIVEIRA, C. A. V.; AMORIM NETO, M. S.; BATISTA, J. G. S. Flutuação populacional da traça do tomateiro, no submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, p. 7-14, 1988.
- HERENCIA, J. F.; RUIZ-PORRAS, J. C.; MELERO, S.; GARCIA-GALAVIS, P. A.; MORILLO, E.; MAQUEDA, C. Comparison between organic and mineral fertilization for soil fertility levels, crop macronutrient concentrations and yields. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, p. 973-983, 2007.

- HUETT, D. O.; DETTMANN, E. B. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 28, n. 3, p. 391-399, 1988.
- KANEMOTO, A.I. Melhoramento genético do tomateiro contendo acilaçúcares, visando resistência à mosca branca Bemisia argentifolii (Hemiptera: Aleyrodidae). 2001. Monografia (Graduação em Agronomia) Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2001.
- LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336 p.
- LEMAIRE, G.; GASTAL, F.; PLENET, D. Dynamics of N uptake and N distribution in plant canopies. Use of crop N status index in crop modelling. In: LEMAIRE, G.; BURNS, I.G. Eds. **Diagnostic procedures for crop N management**. Paris: INRA, 1997. p. 15-29.
- LIEDL, B. E.; LAWSON, D. M.; SHAPIRO, J. A.; WHITE, K. K.; COHEN, D. E.; CARSON, W. G.; TRUMBLE, J. T.; MUTSCHLER, M. A. Acylsugars of wild tomato *Lycopersicon pennellii* alters settling and reduces oviposition of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 88, n. 3, p. 742-748, 1995.
- LOPES, C. A.; ÁVILA, C. A. **Doenças do tomateiro.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. 151 p.
- LOPES, C. A.; MAROUELLI, W. A.; CAFÉ FILHO, A. C. Associação da irrigação com doenças de hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 14, p. 151-179, 2006.
- MALUF, W. R.; BARBOSA, L. V.; COSTA S. C. 2-tridecanone-mediated mechanisms of resistance to the South American tomato pinworm *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera-Gelechiidae) in *Lycopersicon* spp. **Euphytica**, Wageningen, v. 93, p. 189-194, 1997.
- MALUF, W. R.; CAMPOS, G. A.; CARDOSO, M. G. Relationships between trichome types and spider mite (*Tetranychus evansi*) repellence in tomatoes with respect to foliar zingiberene contents. **Euphytica**, Wageningen, v. 121, p. 73-80, 2001.
- MALUF, W. R.; INOUE, I. F.; FERREIRA, R. P. D.; GOMES, L. A. A.; CASTRO, E. M.; CARDOSO, M. G. Higher glandular trichome density in tomato leaflets and repellence to spider mites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 9, p. 1227-1235, 2007.
- MARKERT, B. Distribution and biogeochemistry of inorganic chemicals in the environment. In: SCHURMANN, G.; MARKERT, B. (Ed.). **Ecotoxicology**. Amsterdam: John Wiley e Sons, 1998. chap. 6, p. 165-222.
- MATSON, P. A.; PARTON, W. J.; POWER, A. G.; SWIFT, M. J. Agricultural intensification and ecosystem properties. **Science**, Washington, DC, v. 277, p. 504-509, 1997.

- MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo**: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, SC: Ed. Do Autor, 1991. 337 p.
- MOREIRA, R. J. **Agricultura familiar**: processos sociais e competitividade. Rio de Janeiro: Mauad; UFRRJ/CPDA, 1999.
- NELSON, N. A photometric adaptation of the Sommogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Rockville, v. 153, n. 2, p. 375–380, 1944.
- PATRIQUIN, D. G.; BAINES, D.; ABBOUD, A. Soil fertility effects on pests and diseases. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE AGRICULTURE, 3., 1993, London. **Proceedings...** London: Wye College Press, 1993. p. 161-174.
- PEREIRA, N. E. Estudos genéticos da resistência à traça do tomateiro (Tuta absoluta) no cruzamento de *Lycopersicon esculentum* x *L. hirsutum* f. *glabratum*. 1998. 110 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 1998.
- PEREIRA, G. V. N.; MALUF, W. R.; GONÇALVES, L. D.; NASCIMENTO, I. R. DO; GOMES, L. A. A.; LICURSI, V. Seleção para alto teor de acilaçúcares em genótipos de tomateiro e sua relação com a resistência ao ácaro vermelho (Tetranychus evansi) e à traça (Tuta absoluta). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 996-1004, 2008.
- PRATISSOLI, D. Bioecologia de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879, nas traças, *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick, 1917) e *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873), em tomateiro. 1995. 135f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico de pragas e doenças**. São Paulo: Nobel, 1988. 137 p.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico; Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- RESENDE, J. T. V.; MALUF, W. R.; CARDOSO, M. G.; NELSON, D. L.; FARIA, M. V. Inheritance of acylsugar contents in tomatoes derived from an interspecific cross with the wild tomato *Lycopersicon pennellii* and their effect on spider mite repellence. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 1, p. 106-116, 2002a.
- RESENDE, J. V. T.; CARDOSO, M. G.; MALUF, W. R.; SANTOS, C. D.; GONSALVES, L. D.; RESENDE, L. V.; NAVES, F. O. Método colorimétrico para quantificação de acilaçúcares em genótipos de tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 1204-1208, 2002b.
- RODRIGUES, E. T.; CASALI, V. W. D. Rendimento e concentração de nutrientes em alface, em função das adubações orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 2, p. 125-128, 1999.

- RODRIGUES, D. S.; PONTES, A. L.; MINAMI, K.; DIAS, C. T. S. Quantidade absorvida e concentrações de micronutrientes em tomateiro sob cultivo protegido. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 137-144, 2002.
- RONCHI, C. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; NUNES, J. C. S.; MARTINEZ, H. E. P. Índices de nitrogênio e de crescimento do tomateiro em solo e em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 48, n. 278, p. 469-484, 2001.
- SCHMITT, C. J. **Sociedade, natureza e desenvolvimento sustentável**: uma abordagem preliminar. Porto Alegre: PPGS/UFRGS, 1995. (Apostila).
- SINGH, A. K.; SHARMA, J. P. Studies on the effect of variety and level of nitrogen on plant growth and development and yield of tomato hybrids (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Annals of Agricultural Research**, Washington, DC, v. 20, n. 4, p. 502-503, 1999.
- SNYDER, J. C.; HYATT, J. P. Influences of daylength on trichome densities and leaf volatiles of *Lycopersicon* species. **Plant Science Letters**, Amsterdam, v. 37, n. 1/2, p. 177-181, 1984.
- SNYDER, J. C.; JOHNSON, D. A.; GOOD, D. E.; WESTON, P. A. Type VI trichome exudates from chemotypes of *L. hirsutum* and *L. hirsutum* f. *glabratum*. **Report of the Tomato Genetics Cooperative**, Gainesville, v. 37, p. 67-68, 1987.
- SOUZA, J. C.; REIS, P. R. **Traça do tomateiro**: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízo e controle. Belo Horizonte: EPAMIG, 1992. 20 p. (Boletim Técnico, 38).
- TANAKA, M. A. S.; FREITAS, J. G.; MEDINA, P. F. Incidência de doenças fúngicas e sanidade de sementes de trigo sob diferentes doses de nitrogênio e aplicação de fungicida. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 34, n. 4, p. 313-317, 2008.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4. ed. New York: Macmillan Publishing, 1985.
- TURRA, C.; FERNANDES, E. A. N.; TAGLIAFERRO, F. S.; BACCHI, M. A. Differences between elemental composition of orange juices and leaves from organic and conventional production systems. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Budapest, v. 270, p. 203-208, 2006.
- WALLACE, A. Crop improvement through multidisciplinary approaches to different types of stresses law of the maximum. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 13, p. 313-325, 1990.
- WALLERSTEIN, I. The Modern World-System: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century. **Academic Press**, New York, p. 229-233, 1976.
- WARNOCK, S. J. A review of taxonomy and phylogeny of genus *Lycopersicon*. **HortScience**, St. Joseph, v. 23, n. 4, p. 669-673, 1988.

WESTON, P. A.; SNYDER, J. C. Thumbtack bioassay: a quick method for measuring plant resistance to two-spotted spider mites (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 83, p. 501-504, 1990.

VANDERMEER, J. The ecological basis of alternative agriculture. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 26, p. 201-224, 1995.

YEPSEN JUNIOR, R. B. **Organic plant protection**: a comprehensive reference on controlling insects and diseases in the garden, orchard and yard without using chemicals. Emmaus, Pennsylvania: Rodale Press, 1977. 688 p.

**Apêndice A** - Concentração foliar média (mg kg<sup>-1</sup> em base úmida) dos elementos químicos monitorados durante a fase vegetativa do tomateiro. Resultados estatísticos pelo teste de Duncan com 95% de confiança. Em letras maiúsculas estão os resultados entre tratamentos e em letras minúsculas estão os resultados entre épocas. ATT = anterior à traça-do-tomateiro, PTT = posterior à traça-do-tomateiro, PAC = posterior à adubação de cobertura, DAT = dias após o transplante das mudas, CO = convencional, OR = orgânico, 0 a 400 = kg de N ha<sup>-1</sup>

T		Br								
Tratamentos	ATT (4	ATT (41 DAT) PTT (55 DAT)			)	PAC	PAC (67 DAT)			
CO-0	19,63	A	a	7,85	A	b	9,24	A	b	
CO-100	12,39	A	a	2,83	C	c	4,46	AB	b	
CO-200	9,93	A	a	3,68	В	c	6,37	A	b	
OR-0	2,06	C	ns	2,12	CD	ns	2,19	BC	ns	
OR-100	0,84	D	ns	1,74	D	ns	1,90	CD	ns	
OR-200	0,47	E	a	0,93	E	b	1,73	CD	b	
OR-300	0,43	E	ns	0,63	EF	ns	1,47	CD	ns	
OR-400	0,36	E	ns	0,34	F	ns	0,89	D	ns	
Testemunha	5,31	В	a	2,62	CD	b	2,15	BC	b	
Trotomontos										
Tratamentos	Tratamentos ATT (41 DA		AT) PTT (55 DAT)			PAC (67 DAT)				
CO-0	1964	В	ns	1351	ABC	ns	1448	ABCD	ns	
CO-100	1537	В	a	985	C	b	905	D	b	
CO-200	1126	C	b	1648	A	a	1281	BCD	b	
OR-0	3840	A	a	1687	AB	b	1501	ABC	b	
OR-100	2309	A	a	1465	AB	b	1421	ABCD	b	
OR-200	2619	A	a	1633	AB	ab	1532	AB	b	
OR-300	2890	A	a	1493	AB	b	1668	AB	b	
OR-400	2582	A	a	1701	A	b	1814	A	b	
Testemunha	3048	A	a	1208	BC	b	976	CD	b	
Tuotomantos	Со									
Tratamentos	ATT (41 DAT)			PTT (55 DAT)			PAC (67 DAT)			
CO-0	0,178	A	a	0,134	В	b	0,091	BC	c	
CO-100	0,211	A	a	0,171	AB	ab	0,143	AB	c	
CO-200	0,225	A	ns	0,213	A	ns	0,219	A	ns	
OR-0	0,115	В	ns	0,045	DE	ns	0,087	CD	ns	
OR-100	0,072	В	a	0,057	CD	ab	0,034	D	c	
OR-200	0,065	В	a	0,038	DE	b	0,029	D	b	
OR-300	0,089	В	ns	0,038	DE	ns	0,032	D	ns	
OR-400	0,051	В	a	0,031	E	b	0,042	D	ab	
Testemunha	0,210	A	a	0,067	C	b	0,034	D	b	
								-	(con	

(continua)

					Cs					
Tratamentos	ATT (4	ATT (41 DAT)			5 DAT)	)	PAC (67 DAT)			
CO-0	0,0316	A	a	0,0140	В	b	0,0098	BC	С	
CO-100	0,0495	A	a	0,0206	AB	b	0,0186	AB	b	
CO-200	0,0571	A	a	0,0297	A	b	0,0258	A	b	
OR-0	0,0130	BC	a	0,0071	C	b	0,0073	CD	В	
OR-100	0,0095	CD	ns	0,0053	CD	ns	0,0064	CDE	Ns	
OR-200	0,0081	D	a	0,0055	C	b	0,0050	DE	В	
OR-300	0,0057	E	ns	0,0043	CD	ns	0,0049	DE	Ns	
OR-400	0,0056	E	ns	0,0036	D	ns	0,0036	E	Ns	
Testemunha	0,0190	В	a	0,0064	C	b	0,0040	DE	b	
Tratamentos	Fe									
Tratamentos	ATT (41 DAT)			PTT (5	PTT (55 DAT)			PAC (67 DAT)		
CO-0	16,19	A	a	13,06	A	b	12,97	A	b	
CO-100	17,99	A	a	14,46	A	b	13,00	A	b	
CO-200	17,18	A	a	12,84	A	b	13,93	A	b	
OR-0	24,11	A	a	12,83	A	b	13,50	A	b	
OR-100	20,93	A	a	15,22	A	b	14,66	A	b	
OR-200	19,57	A	a	14,14	A	b	15,84	A	b	
OR-300	30,79	A	a	12,18	A	b	13,77	A	b	
OR-400	19,14	A	a	12,34	A	b	18,35	A	b	
Testemunha	21,38	A	a	12,66	A	b	10,26	A	b	
Tratamentos	K									
Tratamentos	ATT (41 DAT)			PTT (5	PTT (55 DAT)			PAC (67 DAT)		
CO-0	4276	В	a	3205	AB	b	3207	A	b	
CO-100	4258	В	a	3197	AB	b	3119	AB	b	
CO-200	3701	D	ns	3370	A	ns	3428	A	ns	
OR-0	3780	CD	a	2227	D	b	2711	BC	c	
OR-100	4786	A	a	2551	CD	c	2825	AB	b	
OR-200	4209	В	a	2910	BC	b	2964	AB	b	
OR-300	4230	В	a	2999	В	b	3068	AB	b	
OR-400	4455	AB	a	3206	AB	b	3101	A	b	
Testemunha	4174	BC	a	1907	D	b	1500	C	b	
Tratamentos					N					
	ATT (4	1 DAT	)	PTT (5	PTT (55 DAT)			PAC (67 DAT)		
CO-0	5021	В	b	6617	BAC	a	6195	В	a	
CO-100	5462	В	b	6772	BA	a	6784	В	a	
CO-200	6624	A	ns	6676	BAC	ns	7087	BA	ns	
OR-0	1441	F	b	7137	A	a	7309	BA	a	
OR-100	2289	E	b	6154	BAC	a	6332	В	a	
OR-200	3475	DC	c	5159	C	b	5955	В	a	
OR-300	3976	C	b	5820	BAC	a	6729	В	a	
OR-400	3827	C	b	5251	BC	a	5931	В	a	
Testemunha	2741	DE	ns	6526	BAC	ns	8398	A	ns	

(continua)

					Na						
Tratamentos	ATT (41 DAT)				PTT (55 DAT)			PAC (67 DAT)			
CO-0	55,24	ВС	a	26,03	С	b	31,92	D	b		
CO-100	51,17	C	a	27,37	BC	b	54,25	BC	a		
CO-200	68,26	AB	a	37,14	ABC	b	87,96	A	a		
OR-0	53,95	BC	a	35,00	ABC	b	31,03	D	b		
OR-100	56,79	BC	a	38,05	AB	b	40,14	D	b		
OR-200	61,03	BC	ns	42,75	A	ns	43,12	CD	ns		
OR-300	78,42	A	a	41,43	A	b	52,06	BC	b		
OR-400	76,57	A	a	42,39	A	b	64,07	AB	a		
Testemunha	104,33	A	a	43,05	A	b	39,04	D	b		
Tuetementee	Rb										
Tratamentos	ATT (41 DAT)			PTT (55 DAT)			PAC (67 DAT)				
CO-0	3,671	D	a	2,279	D	b	2,039	В	С		
CO-100	4,177	BC	a	2,533	BCD	b	1,954	В	c		
CO-200	3,760	CD	a	2,201	D	b	2,003	В	b		
OR-0	3,086	E	a	2,198	D	ab	3,053	A	b		
OR-100	4,836	AB	a	2,334	D	c	2,722	A	b		
OR-200	4,427	BCD	a	2,858	ABC	b	2,898	A	b		
OR-300	4,231	CD	a	3,061	AB	b	2,903	A	b		
OR-400	4,473	ABC	a	3,197	A	b	2,919	A	b		
Testemunha	5,724	A	a	2,429	CD	b	1,740	В	b		
Tratamentos	Sc										
Tratamentos	ATT (41 DAT)			PTT (55 DAT)			PAC (67 DAT)				
CO-0	0,00099	CD	ns	0,00114	A	ns	0,00126	A	ns		
CO-100	0,00092	D	ab	0,00080	A	b	0,00124	A	a		
CO-200	0,00113	BCD	ns	0,00114	A	ns	0,00131	A	ns		
OR-0	0,00317	A	a	0,00099	A	b	0,00106	A	b		
OR-100	0,00171	AB	a	0,00098	A	b	0,00139	A	ab		
OR-200	0,00134	ABC	ns	0,00162	A	ns	0,00124	A	ns		
OR-300	0,00121	BCD	ns	0,00109	A	ns	0,00124	A	ns		
OR-400	0,00128	BCD	ns	0,00097	A	ns	0,00141	A	ns		
Testemunha	0,00212	A	ns	0,00152	A	ns	0,00108	A	ns		
Tratamentos	Zn										
	ATT (4	1 DAT	)	PTT (5	5 DAT)	l	PAC (6	57 DAT)	1		
CO-0	4,723	A	a	2,867	AB	b	2,182	AB	c		
CO-100	4,948	A	a	3,036	A	ab	2,545	AB	b		
CO-200	5,028	A	a	2,840	ABC	ab	2,771	A	b		
OR-0	2,857	В	ns	2,975	ABC	ns	2,272	AB	ns		
OR-100	5,367	A	a	2,648	ABC	b	2,470	AB	b		
OR-200	5,462	A	a	2,823	ABC	b	2,324	AB	c		
OR-300	4,597	A	a	2,583	ABC	b	1,972	В	c		
OR-400	4,973	A	a	2,405	BC	b	2,020	В	c		
Testemunha	2,944	В	ns	2,096	C	ns	1,882	AB	ns		