



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



DESENVOLVIMENTO DE LARANJEIRA 'PÊRA' *Citrus Sinensis* (L.) Osbeck ENXERTADA EM LIMOEIRO 'CRAVO' (*Citrus Limonia*) E CULTIVADA COM PÓ DE BASALTO.

BENEDITO APARECIDO LOURENÇO JUNIOR

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de concentração em Fisiologia do Desenvolvimento Vegetal.

Botucatu – SP

2011



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"Júlio de Mesquita Filho"

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

**DESENVOLVIMENTO DE LARANJEIRA 'PÊRA' *Citrus*
Sinensis (L.) Osbeck ENXERTADA EM LIMOEIRO 'CRAVO'
(*Citrus Limonia*) E CULTIVADA COM PÓ DE BASALTO.**

BENEDITO APARECIDO LOURENÇO JUNIOR

**PROF^a DR^a CARMEN SÍLVIA FERNANDES BOARO
ORIENTADORA**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de concentração em Fisiologia do Desenvolvimento Vegetal.

Botucatu – SP

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. E TRAT. DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: **ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE**

Lourenço Junior, Benedito Aparecido.

Desenvolvimento de laranjeira 'Pêra' *Citrus Sinensis* (L.) Osbeck enxertada em limoeiro 'Cravo' (*Citrus Limonia*) e cultivada com pó de basalto / Benedito Aparecido Lourenço Junior. – Botucatu , 2011

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Carmen Sílvia Fernandes Boaro

Capes: 20303009

1. Frutas cítricas – Cultivo. 2. Enxertia.

Palavras-chave: Citrus; Desenvolvimento; Nutrição mineral; Rochagem.

**“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é
senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria
menor se lhe faltasse uma gota”.**

Madre Teresa de Calcutá

Dedico,

**Ao meu querido sobrinho Theodoro, pela
ternura que compartilhou enquanto esteve
presente nesta caminhada.**

Papai, Mamãe, Victória e Neto, amor eterno.

AGRADECIMENTOS

Ao Detentor da inteligência suprema, causa primeira de todas as coisas.

À minha orientadora, Profa. Dra. Carmen Sílvia Fernandes Boaro, pelos ensinamentos e dedicação compartilhada neste trabalho.

Aos professores José Figueiredo Pedras, Tatiane Rodrigues e Gisela Ferreira, pelos ensinamentos e apoio durante o desenvolvimento do trabalho e amizade em todos outros momentos.

À empresa Companhia Agrícola Botucatu, em especial a Profa. Dra. Susette de Barros Cardoso.

À empresa Louis Dreyfus Commodities e por toda equipe da Fazenda Morrinhos, os quais apoiaram a conclusão do presente trabalho.

À Universidade Estadual Paulista e ao corpo docente do Departamento de Botânica, pelas oportunidades oferecidas neste curso.

Ao amigo Carlos Cristan, disseminador de uma agricultura mais racional e humana.

Aos colegas Valdir Zucarelli, Juliana De Fazio, Maria Helena Godoy e José Eduardo – “Zé Du”, pela amizade, apoio ao trabalho e pela distinta sinceridade que possuem.

Ao Alex Ribeiro pela convivência, amizade e apoio em todos os momentos.

Aos amigos da Casa Fé, Esperança e Caridade, pelas boas energias que compartilhamos em nossa caminhada.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUÇÃO	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5 CONCLUSÃO	74
6 REFERÊNCIAS	75

LOURENÇO JUNIOR, B. A. **DESENVOLVIMENTO DE LARANJEIRA ‘PÊRA’ *Citrus Sinensis* (L.) Osbeck ENXERTADA EM LIMOEIRO ‘CRAVO’ (*Citrus limonia*) E CULTIVADA COM PÓ DE BASALTO.** 2011. 80p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

RESUMO - A nutrição mineral constitui um dos aspectos mais críticos na produção de mudas. Os nutrientes quando fornecidos aos vegetais em dosagens adequadas e equilibradas entre si, possibilitam incrementos de produtividade. Apesar da utilização atual de pó de basalto como fonte alternativa de nutrição, ainda são poucos os estudos com base científica, que avaliem e comparem seus efeitos no desenvolvimento vegetal. O presente estudo objetivou avaliar a translocação orgânica, produtividade e a anatomia foliar da laranjeira Pêra’ *Citrus sinensis* (L.) Osbeck enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ *Citrus limonia* e cultivadas com variação da fertilização e pó de basalto. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com seis repetições, em esquema fatorial 6 x 5, ou seja, 6 tratamentos constituídos por diferentes níveis de basalto em adição à fertilização, e cinco épocas de colheitas, realizadas aos 60, 90, 120, 150 e 180 após a enxertia, onde foi mensurado nº de folhas, diâmetro do caule, altura, massa de matéria seca de folha, caule, raiz e total, além do cálculo dos índices fisiológicos razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL) e razão de massa foliar (RMF). Aos 180 dias após a enxertia e 170 dias de plantio em campo, foram realizadas análises de teores foliares de minerais. Foram mensuradas as trocas gasosas com o auxílio de um sistema aberto portátil de fotossíntese (LI-6400, LICOR, Lincoln, NE, USA) nas plantas aos 170 dias após o plantio e avaliação anatômica do limbo e nervura foliar principal. De maneira geral, as plantas cultivadas com 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e 2/3 da fertilização apresentaram desenvolvimento semelhante, ou maior em relação às cultivadas sem pó de basalto. As alterações anatômicas podem resultar em maior resistência no campo.

Palavras-chave: citrus, desenvolvimento, rochagem, nutrição mineral.

LOURENÇO JUNIOR, B. A. **DEVELOPMENT OF SWEET ORANGE ‘PÊRA’ *Citrus Sinensis* (L.) Osbeck GRAFTED ON RANGPUR LIME (*Citrus Limonia*) CULTIVATED WITH BASALT POWDER.** 2011. 80p. Dissertation (Master’s Degree) – Institute of Biosciences, UNESP –São Paulo State University, Botucatu Campus, São Paulo State, Brazil.

ABSTRACT -The mineral nutrition is one of the most critical in the production of seedlings. Nutrients to plants when supplied in adequate dosages and balance one another, allow increased productivity. Despite the current use of basalt powder as an alternative source of nutrition, there are few scientific studies that evaluate and compare their effects on plant development. This study aimed to evaluate the translocation organic productivity and leaf anatomy of the Sweet Orange ‘Pêra’ *Citrus sinensis* (L.) Osbeck grafted on Rangpur Lime *Citrus limonia* cultivated with basalt powder. The experimental design was completely randomized design with six replications in a factorial 5 x 6, or 6 treatments consisting of different levels of basalt in addition to fertilization, and five harvests, performed at 60, 90, 120, 150 e 180 after grafting, when leaf number, stem diameter, height, and leaf, stem, root and total dry matter for growth analysis were measured. At 180 days after grafting and 170 days of planting, were analyzed mineral content in leaves. Gas exchange was evaluated through a closed portable photosynthesis system (LI-6400, LI-COR, Lincoln, NE, USA) on plants 170 days after planting and anatomical assessment of the limbus and the main leaf vein. In general, the plants cultivated with 36 kg of basalt powder m⁻³ and 2/3 of the fertilization showed development similar or higher in those grown without basalt powder. Anatomical changes can result in greater resistance in the field.

Keywords: citrus, development, basalt powder, mineral nutrition.

1 INTRODUÇÃO

As plantas cítricas ocupam o primeiro lugar na produção mundial de frutos, sendo as laranjas responsáveis por 65% do volume de produção (FAO, 2009).

A citricultura brasileira é atualmente uma das culturas mais tecnificadas no cenário do agronegócio nacional (GRAVENA, 2002).

Schäfer et al. (2000) afirmam que a citricultura, apesar de inúmeras dificuldades, vem apresentando incremento considerável na área plantada e suas perspectivas futuras são promissoras para o mercado de consumo interno e externo. O País possui condições edafoclimáticas favoráveis à citricultura, embora a maior produção verificada nos últimos anos tenha sido consequência de aumento da área plantada.

O Estado de São Paulo domina tanto a produção de laranja quanto a de lima ácida Tahiti e de tangerinas. A instalação de um parque industrial voltado ao mercado externo de suco e a proximidade das metrópoles nacionais de maior poder aquisitivo tornaram São Paulo o maior pólo mundial citrícola (BOTEON & NEVES, 2005).

Frente a índices econômicos promissores para o cenário citrícola, além da renovação necessária dos pomares o aumento constante na produção de mudas é importante.

A muda cítrica é o insumo mais importante na formação de um pomar. O caráter perene da cultura de citros coloca fundamental importância na escolha da muda, que é plantada e mantida por 6 a 8 anos antes de revelar seu máximo potencial de produtividade e qualidade do fruto (SCHÄFER et al., 2000).

A enxertia é o método mais utilizado para propagação comercial dos citros (CARVALHO et al., 2005) e é de fundamental importância o conhecimento do enxerto, também chamado de copa, e do porta-enxerto, que combinados devem resultar em plantas com elevada produtividade e resistentes às condições de campo (DORNELLES et al., 2001).

Atualmente o limoeiro 'Cravo' é o principal porta-enxerto da citricultura brasileira, devido principalmente à sua capacidade de tolerância ao déficit hídrico (POMPEU JUNIOR, 2005).

A laranja 'Pêra' é, certamente, a variedade copa mais importante da citricultura nacional. Detentora de vantagens e qualidades múltiplas, a variedade ganhou a preferência dos produtores e consumidores, tornando-se a mais cultivada no País (AMARO, 1999), atendendo à demanda da indústria, exportação e consumo interno (SALIBE et al., 2002).

A tecnologia de produção de mudas de citros em ambiente protegido está vinculada à utilização adequada da nutrição mineral para suprir as suas necessidades e para que sejam produzidas mudas de qualidade (MATTOS JUNIOR et al., 2001).

A nutrição mineral constitui, portanto, um dos aspectos mais críticos, uma vez que, o pequeno volume de substrato que o vaso comporta possibilita baixa capacidade de armazenamento dos nutrientes. Tais nutrientes, quando fornecidos aos vegetais em dosagens adequadas e equilibradas entre si, possibilitam incrementos de produtividade. Apesar disso, a nutrição mineral aplicada à produção de mudas sem critérios, pode gerar custo desnecessário. Além disso, segundo Davide et al. (2002), a adubação química impõe risco potencial ao ambiente dado ao impacto dos fertilizantes solúveis, preocupante quando a adubação é realizada sem critérios. Tais condições já são suficientes para estimular pesquisas inclusive com fontes alternativas à adubação mineral.

Dessa forma, para minimizar os impactos dos fertilizantes solúveis no ambiente e também considerando a limitação de recursos do pequeno produtor, o emprego de rochas naturais moídas tem-se apresentado como alternativa na agricultura, sendo as mais comuns, as calcárias, usadas principalmente como corretivo da acidez e as fosfatadas, como apatitas, aplicadas ao solo na forma natural, como fosfatos naturais (NICHELE, 2006).

Leonardos et al.(1976) referem que as rochas apresentam minerais que podem servir de fonte de liberação lenta de nutrientes para as plantas em formas pouco solúveis, não sendo assim tão facilmente lixiviados. Esse processo de liberação lenta pode contribuir com quantidades expressivas de nutrientes às plantas, dependendo dos tipos de minerais nelas contidos, da sua quantidade e reatividade, o que pode atender ao fornecimento de nutrientes ao solo, sanando carências comuns a eles. No entanto, as dosagens de rochas moídas recomendadas podem ser maiores do que as dosagens de nutrientes utilizadas na adubação convencional devido à sua baixa solubilidade. Tal condição dispensa a necessidade de se adubar frequentemente o solo, o que pode se tornar uma vantagem para o produtor, pela redução de custos, e para o ambiente, devido à diminuição do impacto, pela redução de nutrientes que podem ser excessivos e desnecessários às plantas.

Dentro desse enfoque, na tentativa de selecionar um fertilizante que contenha macro e micronutrientes, de baixo custo, muitos materiais têm sido testados. Entre eles, uma alternativa é a pedra basalto que são rochas originárias de processos geológicos e constituem um recurso natural (LUCHESE et al., 2002). O basalto, além de preencher os requisitos citados, ainda contribui para o aumento do pH do substrato. Em estado natural, muitos anos são necessários para fragmentação das pedras e o intemperismo conduz a solubilização,

disponibilizando os minerais para as plantas. No entanto, com o processamento mecânico da rocha basáltica, a moagem da rocha matriz resulta em um pó de granulometria muito fina, em um processo rápido, ao contrário daquele verificado em condições naturais com a necessidade de muito tempo para a sua degradação.

Portanto, o emprego do pó de basalto na produção de mudas cítricas talvez contribua com a diminuição da necessidade de adubações semanais, atualmente realizadas nos viveiros, uma vez que apresentando nutrientes com baixa solubilidade, os mesmos poderão ser fornecidos de modo gradativo à planta.

Na composição química dos minerais das rochas ígneas vulcânicas, ocorre maior frequência de óxidos, sendo o de maior importância o óxido de silício (SiO_2), cuja porcentagem em massa pode variar de 35 a 75%.

Algumas espécies vegetais absorvem silício em grandes quantidades durante seu ciclo (MAUAD et al.,2003), por ser um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, resultando em sua participação na estrutura dessas plantas que terão maior resistência física e outros benefícios como aumentos na produtividade da espécie e na sua resistência a deficiência hídrica. O ácido silícico é a forma de silício solúvel presente na solução do solo e absorvida pela planta. Sua concentração nos tecidos vegetais pode variar de 0,1 a 10% (EPSTEIN 1994).

Embora venha sendo identificado aumento de utilização dos pós de rocha por dezenas de entidades ligadas à agricultura natural e orgânica no País, ainda são escassos os estudos com base científica, que avaliem e comparem seus efeitos no desenvolvimento vegetal.

Com base no acima exposto, este estudo objetivou avaliar o desenvolvimento de mudas de laranjeira 'Pêra' enxertadas em limoeiro Cravo e cultivadas em substrato com variação dos níveis de pó de rocha basáltica em complementação à fertilização, em condições de viveiro e campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As plantas cítricas como as do gênero *Citrus*, e de outros gêneros da subfamília Aurantioideae, família Rutaceae, são nativas do sudeste do continente asiático, com ramos filogenéticos que se estendem do Centro da China ao Japão, e do leste da Índia à Nova Guiné, Austrália e África Tropical (SWINGLE & REECE, 1967; SCORA, 1975; SOOST & CAMERON, 1975).

Este gênero é representado por plantas de porte médio (arbóreo/arbustivo), flores brancas, com aroma e frutos tipo baga, contendo vesículas preenchidas por um suco de grande interesse comercial. Estima-se que sua origem ocorreu entre 20 e 30 milhões de anos atrás e parte da complexidade filogenética e taxonômica observada em *Citrus* deve-se a particularidades de sua biologia reprodutiva e a sua ampla história de cultivo (ARAÚJO & ROQUE, 2005).

Segundo Swingle & Reece (1967), variações morfológicas em folhas, flores e principalmente em frutos, podem ser observadas entre espécies de *Citrus*. O fruto maduro pode ser oblato, ovóide e mesmo piriforme com variações no tamanho. A coloração da casca pode variar do amarelo ao verde, como nas limas, até o vermelho-alaranjado, comum nas tangerinas. A hibridação, no entanto, parece ser a maior causa da variabilidade nas espécies de *Citrus* (HERRERO et al., 1996).

Atualmente, as plantas cítricas são cultivadas em ampla faixa no mundo, compreendida entre os paralelos 44° N e 41° S (AUGUSTÍ, 2000), embora as principais áreas produtoras concentrem-se em regiões subtropicais.

Os cítricos utilizados em plantios comerciais como variedades copas estão, basicamente, distribuídos em seis grupos. O grupo de laranjas doces apresenta maior expressividade, seguido por tangerinas, limões, limas ácidas, pomelos e outros cítricos de menor importância. As laranjas doces, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, predominam na maioria dos países citrícolas, com aproximadamente dois terços dos plantios, e no Brasil, particularmente no Estado de São Paulo, de maneira geral, essas plantas encontram boas condições edafoclimáticas para cultivo comercial (PIO et al., 2005).

O potencial citrícola ficou paralisado por cerca de 400 anos, no Brasil. Somente no século XX, iniciou-se o plantio de citros em larga escala, estimulado pela crise do café no final da década de 20. A maioria dos estados brasileiros cultiva frutas cítricas. No entanto, São Paulo domina a produção de laranja em relação a lima ácida Tahiti e tangerinas (BOTEON & NEVES, 2005).

A enxertia é o método mais utilizado para propagação comercial dos citros. O porta-enxerto é obtido por semente e a ocorrência de poliembrionia possibilita a obtenção de plântulas de origem nucelar. A variedade-copa é propagada assexuadamente utilizando-se o método de enxertia por gema axilar (borbulha), permitindo assim a combinação de interesse do porta-enxerto e da variedade-copa (CARVALHO et al., 2005). Os autores referem ainda que a muda é considerada a base da citricultura e as suas qualidades genéticas e sanitárias são importantes para o início de um empreendimento de sucesso.

De acordo com Pompeu Junior (2005) e válido para o presente estudo, um produto vegetal é, em essência o manejo adequado da fotossíntese e envolve o conhecimento do sistema radicular, particularmente quando um porta-enxerto é reunido a uma copa, para formar uma nova planta.

Os porta-enxertos são capazes de influenciar várias características hortícolas e fitopatológicas nas árvores e nos frutos cítricos refletindo no tipo de produção a que se destina o pomar de citrus, sendo seu uso considerado essencial (CASTLE et al., 1992).

Tanto a qualidade dos frutos quanto a produtividade do pomar são influenciadas pelas condições de clima, adubação, solo, espaçamento e manejo, entre outros fatores. Entretanto, sob as mesmas condições, alguns porta-enxertos se destacam. Como a citricultura brasileira é essencialmente voltada à demanda internacional de suco e vêm se deparando com mercados mais exigentes, a escolha de um porta-enxerto adequado pode propiciar frutos de melhor qualidade, que atendam às exigências, como os teores de sólidos solúveis totais (DI GIORGI, et al., 1993; CARLOS et al., 1997).

O porta-enxerto induz alterações à variedade copa interferindo com seu crescimento, tamanho, precocidade de produção, produtividade e com a época de maturação, massa e coloração da casca dos frutos, com seus teores de açúcares e de ácidos, além de sua permanência na planta e conservação dos mesmos após a colheita. O porta-enxerto interfere com a transpiração e composição química das folhas da copa enxertada, conferindo fertilidade do pólen nas flores. O sistema radicular do porta-enxerto é responsável pela capacidade de absorção, utilização de nutrientes, tolerância a salinidade, resistência à seca e ao frio, resistência e tolerância a moléstias e pragas e resposta a produtos de abscisão (POMPEU JÚNIOR, 1991). Interfere ainda com o desenvolvimento do fruto, devido em especial, à capacidade de fornecer água e nutrientes para a planta (ALBRIGO, 1992; CASTLE, 1995).

Porta-enxertos mais vigorosos, como o limoeiro Cravo, são melhores extratores de umidade do solo, mantendo a planta sob menor estresse hídrico. Carlos et al. (1997) referem que o processo de enxertia, geralmente, une dois materiais vegetais geneticamente distintos

que passam a compartilhar uma série de fatores essenciais à sobrevivência de ambos. Esse processo é considerado mutuamente benéfico e as necessidades da copa e do porta-enxerto são comuns. O ganho esperado no desempenho da copa, é portanto, função da eficiência do porta-enxerto utilizado e da afinidade dos tecidos de ambos. Esta compatibilidade é fundamental para o sucesso de um pomar comercial ao longo do tempo. Associa-se a compatibilidade entre copas e porta-enxertos à uniformidade nos diâmetros dos caules próximos à linha de enxertia.

Os citros em condições de déficit hídrico diminuem o potencial água foliar. Esta condição pode levar a incremento na síntese de etileno e queda de folhas, havendo, portanto, redução na superfície de perda de água, com aumento subsequente do potencial hídrico das folhas remanescentes (CASTRO, 1994).

No entanto, após períodos de estiagens, no planalto paulista verificou-se que os limoeiros ‘Cravo’ e ‘Volkameriano’ apresentaram desempenho satisfatório. Embora o limoeiro ‘Cravo’ seja intolerante ao “Declínio dos citros”, doença ainda de causas desconhecidas (POMPEU JUNIOR, 2005), quase todo crescimento da citricultura paulista apoiou-se nele. O bom desempenho do limoeiro ‘Cravo’, sob condições de déficit hídrico, aliada às características de rusticidade, qualidade média dos frutos, sem seu comprometimento, principalmente para a indústria, e a tolerância às principais enfermidades credenciaram-no a ser o principal porta-enxerto da citricultura brasileira (CARLOS et al., 1997).

A laranja ‘Pêra’ é, certamente, a variedade copa mais importante da citricultura nacional. Detentora de vantagens e qualidades múltiplas, a variedade ganhou a preferência dos produtores e consumidores (AMARO, 1999), tornando-se a mais cultivada no País (BOTEON & NEVES, 2005), atendendo à demanda da indústria, exportação e consumo interno (SALIBE et al., 2002).

A laranja ‘Pêra’ é muito similar ou quase idêntica à laranja ‘Berna’ ou ‘Verna Peret’ da Espanha e à ‘Lamb Summer’ da Flórida. Em decorrência da histórica colonização ibérica do Brasil, é lícito admitir que a “variedade brasileira por excelência” teve suas raízes genéticas em Portugal ou Espanha, possivelmente originada por seleção da ‘Verna Peret’. É interessante registrar que a laranja ‘Pêra’ é cultivada em escala comercial somente no Brasil, apresentando o Uruguai pequenos pomares, certamente por efeito da vizinhança com o Brasil (SALIBE et al., 2002).

De acordo com a descrição botânica clássica de Moreira & Rodrigues Filho (1965), a laranja Pêra é uma árvore de porte médio, galhos mais ou menos eretos, folhas acuminadas,

planta bem produtiva e de frutos com maturação tardia. Os frutos conservam-se na planta alguns meses depois de maduros e são pequenos, de cor alaranjada, ovalados, casca quase lisa, bolsas de suco em nível, polpa de cor laranja viva, suco abundante e ligeiramente ácido, em São Paulo ou doce, no Rio de Janeiro, apresentando de três a quatro sementes.

As características para essa variedade incluem a produção atingindo, em média, 250 kg de frutos por planta, suco abundante, constituindo 52% de sua massa, Brix médio de 11,8%, acidez igual a 0,95% e teor de sólidos solúveis de 12,5. A principal época de colheita, entre julho e meados de novembro, caracteriza fruto de maturação tardia. A variedade também apresenta floradas extemporâneas, com frutificações no decorrer do ano. Nos laranjais paulistas, considera-se que a laranja 'Pêra' apresenta uma primeira florada na primavera (agosto/setembro), produzindo frutos cuja maturação exige período de ontogênese de dez meses, no norte do estado e de 12 a 13 meses, no sul. A segunda floração denominada 'Pêra Temporã' ou 'Temporona', de menor intensidade, é frequente em março/abril, com colheita em dezembro, janeiro e fevereiro (FIGUEIREDO, 2001).

Salibe et al.(2002), referem que entre as características foliares da laranjeira 'Pêra', duas em particular foram apontadas, uma referente ao formato lanceolado das folhas, sem paralelo entre as demais variedades e outra, sobre a ocorrência concomitante nas brotações vigorosas, de três tipos de folhas quanto ao pecíolo, ou seja, folhas com pecíolo alado, folhas com pecíolo alado de um lado e não alado do outro e folhas sem pecíolos alados. Na região estilar do fruto, a laranja 'Pêra' apresenta círculo ou depressão circular, característico da variedade.

A laranjeira 'Pêra' enxertada em diferentes porta-enxertos foi destacada pela primeira vez por Sylvio Moreira (1938), referindo sua compatibilidade quando enxertada sobre 'lima da Pérsia' e engrossamento no ponto do enxerto, quando o porta-enxerto é a laranja 'Azeda'. A laranja 'Pêra' é considerada incompatível com os porta-enxertos de limões 'Rugoso da Flórida', 'Rugoso Mazoe' e 'Volkameriano', com o Trifoliata e, provavelmente, com todos os seus híbridos (SALIBE et al., 2002).

A produção de mudas cítricas em ambiente protegido, utilizando-se substratos, iniciou-se na Flórida, Estados Unidos, no final dos anos setenta (CASTLE & FERGUSON, 1982). No Brasil, a produção de mudas cítricas apresenta demanda crescente, pois a renovação dos pomares é constante e no Estado de São Paulo a legislação atual exige proteção do viveiro com tela antiafídica (FUNDECITRUS, 2002).

A produção de mudas cítricas em ambiente protegido é realizada com a utilização de substratos livres de solo, o que possibilita a obtenção de mudas de elevada qualidade, com sistema radicular mais volumoso, que acelera o pegamento e a retomada do crescimento no pomar (TEÓFILO SOBRINHO, 1991). No Estado de São Paulo, os sistemas de produção de mudas de citros envasadas, possibilitam sua formação em 10 a 15 meses após a semeadura (CARVALHO et al., 2005).

Para a produção dessas mudas cítricas, é de fundamental importância o conhecimento do enxerto, também chamado de copa, e do porta-enxerto, que combinados devem resultar em plantas com elevada produtividade e resistentes às condições de campo (DORNELLES et al., 2001).

No manejo de um viveiro, além da copa e do porta-enxerto, a seleção do substrato também é de fundamental importância no crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que se trabalha com recipientes de volumes restritos, o que diminui a drenagem (KAMPF, 2000).

Os substratos para sementeiras de citros podem ser convencionais ou produtos comerciais, como compostos de casca de pinus, vermiculita, materiais orgânicos e diversas outras composições que podem ser utilizadas desde que sejam substratos leves, porosos e com boa drenagem, isentos de patógenos de solo e não sujeitos à fermentação (CARVALHO, 2001).

O substrato, ou seja, a matéria-prima ou mistura de matérias-primas, exercerá a função do solo quando usado para o enraizamento de estacas e cultivo de plantas (GONÇALVES et al., 2000), servindo de suporte e regulando o fornecimento de nutrientes para elas (BATAGLIA & FURLANI, 2004).

Segundo Sturion & Antunes (2000), o substrato, além de propiciar boas condições para o desenvolvimento das mudas, deve apresentar estrutura que não dificulte a sua retirada e destorroamento por ocasião de seu plantio. Kampf (2000) também refere a importância do substrato apresentar elevada estabilidade de estrutura, evitando sua compactação. Além disso, deve possuir elevado teor de fibras resistentes à decomposição, evitando a compostagem na sacola plástica que o contém.

Quanto às características químicas dos substratos, destacam-se o pH, a capacidade de troca de cátions e a relação carbono/nitrogênio, que interferem com sua fertilidade. Por outro lado, a capacidade de troca de cátions (CTC), ou seja, a propriedade das partículas sólidas do substrato adsorverem e trocarem cátions deve ser elevada (KAMPF, 2000). Esta propriedade é afetada pelo tamanho das partículas do substrato, que quanto menor, maior a superfície de

contato, e, portanto, mais pontos de troca. Assim, matéria orgânica humificada apresenta elevada CTC, enquanto materiais fibrosos, menores, por apresentarem menores áreas superficiais.

Já os fatores de ordem física referem-se às características do próprio material, como, a densidade e a porosidade, que interferem na aeração, capacidade de retenção de umidade e agregação do substrato (WENDLING & GATTO, 2002).

O pH pode produzir condições bióticas desfavoráveis à fixação do nitrogênio e à atividade de micorrizas, além de aumentar a disposição à infecção por alguns patógenos (SANTOS et al.2000).

A demanda da planta por nutrientes está relacionada com o seu potencial genético, definido pela informação armazenada no DNA, o que leva à diferenças na capacidade ou na velocidade de absorção entre espécies e variedades (MALAVOLTA et al., 1997).

Cerca de 95% da matéria seca da fitomassa total das plantas é formada por compostos de carbono, hidrogênio e oxigênio fixados durante a fotossíntese. Com exceção dos elementos não minerais, carbono, hidrogênio e oxigênio, que as plantas obtêm do ar e da água, os demais nutrientes essenciais são preferencialmente absorvidos pelas raízes. As plantas retiram os nutrientes do solo/substrato, onde devem estar presentes em forma disponível, sendo absorvidos em quantidades e proporções adequadas (WENDLING & GATTO, 2002).

O uso de adubação em doses superiores às requeridas pelas plantas, aliado ao potencial natural de salinização da água de irrigação e de adubos com elevados índices salinos, pode levar à salinização do substrato. O acúmulo de sais poderá prejudicar o crescimento das mudas (WENDLING & GATTO, 2002). Bataglia & Furlani (2004) referem que a aplicação de fertilizantes em excesso pode prejudicar a planta e o ambiente, resultando em custo desnecessário.

Carneiro (1995) registra que aplicações concentradas de qualquer elemento pode conduzir a sintomas de toxidez nas plantas e mortalidade. O uso excessivo de fertilizantes minerais pode resultar em problemas, com sinais semelhantes aos provocados por doenças, deficiências nutricionais ou danos causados por herbicidas. Gomes et al. (2000) destacam que a utilização desses fertilizantes em doses elevadas conduz à consumo excessivo de nutrientes pelas plantas, às vezes considerado de luxo. Por outro lado, o aumento de disponibilidade dos elementos no sistema solo-água, conduz a desequilíbrios não desejáveis ao ambiente.

Dependendo da quantidade requerida ao crescimento da planta, cujos teores totais nas diferentes partes variam de gramas a frações de miligramas por quilograma de material seco, os nutrientes minerais são classificados, em macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e micronutrientes, ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) boro (B), cloro (Cl), molibdênio (Mo) e níquel (Ni), que são absorvidos na forma iônica ou molecular (MARSCHNER, 1995).

O conhecimento da mobilidade de um nutriente pode determinar a melhor maneira de aplicar os fertilizantes no solo/substrato. Assim, nutrientes que se movem rapidamente no solo/substrato podem ser aplicados em cobertura, em quantidades relativamente pequenas, já que seriam rapidamente lixiviados, enquanto os menos móveis precisam ser incorporados ao solo/substrato.

Entre os macronutrientes, o nitrogênio é considerado um nutriente de elevada mobilidade, o potássio de mobilidade intermediária, o cálcio, magnésio e enxofre, pouco móveis e o fósforo, imóvel (WENDLING & GATTO, 2002).

Na natureza, as fontes primárias de nutrientes incluem as rochas ígneas básicas e ultrabásicas, as rochas sedimentares, entre elas as carbonatadas, e algumas metamórficas (GOMES et al., 2000). A disponibilidade dos nutrientes para as plantas depende do pH, que na medida em que aumenta, diminui a disponibilidade de boro, cobre, ferro, manganês e zinco, aumentando a disponibilidade de cloro e molibdênio (ROCHA & MALAVOLTA, 1988).

Scheller (1998) ressalta que estudos com alternativas ao uso de fertilizantes químicos devem ser sempre aprimorados, em consequência da escassez cada vez maior de jazidas de alguns minerais, elevados custos para a obtenção de fertilizantes e em especial, devido aos adubos químicos contaminarem os recursos hídricos. Segundo tal idéia, Leonardos et al. (1976), referem o uso de rocha moída, principalmente o basalto, como possível fonte de macro e micronutrientes, o que pode inclusive levar ao rejuvenescimento de solos muito intemperizados.

Na utilização desses materiais como fertilizantes naturais, as rochas ou minerais são aplicados ao solo na forma de pó. Esta técnica, denominada rochagem (GAMA, 2003), pode ser feita com custo bem menor do que a fertilização convencional, utilizando-se fertilizantes minerais solúveis.

A utilização de rochas moídas como fonte de nutrientes às plantas é uma prática realizada há milhares de anos. Com o propósito de se imitar o funcionamento da natureza, utilizam-se os pós de rocha, que segundo Khatounain (2001), estão entre os mais antigos materiais utilizados para fertilizar terrenos.

Entre as rochas moídas mais comuns na agricultura, encontram-se as calcárias, que são empregadas, principalmente como corretivo da acidez do solo e as rochas fosfatadas (apatitas), que podem ser aplicadas de forma natural ou servir de matéria-prima para a produção de fosfatos acidulados. O uso de rochas moídas como fertilizante é defendido em sistemas de agricultura orgânica, natural e agroecológica. Sendo produto natural, com minerais de lenta dissolução pode contribuir com quantidades expressivas de nutrientes para as plantas, servindo como condicionadores de solo, melhorando suas propriedades físicas ou físico-químicas e, por fim, facilitando o desenvolvimento e a nutrição das plantas¹.

Segundo Amparo (2003) o uso do pó de rocha apresenta vantagem em relação aos fertilizantes solúveis, como economia de mão-de-obra, uma vez que, apresentando baixa solubilidade dispensa a frequente adubação. Ainda deve ser considerado que a matéria-prima é nacional e fácil de ser explorada, sendo encontrada em todas as regiões do País.

A técnica de fertilização com rochas é fundamental para a recuperação de solos degradados pelo uso intensivo, auxiliando os agricultores na construção de um novo arranjo produtivo e devolvendo ao solo os constituintes minerais já lixiviados, o que possibilita a obtenção de alimentos de melhor qualidade com menores custos (THEODORO & ROCHA, 2005).

Com a cristalização do magma, as primeiras rochas a surgirem são as ígneas, que se diferenciam pelo tipo de resfriamento que sofreram. Quando a cristalização ocorre em profundidade, o resfriamento é lento, formando-se rochas com grãos minerais relativamente grandes. Um exemplo desse resfriamento é o caso do granito, composto principalmente de quartzo, feldspato e mica.

Já quando o magma chega até a superfície e se derrama em forma de lavas, o seu resfriamento é rápido, formando rochas de grãos minerais muito pequenos e visíveis por meio de microscópio, como é o caso do basalto (GUIMARÃES, 2002).

Os basaltos são considerados rochas básicas, tidas como um importante material de origem de solos que contribui para sua fertilidade em função do predomínio de minerais facilmente intemperizáveis e ricos em cátions, destacando-se os feldspatos cálcio-sódicos e

¹C. A. Cristan. Fazenda Morrinhos, Botucatu (SP). 15/08/2008. Comunicação Pessoal.

piroxênios (RESENDE et al., 2002).

Na composição química dos minerais das rochas ígneas vulcânicas, ocorre maior frequência de óxidos, sendo o de maior importância o óxido de silício (SiO_2), cuja porcentagem em massa pode variar de 35 a 75%. Depois dele, o óxido de alumínio (Al_2O_3) varia entre 12 e 18%. Os óxidos de ferro, manganês, magnésio, sódio, potássio e cálcio também podem estar presentes (TURNER & VERHOOGEN, 1960). Os elementos químicos existentes nessas rochas que podem ser facilmente extraídos são Ca, Mg e K. Solos originados de rochas basálticas tendem a ser mais ricos em Fe, P, Ca, Cu e Zn, e, por outro lado, tendem a ser mais pobres em B e Mo (RESENDE et al., 2002).

Quanto à textura, que é o conjunto de propriedades geométricas das rochas que decorrem da morfologia e do arranjo de seus constituintes fundamentais, os basaltos são classificados como afanítica, ou seja, a maior porcentagem dos minerais é invisível a olho nu, ao contrário do granito, onde é possível visualizar feldspato, mica e quartzo (SANTOS, 1976).

Kihel (2002) refere que os solos mais ricos e férteis do mundo tiveram sua origem na rocha basáltica, como os solos das encostas do Monte Vesúvio, na Itália, onde a produção de uvas é farta. Para a agricultura, portanto, o basalto é uma rocha de grande importância, pois o produto de sua decomposição é uma argila de coloração avermelhada, constituinte do latossolo roxo (OLIVEIRA, 1999). Uma das grandes vantagens é que o pó de basalto é encontrado em todas as pedreiras que fazem dessa rocha matéria-prima para outros fins. Assim, a utilização do pó da rocha é um recurso mais barato em comparação com outros produtos utilizados para fertilização.

A utilização do pó de basalto já pode ser considerada uma prática convencional entre muitos agricultores. Giessmann (2004) refere sua aplicação na horticultura como enriquecimento de compostos constituídos de resíduos orgânicos, mineralização de solos degradados e para controle de pragas e doenças, ressaltando sua utilização na agricultura para melhorar a estrutura do solo e como suprimento de micronutrientes quando aplicado na quantidade de 0,5 a 2 t ha⁻¹.

Outro aspecto importante a ser considerado e de acordo com Satdnik (2000), uma alternativa de fácil manejo e baixo custo é a da resistência induzida, que consiste no aumento do nível de resistência da planta por meio de utilização de agentes externos indutores, sem qualquer alteração no genoma da planta.

Nesse aspecto, rochas moídas também são fontes de silício, elemento geralmente não considerado entre os essenciais para o crescimento das plantas (KORNDÖRFER &

DATNOFF, 1995), mas tido como benéfico na agricultura atual. A planta nutrida com silício apresenta maior resistência ao ataque de pragas e doenças (BARRETO, 1998).

Algumas espécies vegetais absorvem silício em grandes quantidades durante seu ciclo (MAUAD et al.2003), por ser um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, resultando em sua participação na estrutura dessas plantas que terão maior resistência física e outros benefícios como aumentos na produtividade da espécie e na sua resistência a deficiência hídrica. O ácido silícico é a forma de silício solúvel presente na solução do solo e absorvida pela planta. Sua concentração nos tecidos vegetais pode variar de 0,1 a 10% (EPSTEIN 1994).

Confirmando todos os aspectos registrados acima, Savant et al. (1999) referem o silício como um dos elementos associados à indução da resistência em plantas e sua absorção pode trazer aumento dessa resistência, principalmente para culturas que o acumulam (MAUAD et al., 2003).

Blaich & Grundh Fer (1998) afirmam que a função estrutural do silício proporciona mudanças anatômicas nos tecidos, como células epidérmicas com a parede celular mais espessa devido à deposição de sílica nas mesmas, favorecendo melhor arquitetura das plantas e aumentando a capacidade fotossintética e resistência às doenças (BÉLANGER & MENZIES, 2003).

O silício absorvido pelas plantas é acumulado principalmente na epiderme de raízes e de folhas associado à pectina e a íons cálcio (WATERKEYN et al. 1982). Segundo Epstein (1999), o aumento na resistência a fatores bióticos e abióticos em plantas tratadas com silício se deve ao maior espessamento das paredes das células epidérmicas. Entretanto, além da deposição na parede celular, o acúmulo de silício pode se dar no lume celular e nos espaços intercelulares de raízes, folhas e órgãos reprodutivos (RICHMOND & SUSSMAN 2003). Estudos experimentais relacionam alterações anatômicas observadas em plantas tratadas com diferentes concentrações de silício à maior resistência contra herbívoros e patógenos e aumento da tolerância à seca (LUX et al. 2002; MEYER & KEEPING 2001; MATICHENKOV et al. 2001).

O mecanismo de resistência a doenças é conferido pela associação do silício com constituintes da parede celular, tornando-as menos acessíveis às enzimas de degradação (KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995). Tal mecanismo de resistência também é dado pelo resultado da ação deste elemento no tecido hospedeiro, proporcionando uma barreira física e maior acúmulo de compostos fenólicos e lignina no local da injúria (CHÉRIF et al., 1992).

Dentre os aspectos anatômicos observados em plantas tratadas com diferentes concentrações de silício, são relatados o aumento na espessura de paredes celulares, a maior lignificação de tecidos, o aumento na deposição de cera epicuticular, o aumento no comprimento celular e o surgimento de depósitos intracelulares de sílica (BRAGA et al. 2009; POZZA et al. 2004; HOSSAIN et al. 2002). Informações disponíveis na literatura referem influência do silício na anatomia de plantas de café (POZZA et al. 2004; BOTELHO et al. 2009), morango (BRAGA et al. 2009), arroz, aveia, trigo (HOSSAIN et al. 2002), dentre outras. Entretanto, apesar de sua importância econômica e medicinal, não foram encontrados trabalhos que relatem a influência do silício na anatomia foliar em espécies do gênero *Citrus*. A influência do silício no desenvolvimento de espécies de Rutaceae se refere às repostas fisiológicas de espécies de *Citrus* às alterações desse elemento no solo. Nesse sentido, Matichenkov et al. (2001) registraram que a nutrição com silício é responsável por aumento significativo na massa das raízes e na massa verde de plântulas de *Citrus paradisi*.

O silício interage com elementos que favorecem a nutrição mineral, aumentando a disponibilidade de fósforo no solo, devido à propriedade do silicato deslocar fósforo dos sítios de adsorção nas argilas e nos sesquióxidos, ocupando-os preferencialmente, ou devido à diminuição da atividade dos íons Al^{3+} em solução, evitando que estes precipitem o $H_2PO_4^-$, o que resulta em aumento na absorção de fósforo pelas plantas (MAUAD et al., 2003).

As trocas gasosas foliares são consideradas essenciais para a sobrevivência das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2009) e a atividade fotossintética constitui o processo básico responsável por aproximadamente 95% da matéria seca acumuladas pelas plantas (MARSCHNER, 1995). A entrada do CO_2 atmosférico nas células fotossintéticas do mesófilo ocorre através da abertura estomática e as variações na condutância estomática podem afetar tanto a assimilação de CO_2 , quanto a transpiração (FARQUHAR & SHARKEY, 1982). A condutância estomática pode ser afetada por diferentes fatores, tais como as variações da concentração do ácido abscísico (FARQUHAR & SHARKEY, 1982), da temperatura (GUTSCHICK, 1997) e da nutrição mineral (MARSCHNER 1995, EPSTEIN & BLOOM 2006).

Os assimilados de carbono fixados pela fotossíntese servem como matéria-prima para a síntese da massa seca da planta, que se traduz em crescimento e produtividade. Nessa etapa os nutrientes minerais, são necessários para transformar os assimilados de carbono em compostos funcionais ou estruturais, como enzimas, proteínas, ácidos nucleicos, transportadores energéticos, ácidos, éteres e outros compostos envolvidos na anatomia e funcionamento vegetal (WENDLING & GATTO, 2002).

Como o desenvolvimento de mudas depende da adequada conversão de substâncias inorgânicas, como água, CO₂ e minerais, em quantidades crescentes de proteínas e carboidratos (FELIPPE, 1986), a avaliação da quantidade de matéria orgânica produzida pelas mudas, bem como a maneira como ela está distribuída nos órgãos das plantas, torna-se de extrema importância na avaliação da sua qualidade (MAGALHÃES, 1985).

O desenvolvimento envolve todas as mudanças qualitativas (diferenciação) e quantitativas (crescimento) por que passa a planta (OLIVEIRA et al. 2002). O crescimento caracteriza-se, portanto, por aumento de tamanho e/ou massa e tem caráter quantitativo.

A avaliação do crescimento vegetal pode ser feita por análise de crescimento que é uma técnica acessível e bastante precisa e serve para inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (CAUSTON & VENUS, 1981).

As técnicas de análise de crescimento foram reunidas por Watson em 1952 e em 1967 Radforf apresentou as fórmulas, suas derivações e condições necessárias para sua utilização. Watson (1952) refere que a área foliar das plantas é dependente da nutrição e que existe correlação entre produtividade e área foliar.

Como o crescimento é avaliado com base em variações em tamanho de algum aspecto da planta, geralmente morfológico, em função da acumulação de material resultante da fotossíntese líquida, esta passa a ser o aspecto fisiológico de maior importância para a análise de crescimento da planta (BENINCASA, 2003).

De acordo com Benincasa (2003) a análise de crescimento é realizada por meio de índices fisiológicos, entre eles a razão de área foliar (RAF), que reflete a área foliar útil para fotossíntese, a área foliar específica (AFE), que expressa o inverso da espessura da folha, a taxa assimilatória líquida (TAL), que expressa a fotossíntese líquida, a taxa de crescimento absoluto (TCA), que indica a velocidade média de crescimento, a taxa de crescimento relativo (TCR), que reflete o crescimento com base em material pré-existente, a razão de massa foliar (RMF), que determina a fração de matéria seca não transportada da folha para o resto da planta, e a RMF que permite inferir a translocação orgânica, indicando, no entanto, para que órgão se dirigiu a matéria orgânica que deixou a folha. A autora afirma ainda que a análise de crescimento baseia-se no fato de que cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas, ao longo do crescimento, resulta de sua atividade fotossintética e o restante da absorção de nutrientes minerais, indispensáveis ao desenvolvimento vegetal. A análise permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição de diferentes órgãos no crescimento total.

Magalhães (1979) afirmou que a análise de crescimento descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostragens sucessivas e se propõe a acompanhar a dinâmica da produção fotossintética, avaliada pela acumulação da matéria seca.

Apesar do material vegetal de uma planta durante seu crescimento provir da fotossíntese, sua produção total depende diretamente da nutrição mineral e embora os elementos minerais contribuam com proporção bem menor da massa seca total, são essenciais e indispensáveis. Dessa forma, a insuficiência de um elemento mineral influenciará a produção final, interferindo com a produtividade do vegetal (MILTHORPE & MOORBY, 1974), o que poderá ser expresso pela avaliação dos índices fisiológicos de análise de crescimento e avaliação do tecido foliar.

A avaliação do tecido foliar é uma ferramenta útil para a quantificação do estado nutricional das culturas em geral quanto nas recomendações de adubação (WALSH & BEATON, 1973), em que o teor de nutriente na planta é resultante da ação e interação dos fatores que afetam sua disponibilidade no solo e sua absorção pelas plantas (MUNSON & NELSON, 1973).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido por meio de dois experimentos, o primeiro, experimento I, realizado em área da Empresa “Companhia Agrícola Botucatu – Fazenda Morrinhos”, localizada nos municípios de Botucatu e Itatinga, SP, Brasil (22°58’44.61°S, 48°36’57.62°W), em estufa telada. O segundo, experimento II foi realizado no Sítio São Lourenço, localizado no município de Itatinga, SP, (23°09’15.31°S, 48°43’53.95°W), em campo. As mudas provenientes do experimento 1 foram utilizadas para instalação do experimento II.

3.1 Experimento I

No experimento I foram utilizados porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) provenientes da sementeira do viveiro da Fazenda Morrinhos (22°58’44.61°S, 48°36’57.62°W), semeados em setembro de 2008, cultivados em tubetes cônicos de polipropileno com capacidade de 100 cm³ e transplantados aos 90 dias de idade para sacolas plásticas com capacidade de 4,5 litros, contendo substrato comercial Rendmax Citrus, composto por vermiculita e casca de pinus compostada.

A copa utilizada para enxertia foi de laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) e 90 dias após o transplante do limoeiro ‘Cravo’ dos tubetes para as sacolas, realizou-se a enxertia do tipo “T” invertido, a 15 centímetros do nível do substrato. Gemas da laranjeira ‘Pêra’ foram fixadas nos porta-enxertos por meio de amarrão com fitilho plástico, retirados 15 dias depois, para proporcionarem o desenvolvimento da copa enxertada. A poda da parte aérea do porta-enxerto foi realizada 150 dias após o seu transplante.

Sessenta dias após a enxertia foram coletadas, a cada trinta dias, seis plantas dos seis tratamentos a que foram submetidas as mudas cítricas. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com seis repetições, em esquema fatorial 6 x 5, ou seja, 6 tratamentos constituídos por diferentes níveis de basalto em adição à fertilização, e cinco épocas de colheitas, realizadas aos 60, 90, 120, 150 e 180 após a enxertia. O pó de basalto utilizado foi adquirido da Empresa Pedreira Basalto S/A, localizada em Limeira-SP, apresentando 4,5% de ferro solúvel e teores totais iguais a 53% SiO₂, 14% Al₂O₃, 12% Fe₂O₃, 9% CaO, 5% MgO, 3% Na₂O e 1% K₂O, revelando granulometria média de 0,342 mm.

O substrato, adquirido da Empresa Eucatex, de marca comercial Rendmax Citrus, apresentou como características físicas e químicas 150% de capacidade de retenção de água,

umidade de 50%, densidade igual a 500 kg m^{-3} , matéria orgânica $314,2 \text{ g dm}^{-3}$, pH (CaCl_2) igual a 4,3, condutividade elétrica $1,5 \text{ mS.cm}^{-1}$, P 115 mg dm^{-3} , K 380 mg dm^{-3} , Ca $4,8 \text{ mg dm}^{-3}$, Mg $3,2 \text{ cmol dm}^{-3}$, Al $0,6 \text{ cmol dm}^{-3}$, Na $0,31 \text{ cmol dm}^{-3}$ e CTC $26,77 \text{ cmol dm}^{-3}$.

Durante a formação dos porta-enxertos, aos 60 dias após o transplante foi definida a frequência da fertirrigação, quando as mudas submetidas aos diferentes níveis de pó de basalto começaram a apresentar sinais visuais de deficiência de nitrogênio, caracterizado pelo amarelecimento das folhas. Nesse momento, estabeleceu-se a fertirrigação com solução recomendada (BATAGLIA et al., 2008) uma vez por semana, ou seja, com redução de 2/3 da sua frequência para produção das mudas, como suficiente para evitar qualquer sinal de deficiência. Essa frequência da fertirrigação foi realizada até a fase final de formação das mudas.

Após o estabelecimento das mudas dos porta-enxertos, a fertilização complementar ao uso do basalto fez parte dos tratamentos e variou. Assim, alguns tratamentos receberam a fertilização recomendada três vezes por semana, outros receberam fertilização reduzida em 2/3, uma vez por semana.

A fertilização recomendada envolveu três ciclos semanais, sendo realizada às segundas, quartas e sextas-feiras. A fertilização reduzida em 2/3 foi realizada às quartas-feiras.

De acordo com Bataglia et al. (2008), a fertilização recomendada para citros deve conter nitrogênio, 200 mg L^{-1} , fósforo, 18 mg L^{-1} , potássio, 152 mg L^{-1} , cálcio, 140 mg L^{-1} , magnésio, 29 mg L^{-1} e enxofre, 21 mg L^{-1} . À essa fertilização foi adicionado coquetel comercial Rexolin CXK, contendo K 12%, zinco 4,2%, ferro 3,4%, manganês 3,2%, boro 1,5%, enxofre 1,5%, magnésio 1,2%, cobre 0,5% e molibdênio 0,05%. Dessa forma, adicionou-se a 1000 L de água 800g de nitrato de cálcio, 300 g de sulfato de magnésio, 200g de nitrato de potássio, 100g de fosfato monoamônico - MAP (48% P_2O_5 + 9% N), 43g de ácido fosfórico, 20g de sulfato de manganês, 20g de sulfato de zinco, 100g de nitrato de amônia e 20g de coquetel comercial Rexolin CXK. Uma vez por semana todas as mudas foram submetidas a tratamento fitossanitário preventivo para cancro cítrico com a adição de 40 gramas de sulfato de cobre para cada 1000 litros de água. Os fertilizantes utilizados foram os das marcas Yara Brasil e Produquímica Indústria e Comércio Ltda. Antes do preparo das soluções o pH da água foi corrigido para 5,5-6,0 adicionando-se aproximadamente 50ml de ácido fosfórico para cada 1000 L de água.

As quantidades de pó de basalto adicionadas ao substrato foram calculadas baseando-se no seu teor de ferro solúvel (4,5%). O estudo de Bataglia et al. (2008) recomenda para

mudas de laranjeira ‘Pêra’ o fornecimento de 162 mg kg^{-1} de ferro. Considerando tais especificações, para o atendimento desse nível de ferro, as plantas devem ser cultivadas com a adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato.

A adição de basalto ao substrato nos diferentes tratamentos foi, portanto, calculada de acordo com a massa do pó de basalto proporcionalmente ao volume de 1 m^3 de substrato. Com o auxílio de baldes graduados, as proporções de materiais constituintes dos tratamentos foram colocados em betoneira e misturados até homogeneização.

Assim, os porta-enxertos antes e depois da enxertia foram cultivados em substrato com ausência de pó de basalto e fertilização recomendada (testemunha), na presença de pó de basalto em concentração igual a 36 kg m^{-3} e fertilização recomendada e na presença de pó de basalto em concentração igual a 36 kg m^{-3} e na sua variação para concentração menor, igual a 18 kg m^{-3} e maiores, iguais a 54 e 72 kg m^{-3} , com redução de $2/3$ da fertilização recomendada de acordo com os seguintes tratamentos:

T₁: sem adição do pó de basalto no substrato e fertilização recomendada (testemunha).

T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e fertilização recomendada.

T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada.

T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada.

T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada.

T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada.

As cinco colheitas das seis repetições de cada tratamento foram realizadas em intervalos de 30 dias após a enxertia (DAE), realizada aos 90 dias após o transplante dos porta-enxertos para as sacolas plásticas. Nessas colheitas, a área foliar, em dm^2 , foi determinada com o auxílio de integralizador de área foliar, modelo LI 3100 da Li-Cor.

A seguir, após a determinação da altura das mudas, diâmetro do caule e número de folhas, as plantas foram separadas em raízes, caules mais pecíolos e lâminas foliares e acondicionadas em sacos de papel etiquetados para secagem em estufa com circulação de ar forçada em temperatura entre 60°C a 70°C até obtenção de massa constante. Após secagem, os diferentes órgãos do vegetal foram pesados em balança analítica OHAUS tipo Analytical Standard, com precisão de $0,1 \text{ mg}$. Essas avaliações permitiram o cálculo dos índices

fisiológicos da análise de crescimento (PORTES & CASTRO, 1991; BENINCASA, 2003). A razão de massa foliar (RMF) foi calculada conforme Benincasa (2003).

Para o cálculo dos demais índices fisiológicos, as variáveis, massa seca de lâminas foliares (MSF) e total (MST) e área foliar (AF) das plantas foram ajustadas em relação ao tempo, ou seja, idade das plantas para proceder à estimativa dos índices fisiológicos área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR), pelo programa computacional ANACRES, de acordo com as especificações de Portes e Castro Junior (1991).

Entre as opções de ajuste dos dados de massa seca e área foliar, em relação ao tempo, ou seja, idade das plantas após a enxertia, apresentadas pelo programa, escolheu-se a exponencial quadrática, confirmado por Creste (2006), como sendo a mais adequada para representar o crescimento de mudas cítricas.

Na última colheita realizada aos 180 DAE, coletou-se folhas maduras completamente expandidas localizadas no terço médio da planta, de acordo com Bataglia et al. (2008), no total de quatro folhas por planta de cada repetição. Após secagem das lâminas foliares e avaliação de sua massa seca, o material foi moído. A seguir, parte do material vegetal seco de cada uma das seis repetições de cada tratamento foi misturado, objetivando-se a realização de amostragem composta de cada tratamento. Para avaliação dos teores minerais no tecido foliar, as amostras compostas foram acondicionadas em envelopes de papel e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciências do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP/Campus de Botucatu-SP.

Variáveis avaliadas

Altura das mudas

Definida como a distância, medida em centímetros, ao nível do substrato até o ponto mais alto.

Diâmetro de caule

O diâmetro do caule ao nível do substrato foi determinado com auxílio de paquímetro graduado ($\pm 0,1\text{mm}$).

Número de folhas

O número de folhas foi definido como a somatória de todas as folhas das plantas.

Massa seca

A massa seca foi definida como o seu peso, expresso em gramas. Mediu-se a massa seca de cada órgão em separado, isto é, de raízes (MSR), caule mais pecíolos (MSC) e lâminas foliares (MSF). A massa seca total correspondeu à soma das massas de todos os órgãos existentes, em cada colheita.

Razão de massa foliar

A razão de massa foliar, índice que expressa a fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta e que pode refletir diferenças entre tratamentos, foi calculada pela relação entre massa seca de lâminas foliares (MSF) e massa seca total (MST).

$$\text{RMF} = \text{MSF} / \text{MST}$$

Área foliar específica (AFE)

Este índice que reflete o inverso da espessura da folha (BENINCASA, 2003) foi obtido pela razão entre a área foliar (AF) e a massa seca de folhas (MSF):

$$\text{AFE}(\text{dm}^2\text{g}^{-1}) = \text{AF} / \text{MSF}$$

Razão de área foliar (RAF)

A razão de área foliar expressa a área foliar útil para a fotossíntese (BENINCASA, 2003) e foi obtida a partir dos valores instantâneos de área foliar (AF), área responsável pela interceptação de energia luminosa e CO₂, e massa seca total, resultado da fotossíntese, segundo a equação:

$$\text{RAF}(\text{dm}^2\text{g}^{-1}) = \text{AF} / \text{MST}$$

Taxa assimilatória líquida (TAL)

A taxa assimilatória líquida que expressa a taxa de fotossíntese líquida, em termos de massa seca produzida, em gramas, por decímetro quadrado de área foliar, por unidade de tempo (Portes e Castro Junior, 1991), foi obtida pela seguinte equação:

$$\text{TAL (gdm}^{-2} \text{ dia}^{-1}) = \frac{(b + 2ct).a.e^{(bt + ct^2)}}{a_1.e^{\left(\frac{b+c}{1}t^2\right)}}$$

Taxa de crescimento relativo (TCR)

A taxa de crescimento relativo de uma planta ou de qualquer órgão da planta é função de tamanho inicial, isto é, o aumento em gramas, no caso de massa seca, está relacionado ao peso de massa seca no instante em que se inicia o período de observação (BENINCASA, 2003). Essa taxa foi calculada pela equação:

$$\text{TCR (gg}^{-1} \text{ dia}^{-1}) = d \ln \frac{a.e^{(bt + ct^2)}}{dt}$$

Teores de nutrientes em lâminas foliares

A determinação dos teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e micronutrientes boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) presentes nas folhas aos 180 dias após a enxertia foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al., (1997).

Análise estatística dos resultados

Os resultados da altura das mudas, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca dos diversos órgãos e total, foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância. Análise de regressão foi realizada ao nível de 5% de significância (SAS, 1996) para a verificação do efeito de colheita. Os índices fisiológicos foram avaliados por análise de regressão pelo programa ANACRES (PORTES & CASTRO, 1991). Quando a análise de variância revelou interação entre os fatores Basalto/Fertilização x Colheita, os seis tratamentos tiveram suas curvas ajustadas segundo a equação exponencial quadrática, que foi escolhida por melhor ter-se ajustado aos conjuntos de dados das variáveis avaliadas. Nesta situação se enquadraram somente os resultados da massa seca total. Para as demais variáveis se fez ajuste apenas das médias obtidas entre os seis tratamentos, em cada colheita, verificando-se assim uma sétima curva nos gráficos.

3.2 Experimento II

Foram utilizadas as mudas de laranjeira ‘Pêra’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’,

provenientes do experimento 1.

O plantio em campo dessas mudas foi realizado em novembro de 2009 no Sítio São Lourenço, município de Itatinga, SP (20°23'26.02°S, 32°12'55.53°W). A amostra de solo da área experimental foi encaminhada para análise no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Campus de Botucatu-SP, realizada 90 dias antes do plantio das mudas em campo. A sua avaliação revelou 4,1 pH, 27 g/dm³ de matéria orgânica, 15mg/dm³P_{resina}, H+Al igual a 22 mmol_c/dm³, K 1,9 mmol_c/dm³, Ca 18,0 mmol_c/dm³ Mg 7,0 mmol_c/dm³, saturação de bases 27,0 mmol_c/dm³, capacidade de troca catiônica igual a 50 e 38% de saturação de bases; micronutrientes, em mg/dm³, iguais a 0,22 boro, 6,0 cobre, 59,0 ferro, 2,5 manganês, 1,9 zinco. Sessenta dias antes do plantio aplicou-se 2,3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico na área experimental para elevar a saturação de bases (V%) a 70 (QUAGGIO& RAIJ, 1997). No campo, as plantas foram cultivadas com tratamentos semelhantes aos definidos para o cultivo das mudas no experimento I. Assim foram realizadas covas de 0,3x0,3x0,3 m, correspondendo a 0,27 m³ de solo, adicionando-se a elas níveis de pó de basalto iguais a de 0,972 kg m⁻³ e na sua variação para menor nível igual a 0,486 kg m⁻³ e maiores, iguais a 1,458 e 1,944 kg m⁻³. Junto ao pó de basalto adicionou-se nas covas 300g de superfosfato simples, para o atendimento da fertilização recomendada e sua redução para 100g, correspondente à redução da fertilização recomendada para 2/3. Para composição das parcelas dos tratamentos, foram utilizadas 15 plantas retiradas do experimento I, em espaçamento 6,0 x 3,0 m. Assim, as plantas foram cultivadas nos tratamentos a seguir:

T₁: ausência de pó de basalto e fertilização recomendada;

T₂: adição de 36 kg m⁻³ de pó de basalto/cova e fertilização recomendada;

T₃: adição de 18 kg m⁻³ de pó de basalto/cova e redução da fertilização em 2/3;

T₄: adição de 36 kg m⁻³ de pó de basalto/cova e redução da fertilização em 2/3;

T₅: adição de 54 kg m⁻³ de pó de basalto/cova e redução da fertilização em 2/3;

T₆: adição de 72 kg m⁻³ de pó de basalto/cova e redução da fertilização em 2/3.

Variáveis avaliadas

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas utilizando-se equipamento com sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO₂ e vapor d'água por radiação infravermelha (“*Infra Red Gas Analyser – IRGA*”, modelo LI-6400, LI-COR).

As medidas foram calculadas a partir da diferença entre a concentração de CO₂ e vapor d'água do ar da referência (valor presente na câmara sem a folha) e da amostra (valor com a folha presente na câmara), obtendo-se as concentrações de vapor d'água liberado por transpiração e CO₂ assimilado, pelos estômatos das folhas.

Essas medidas foram realizadas no período compreendido entre 9:00 e 10:00h, aos 170 dias após o plantio em campo, em quatro plantas de cada tratamento, nas quais foram escolhidas e padronizadas o 2º par de folhas com limbo totalmente expandido.

As variáveis: taxa de assimilação de CO₂ (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E, $\text{mmol vapor d'água m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO₂ na folha (C_i , $\mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{ar}$) foram avaliadas. A eficiência do uso da água (EUA, $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) foi determinada pela relação entre assimilação de CO₂ e taxa de transpiração (A/E), descrita por Berry & Downton (1982).

Aos 175 dias após plantio em campo foram coletadas folhas completamente expandidas localizadas no terço médio da planta, para avaliação anatômica, realizada em amostras da região mediana do limbo foliar, fixadas em FAA 50 (Johansen, 1940) por 24 horas; desidratadas em série alcoólica crescente, embebidas em resina metacrilato (historresina Leica); seccionadas em micrótomo rotativo semiautomático (6 a 8 μm) e coradas com Azul de Toluidina 0,05% em tampão fosfato pH 4,3 (O'Brien et al., 1964). A seguir, os cortes do limbo foliar e da nervura foliar principal foram montados entre lâminas e lamínulas em resina sintética Permound e analisados em microscópio Zeiss, avaliando-se a altura das células epidérmicas, espessura da cutícula, alturas dos parênquimas paliçádico e lacunoso, diâmetro e área foliar das cavidades secretoras no mesofilo, espessura total do limbo, e espessura da calota de fibras na nervura foliar principal. Para a contagem dos estômatos, foram realizadas impressões paradérmicas das faces abaxial e adaxial de folhas dos diferentes tratamentos, utilizando-se cola do tipo Super Bonder®.

Para a determinação dos teores foliares de nutrientes, aos 180 dias após o plantio em campo, foram coletadas duas folhas maduras e completamente expandidas localizadas no terço médio de todas as plantas de cada tratamento em quatro quadrantes, ou seja, duas folhas de cada lado da planta, de acordo com metodologia de Quaggio et al. (1997). O material vegetal foi colocado em estufa de circulação forçada de ar a 60°C até obtenção de massa constante. Após a secagem o material foi moído, identificado e encaminhado ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciências do Solo da

Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP/Campus de Botucatu-SP, onde foram realizadas a determinação dos teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e micronutrientes boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), realizadas de acordo com a metodologia descrita por (Malavolta et al., 1997). O silício foi determinado de acordo com as especificações de Korndörfer et al. (2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I

Altura das mudas

A variação da altura das mudas de laranjeira ‘Pêra’ cultivadas em substrato com variação da fertilização e pó de basalto, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 1 e demonstra que a altura das mudas aumentou durante o ciclo de desenvolvimento.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 1, revela que o tratamento submetido a menor dose de basalto adicionada ao substrato, 18 kg m⁻³ de pó de basalto com redução de 2/3 da fertilização convencional apresentou menor altura em relação ao tratamento testemunha, com ausência de pó de basalto no substrato e fertilização recomendada.

As alturas das plantas submetidas aos tratamentos com 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e fertilização recomendada, 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada, 54 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada, e 72 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada não diferiram da altura daquelas submetidas ao tratamento testemunha. Apesar disso, deve ser registrado que o tratamento com a adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada resultou em altura semelhante ao tratamento testemunha.

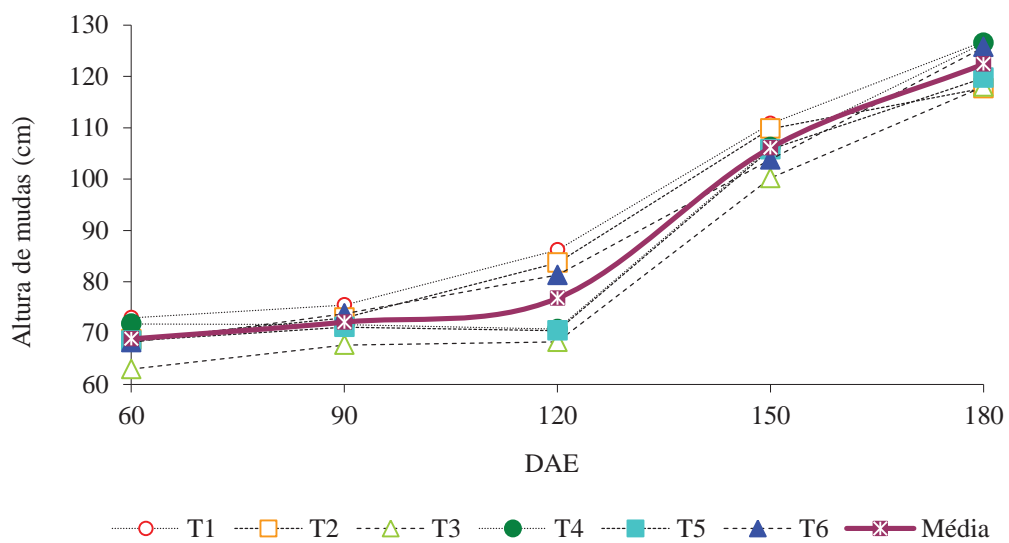


Figura 1. Altura de mudas de laranjeira 'Pêra' (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro 'Cravo' (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada.

Tabela 1. Análise de variância e comparação entre médias de altura (cm) de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas.

Análise de variância (teste F)		
Basalto/Fertilização	Colheita	Interação Colheita x Basalto/Fertilização
3,2*	155,82*	0,54

*significância ao nível de 5%

Comparação entre médias de altura (Teste Tukey)

Tratamento Basalto (kg m ⁻³ substrato) +Fertilização	Colheita (Dias após Enxertia)					Média de Tratamento
	1 ^a (60)	2 ^a (90)	3 ^a (120)	4 ^a (150)	5 ^a (180)	
Ausência basalto + fertilização completa	73,0	75,5	86,2	110,8	126,8	94,46 A
36 kg basalto + fertilização completa	68,8	73,0	83,7	109,8	117,7	90,60 AB
18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	63,0	67,7	68,3	100,2	118,0	83,44 B
36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	71,8	71,7	70,8	106,2	126,5	89,40 AB
54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	68,5	71,2	70,5	105,8	119,7	87,14 AB
72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	68,2	73,8	81,3	103,8	125,7	90,56 AB
Média de Colheita	68,9	72,2	76,8	106,1	122,4	89,3

d.m.s. 5%: Basalto/Fertilização = 8,49

Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade. As letras na vertical comparam médias de nível de Basalto/Fertilização.

Knapik (2005) avaliou substrato composto de casca de pínus e vermiculita e substrato de fibra de coco com a adição de 150 kg pó de basalto m⁻³ e fertilização com NPK (testemunha), no desenvolvimento de mudas de *Mimosa scrabella*. A utilização de pó de basalto resultou em médias com maiores tendências em relação à testemunha nos dois substratos, sem diferença estatística. Já para mudas de *Prunus sellowii* a fertilização com pó de basalto e a testemunha resultaram em plantas com menor altura em todos os substratos.

No presente trabalho, as mudas cultivadas com 18 kg m⁻³ de basalto adicionado

ao substrato e com redução de 2/3 da fertilização apresentaram menor altura. Os resultados demonstram que espécies diferentes respondem de modo diverso ao pó de basalto e também ao nível com que o mesmo é aplicado.

Diâmetro de caule

A variação do diâmetro de caule ao nível do substrato das mudas de laranjeira ‘Pêra’ cultivadas em substrato com variação da fertilização e pó de basalto, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 2 e demonstra que o diâmetro de caule de mudas aumentou durante o ciclo de desenvolvimento.

Não foram verificadas diferenças, em média, entre os diâmetros de caule das plantas cultivadas com e sem basalto, exceto daquelas cultivadas com o nível de 54 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada, que apresentou menor diâmetro de caule que o da testemunha.

Os resultados de Knapik (2005) no estudo do desenvolvimento de mudas de *Mimosa scabrella*, cultivadas em substrato composto de casca de pínus e vermiculita e substrato de fibra de coco, ambos com adição de 150 kg pó de basalto m⁻³ nos respectivos substratos, revelou diâmetro de caule maior em relação ao tratamento testemunha que recebeu adição de NPK nos diferentes substratos avaliados. Resultados que diferem dos verificados no presente estudo, em que de modo geral, o uso do basalto não modificou o diâmetro do caule das plantas.

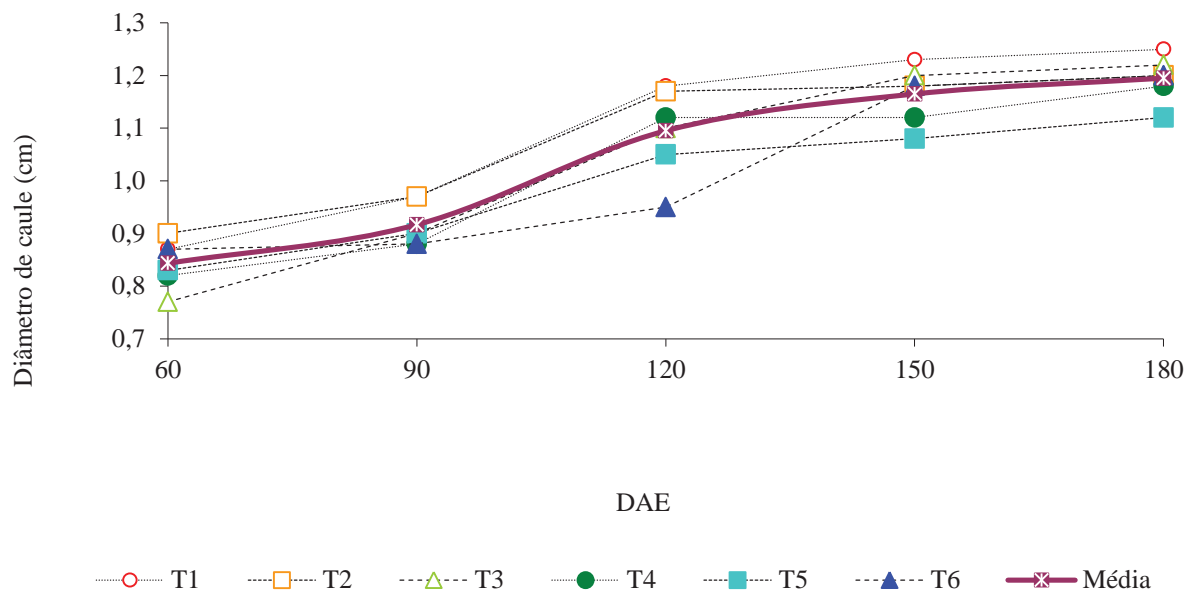


Figura 2. Diâmetro de caule de mudas de laranja 'Pêra' (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro 'Cravo' (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada.

Tabela 2. Análise de variância e comparação entre médias de diâmetro (cm) de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas.

Análise de variância (teste F)		
Basalto/Fertilização	Colheita	Interação Colheita x Basalto/Fertilização
2,85*	49,83*	0,96

*significância ao nível de 5%

Comparação entre médias de diâmetro (Teste Tukey)

Tratamento Basalto (kg m ⁻³ substrato) +Fertilização	Colheita (Dias após Enxertia)					Média de Tratamento
	1 ^a (60)	2 ^a (90)	3 ^a (120)	4 ^a (150)	5 ^a (180)	
Ausência basalto + fertilização completa	0,87	0,97	1,18	1,23	1,25	1,10 A
36 kg basalto + fertilização completa	0,90	0,97	1,17	1,18	1,20	1,08 AB
18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	0,77	0,90	1,10	1,20	1,22	1,04 AB
36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	0,82	0,88	1,12	1,12	1,18	1,02 AB
54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	0,83	0,90	1,05	1,08	1,12	1,00 B
72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	0,87	0,88	0,95	1,18	1,20	1,02 AB
Média de Colheita	0,84	0,92	1,10	1,17	1,20	1,04

d.m.s. 5%: Basalto/Fertilização = 0,0976

Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade. As letras na vertical comparam médias de nível de Basalto/Fertilização.

Número de folhas

A variação do número de folhas das mudas de laranjeira ‘Pêra’ cultivadas em substrato com variação da fertilização e pó de basalto, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 3 e Tabela 3, que demonstram aumento do número durante o

desenvolvimento.

A comparação de médias entre tratamentos do número de folhas de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*) revela que não houve diferença entre os tratamentos, exceção feita entre os plantas cultivadas com 18 e 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada, com as últimas gerando maior número de folhas.

Aos 150 dias após a enxertia, as plantas apresentaram número de folhas próximo a 36, o que está de acordo com os resultados de Boaventura (2003), que avaliou o desenvolvimento de mudas de laranjeira Valência enxertadas em limoeiro ‘Cravo’. A adição do pó de basalto no substrato, nos diferentes tratamentos, não interferiu com o número de folhas e a redução de 2/3 da fertilização na presença de basalto foi suficiente para garantir o número de folhas.

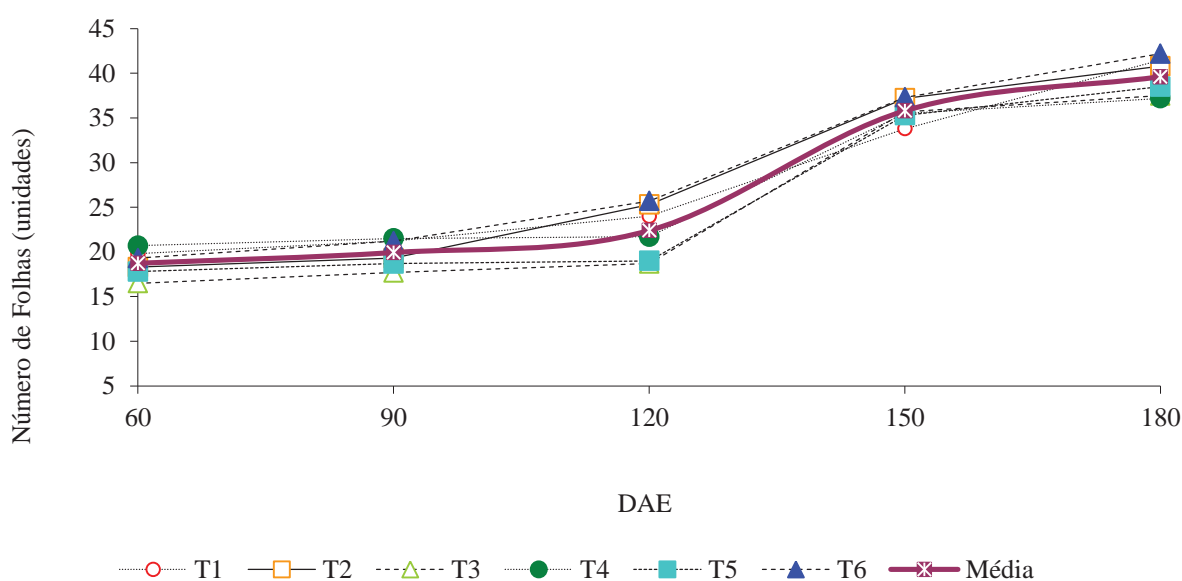


Figura 3. Número de folhas de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada.

Tabela 3. Análise de variância e comparação entre médias de número de folhas (unidades) de mudas de mudas de laranjeira 'Pêra' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas.

Análise de variância (teste F)		
Basalto/Fertilização	Colheita	Interação Colheita x Basalto/Fertilização
2,83*	141,89*	0,68

*significância ao nível de 5%

Comparação entre médias do número de folhas (Teste Tukey)

Tratamento Basalto (kg m ⁻³ substrato) +Fertilização	Colheita (Dias após Enxertia)					Média de Tratamento
	1 ^a (60)	2 ^a (90)	3 ^a (120)	4 ^a (150)	5 ^a (180)	
Ausência basalto + fertilização completa	19,8	21,2	24	33,8	41,5	28,1 AB
36 kg basalto + fertilização completa	18,3	19,3	25,3	37,2	40,8	28,2 AB
18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	16,5	17,7	18,7	35,7	37,5	25,2 B
36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	20,7	21,5	21,7	35,5	37,2	27,3 AB
54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	17,8	18,7	19	35,3	38,5	25,9 AB
72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	19,3	21,2	25,7	37,3	42,2	29,1 A
Média de Colheita	18,7	19,9	22,4	35,8	39,6	27,3

d.m.s. 5%: Basalto/Fertilização = 3,63

Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade. As letras na vertical comparam médias de nível de Basalto/Fertilização.

Massa seca de raízes

A variação da massa seca de raízes das mudas de laranjeira 'Pêra' cultivadas em substrato com variação da fertilização e pó de basalto pode ser observada na Figura 4 e foi em média crescente ao longo das colheitas.

Na Tabela 4 pode ser observado que a redução em 2/3 da fertilização tendeu a diminuir a massa seca de raízes mesmo com a presença de basalto. As únicas diferenças foram observadas entre as plantas cultivadas com 36 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e fertilização recomendada, 18 e 54 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. Os tratamentos com 18 e 36 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e redução de 2/3 da fertilização recomenda não diferiram das plantas cultivadas sem basalto e com fertilização recomendada. A discreta tendência de maior massa seca de raízes nas plantas cultivadas com 36 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e fertilização recomendada denota a importância dos minerais para o crescimento desse órgão.

Não foram identificados trabalhos com laranjeira ‘Pêra’ na literatura consultada que permitam a comparação dos resultados observados no presente estudo.

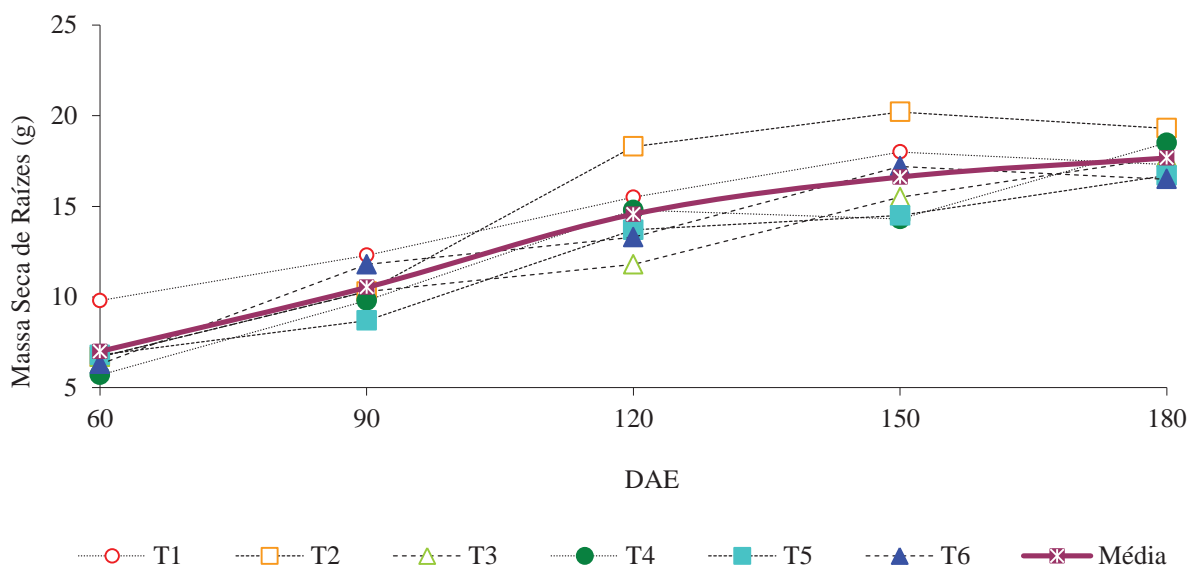


Figura 4. Matéria seca de raízes (g) em mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada.

Tabela 4. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de raízes (g) de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas.

Análise de variância (teste F)

Basalto/Fertilização	Colheita	Interação Colheita x Basalto/Fertilização
4,26*	69,01*	1,15

*significância ao nível de 5%

Comparação entre médias massa seca de raízes (Teste Tukey)

Tratamento Basalto (kg m ⁻³ substrato) +Fertilização	Colheita (Dias após Enxertia)					Média de Tratamento
	1 ^a (60)	2 ^a (90)	3 ^a (120)	4 ^a (150)	5 ^a (180)	
T1 - Ausência basalto + fertilização completa	9,8	12,3	15,5	18	17,3	14,6 AB
T2 - 36 kg basalto + fertilização completa	6,7	10,3	18,3	20,2	19,3	15,0 A
T3 - 18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	6,7	10,3	11,8	15,5	17,7	12,4 BC
T4 - 36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	5,7	9,8	14,8	14,3	18,5	12,6 ABC
T5 - 54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	6,8	8,7	13,7	14,5	16,7	12,1 C
T6 - 72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	6,3	11,8	13,3	17,2	16,5	13,0 ABC
Média de Colheita	7,0	10,5	14,6	16,6	17,7	13,3

d.m.s. 5%: Basalto/Fertilização = 2,39

Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade. As letras na vertical comparam médias de nível de Basalto/Fertilização.

Massa seca de caules e pecíolos

A variação da massa seca de caules e pecíolos das mudas de laranjeira ‘Pêra’ cultivadas em substrato com variação da fertilização e pó de basalto, nas várias colheitas

(Figura 5 e Tabela 5), aumentou ao longo das colheitas.

A adição de basalto nos diferentes tratamentos influenciou a matéria seca de caule e pecíolos, que diminuiu ou tendeu à redução (Tabela 5). Não foram identificados na literatura trabalhos com laranjeira ‘Pêra’ cujos resultados possam ser comparados com os do presente estudo.

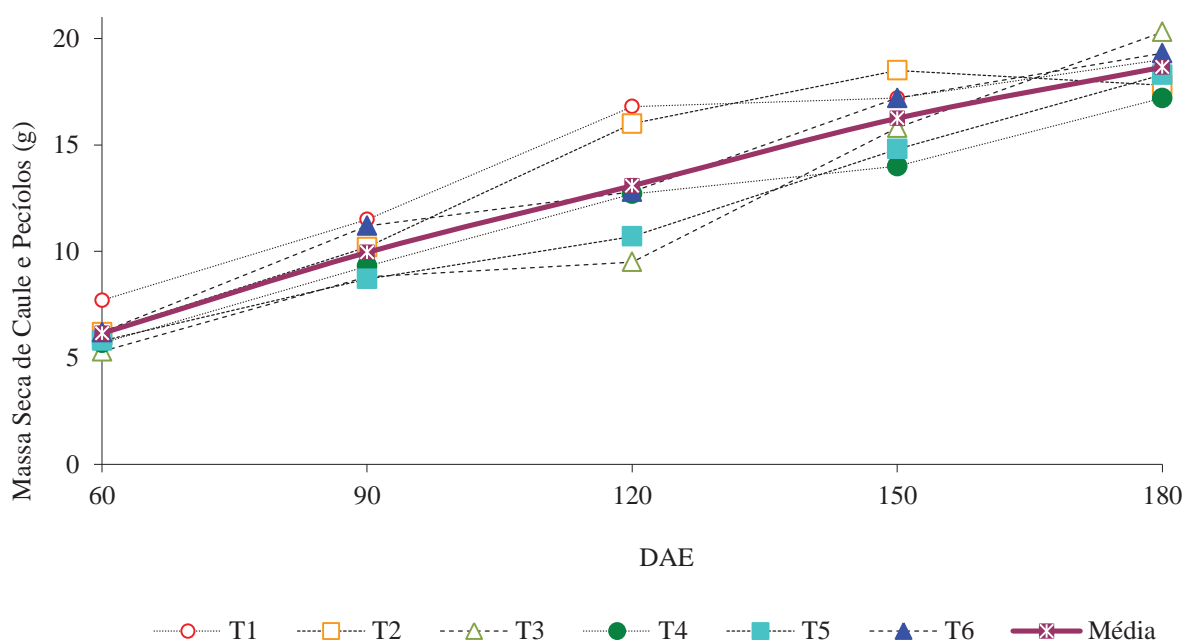


Figura 5. Massa seca de caule e pecíolos (gramas) em mudas laranjeira ‘Pêra’ (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada.

Tabela 5. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de caules e pecíolos (g) de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas.

Análise de variância (teste F)		
Basalto/Fertilização	Colheita	Interação Colheita x Basalto/Fertilização
4,57*	103,03	1,34

*significância ao nível de 5%

Comparação entre médias de massa seca de caules e pecíolos (Teste Tukey)

Tratamentos Basalto (kg m ⁻³ substrato) +Fertilização	Colheita (Dias após Enxertia)					Média de Tratamento
	1 ^a (60)	2 ^a (90)	3 ^a (120)	4 ^a (150)	5 ^a (180)	
Ausência basalto + fertilização completa	7,7	11,5	16,8	17,2	19	14,4A
36 kg basalto + fertilização completa	6,2	10,2	16	18,5	17,8	13,7AB
18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	5,3	8,8	9,5	15,8	20,3	11,9B
36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	5,7	9,3	12,7	14,0	17,2	11,8B
54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	5,8	8,7	10,7	14,8	18,3	11,7B
72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	6,2	11,2	12,8	17,2	19,3	13,3AB
Média de Colheita	6,2	10,0	13,1	16,3	18,7	12,8

d.m.s. 5%: Basalto/Fertilização = 2,20

Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade. As letras na vertical comparam médias de nível de Basalto/Fertilização.

Massa seca de lâminas foliares

A variação da massa seca de lâminas foliares das mudas de laranjeira ‘Pêra’ cultivadas em substrato com variação da fertilização e pó de basalto, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 6.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 6,

revela que a média de massa seca de lâminas foliares das plantas submetidas aos tratamentos 18, 36 e 54 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização diferiu da massa seca de lâminas foliares das plantas cultivadas no tratamento testemunha (sem adição do pó de basalto e fertilização recomendada).

As plantas submetidas aos tratamentos 36 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e fertilização recomendada e 72 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e redução de $2/3$ da fertilização apresentaram matéria seca de lâminas foliares que não diferiram das demais. Os resultados demonstram que a utilização do pó de basalto diminuiu ou tendeu a diminuir a massa seca de lâminas foliares. Uma vez mais, não foram identificados resultados na literatura consultada com mudas de laranjeira ‘Pêra’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ que permitam a comparação dos resultados verificados no presente estudo.

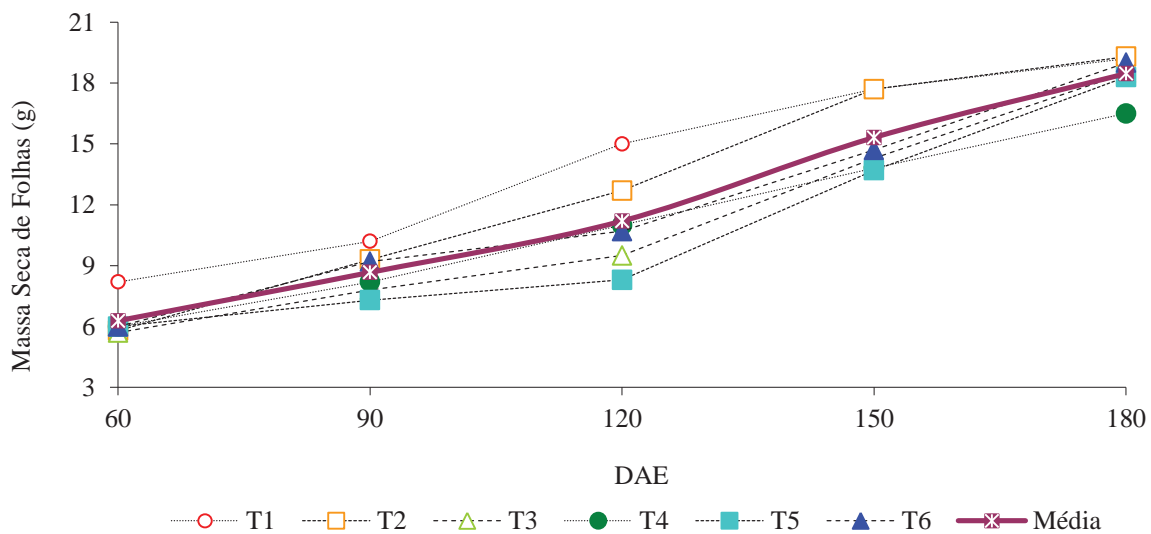


Figura 6. Acúmulo de matéria seca de folhas (gramas) em mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada.

Tabela 6. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de lâminas foliares (g) de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas.

Análise de variância (teste F)		
Basalto/Fertilização	Colheita	Interação Colheita x Basalto/Fertilização
5,48*	101,14*	0,62

*significância ao nível de 5%

Comparação entre médias de massa seca de lâminas foliares (Teste Tukey)

Tratamento Basalto (kg m ⁻³ substrato) +Fertilização	Colheita (Dias após Enxertia)					Média de Tratamento
	1 ^a (60)	2 ^a (90)	3 ^a (120)	4 ^a (150)	5 ^a (180)	
Ausência basalto + fertilização completa	7,767	10,033	14,900	17,517	19,267	13,897 A
36 kg basalto + fertilização completa	5,967	9,250	12,633	16,733	19,367	12,790 AB
18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	5,750	7,750	9,600	14,250	18,517	11,173 B
36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	5,933	8,150	10,833	13,667	16,417	11,000 B
54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	5,917	7,400	8,456	13,800	18,333	10,781 B
72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	7,400	8,950	10,467	14,750	19,183	12,150 AB
Média de Colheita	6,456	8,589	11,148	15,120	18,514	11,965

d.m.s. 5%: Basalto/Fertilização = 2,18

Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade. As letras na vertical comparam médias de nível de Basalto/Fertilização.

Massa seca total

A massa seca total (MST) de mudas de laranjeira ‘Pêra’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’ submetidas aos diferentes tratamentos, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 7.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 7, revela que não houve diferença de massa seca total na 1^a, 2^a, 4^a e 5^a colheita. Na 3^a colheita, a

massa seca total das plantas dos tratamentos 18 e 54 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada foi menor que a das plantas submetidas aos tratamentos testemunha (ausência de pó de basalto e fertilização recomendada) e 36 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e fertilização recomendada, este último que por sua vez, não diferiu da massa seca total das plantas submetidas aos demais tratamentos. As plantas cultivadas com adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e redução de $2/3$ da fertilização resultaram em massa seca total semelhante àquela das plantas cultivadas na ausência de basalto e fertilização completa.

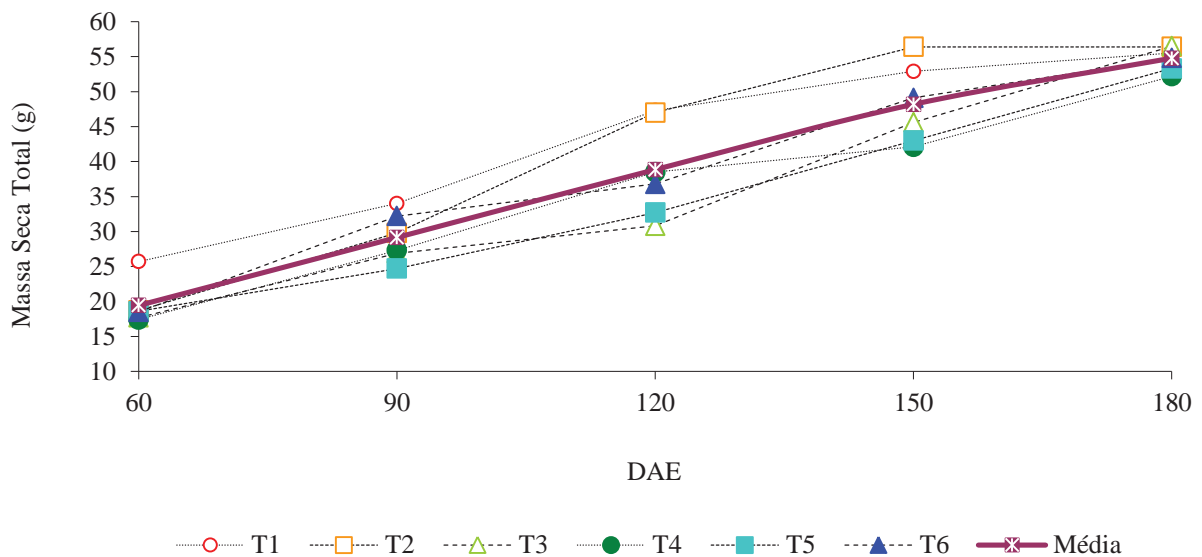


Figura 7. Massa Seca Total (g) em mudas de laranjeira 'Pêra' (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro 'Cravo' (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada.

Tabela 7. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca total (g) de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas.

Análise de variância (teste F)		
Basalto/Fertilização	Colheita	Interação Colheita x Basalto/Fertilização
17,75*	134,38*	5,88*

*significância ao nível de 5%

Comparação entre médias de massa seca total (Teste Tukey)

Tratamentos Basalto (kg m ⁻³ substrato) +Fertilização	Colheita (Dias após Enxertia)					Média de Tratamento
	1 ^a (60)	2 ^a (90)	3 ^a (120)	4 ^a (150)	5 ^a (180)	
Ausência basalto + fertilização completa	25,117	33,933	47,000 A	52,467	55,600	42,823
36 kg basalto + fertilização completa	18,200	29,783	46,850 A	55,333	56,567	41,347
18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	17,383	26,767	31,033 B	45,617	56,183	35,397
36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	17,217	27,167	38,333 AB	41,950	52,100	35,353
54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	18,583	24,517	32,600 B	43,200	53,983	34,577
72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	18,467	31,900	36,700 AB	48,933	54,900	38,180
Média de Colheita	19,161	29,011	38,753	47,917	54,889	37,946

d.m.s. 5%: Basalto/Fertilização = 13,63

Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade. As letras na vertical comparam médias de nível de Basalto/Fertilização.

Knapik (2005) avaliando diferentes substratos e adubações no desenvolvimento de mudas de *Mimosa scabrella* observou que ao cultivar a espécie em substrato comercial + Fibra de coco + húmus de minhoca na proporção 6:3:1, a fertilização com pó de basalto proporcionou médias de massa seca total maiores que a testemunha. No presente estudo, as diferentes doses de basalto adicionado ao substrato diminuíram ou tenderam a diminuir a massa seca total das mudas de laranjeira Pêra quando a fertilização foi reduzida a 2/3. Deve ser registrado que existem diferenças entre as espécies avaliadas nos dois estudos. No entanto,

no presente estudo, as plantas cultivadas com 36 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada não apresentaram diferença de massa seca total com as plantas cultivadas na ausência de basalto e fertilização completa.

Área foliar

A avaliação da área foliar em mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*), nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 8.

A comparação de médias entre tratamentos, observada na Tabela 8, revela que a área foliar das plantas submetidas aos tratamentos 18, 36 e 54 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e redução de $2/3$ da fertilização foi menor que a das plantas cultivadas com ausência de basalto e fertilização recomendada e não diferiu das demais. O uso do basalto diminuiu ou tendeu a diminuir a área foliar das mudas a ele submetidas.

Não foram identificados na literatura consultada resultados com laranjeira ‘Pêra’ que permitam a comparação dos resultados verificados no presente estudo.

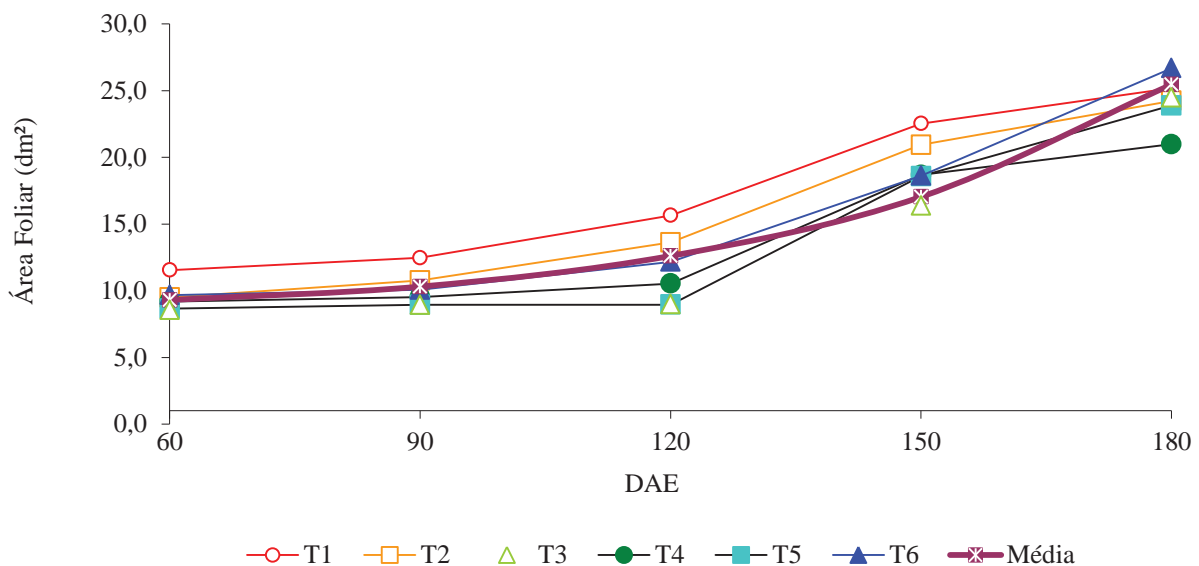


Figura 8. Área Foliar (dm^2) em mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de $2/3$ da fertilização recomendada.

Tabela 8. Análise de variância e comparação entre médias de Área Foliar (dm^2) de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas.

Análise de variância (teste F)

Basalto/Fertilização	Colheita	Interação Colheita x Basalto/Fertilização
4,04*	86,76*	0,56

*significância ao nível de 5%

Comparação entre médias de área foliar (Teste Tukey)

Tratamento Basalto (kg m^{-3} substrato) +Fertilização	Colheita (Dias após Enxertia)					Média de Tratamento
	1 ^a (60)	2 ^a (90)	3 ^a (120)	4 ^a (150)	5 ^a (180)	
Ausência basalto + fertilização completa	11,542	12,463	15,644	22,530	25,197	17,475 A
36 kg basalto + fertilização completa	9,489	10,759	13,625	20,935	24,232	15,808 AB
18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	8,546	8,942	8,984	16,364	24,486	13,464 B
36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	9,194	9,527	10,535	18,677	20,983	13,783 B
54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	8,653	8,943	8,957	18,589	23,890	13,806 B
72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	9,677	10,068	12,165	18,623	26,688	15,444 AB
Média de Colheita	9,517	10,117	11,652	19,286	24,246	14,964

d.m.s. 5%: Basalto/Fertilização = 3,11

Médias seguidas de mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade. As letras na vertical comparam médias de nível de Basalto/Fertilização.

Razão de massa foliar

A razão de massa foliar (RMF) reflete o início da translocação, ou seja, da exportação de matéria orgânica do centro de produção (folha) para os demais órgãos e essa razão deve diminuir ao longo do crescimento.

No presente estudo a razão de massa foliar decresceu até os 120 dias nas plantas submetidas aos tratamentos 36 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e fertilização recomendada e 36 e 54 kg de pó de basalto m⁻³ substrato com redução de 2/3 da fertilização. Nos tratamentos testemunha (ausência de pó de basalto e fertilização recomendada) e 18 e 72 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e com redução de 2/3 da fertilização recomendada o decréscimo foi mais lento, com acréscimo da razão aos 120 DAE (Figura 9). A redução da RMF é esperada uma vez que à medida que a planta se desenvolve, menor é a fração de fotoassimilados retidos na folha, sendo direcionados para os demais órgãos para garantir seu crescimento, consequentemente havendo decréscimo da RMF (RADFORD, 1967; BENINCASA, 2003). No entanto, como ainda são mudas, a tendência é de investimento da espécie nas próprias folhas.

O tratamento com 36 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada, com comportamento semelhante ao tratamento testemunha até os 120 DAE, liberou matéria orgânica para os demais órgãos, com menor exportação entre os 120 e 150 dias após enxertia, época em que novamente investiu em folhas. Os demais tratamentos 36 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e fertilização recomendada, 18, 54 e 72 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e redução de 2/3 da fertilização, após os 120 DAE investiram em crescimento de folhas e a matéria seca foi menos exportada desse órgão para os demais, o que pode ser observado pela elevação das curvas (Figura 9).

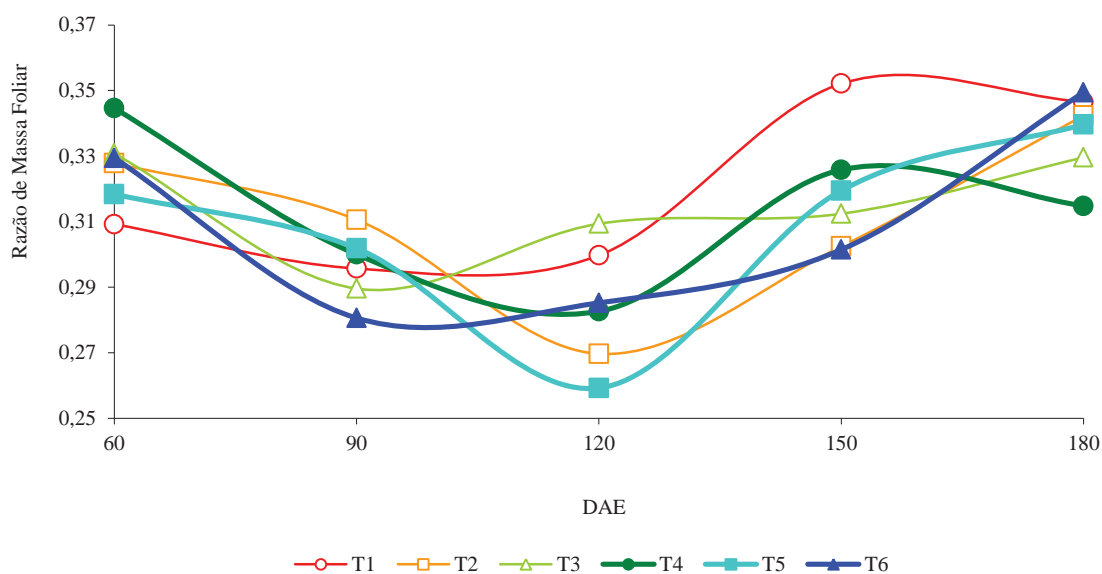


Figura 9. Razão de Massa Foliar (RMF) em mudas de laranjeira 'Pêra' (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro 'Cravo' (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada.

Razão da área foliar

Segundo Benincasa (2003), a RAF expressa a área foliar útil para a fotossíntese, sendo a relação entre a área foliar responsável pela interceptação da energia luminosa e CO₂, e a matéria seca total, resultado da fotossíntese. Desse modo, com o crescimento da planta, aumenta a interferência das folhas superiores sobre as inferiores, com tendência de diminuir a área foliar útil. No presente estudo, de maneira geral, tal diminuição da RAF ocorreu em todos os tratamentos com utilização de pó de basalto até aos 120 dias após enxertia, com aumento na RAF nas colheitas seguintes (Figura 10). O decréscimo da RAF até os 120 DAE, coincide com os resultados de literatura que referem RAF elevada no início do ciclo vegetativo, época em que as plantas investem em área foliar para a captação de luz e CO₂, decrescendo com a maturação da planta (FERREIRA, 1996; POVH, 2004). As plantas submetidas ao tratamento testemunha, sem basalto e com fertilização recomendada, apresentaram resultado diferente uma vez que, o decréscimo da RAF foi mais lento, indicando

menor sombreamento. Nessas plantas esse índice se manteve constante a partir dos 150 DAE. As demais mudas que apresentaram diminuição da RAF até 120 DAE e aumento a seguir, denotam novamente maior área útil para fotossíntese.

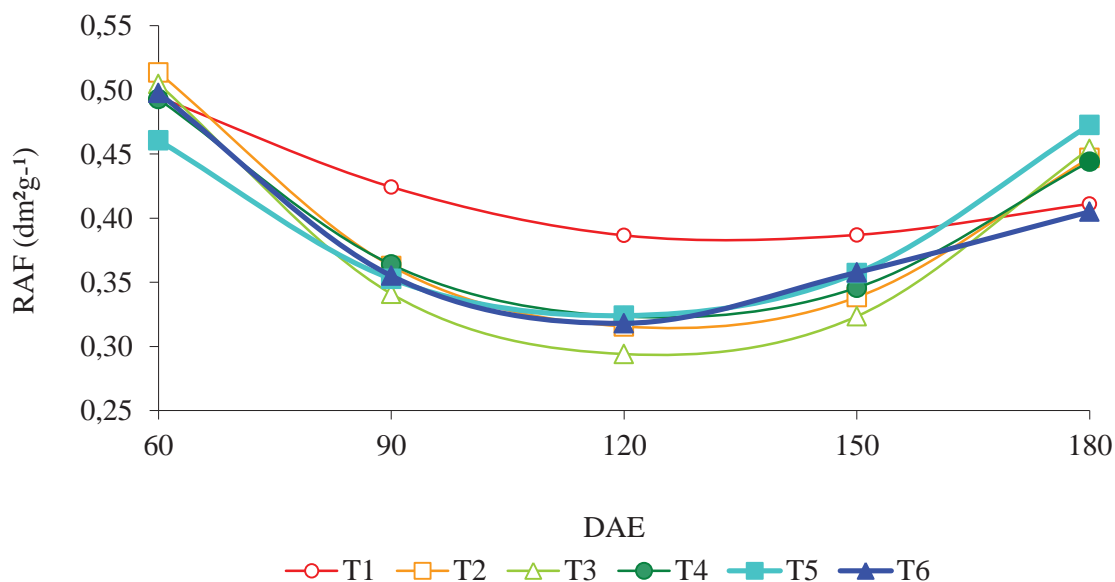


Figura 10. Razão da Área Foliar (RAF) em mudas de laranjeira 'Pêra' (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro 'Cravo' (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada.

Área foliar específica

A área foliar específica (AFE) de mudas de laranjeira 'Pêra' enxertada em limoeiro 'Cravo' submetidas aos diferentes tratamentos, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 11.

A área foliar específica (AFE) é expressa pela razão entre a área foliar e a matéria seca de lâminas foliares. A área foliar é um componente morfológico e a massa um componente anatômico de uma espécie vegetal, pois está relacionado à composição interna, ou seja, número e tamanho das células do mesofilo (BENINCASA, 2003). Assim, pode-se considerar que a AFE reflete o inverso da espessura das folhas.

Em todos os tratamentos a área foliar específica (AFE) foi semelhante à RAF (Figuras 10 e 11). Até os 150 DAE os tratamentos com basalto apresentaram menor AFE, ou seja, maior espessura, o que foi confirmado pelo estudo anatômico realizado nas plantas do experimento II, quando a espessura do parênquima paliçádico foi avaliado. Importante registrar que o tratamento com 36 kg de pó de basalto m^{-3} substrato e redução de 2/3 da fertilização, aos 180 DAE, apresentou aumento da AFE, ou seja, menor espessura, o que é concordante com a RMF que decresceu, indicando que nessa época a matéria seca foi exportada das folhas para os demais órgãos. O tratamento testemunha com menor AFE nesse momento apresenta maior espessura e a RMF indica que a matéria seca está sendo contida nas folhas (Figura 9).

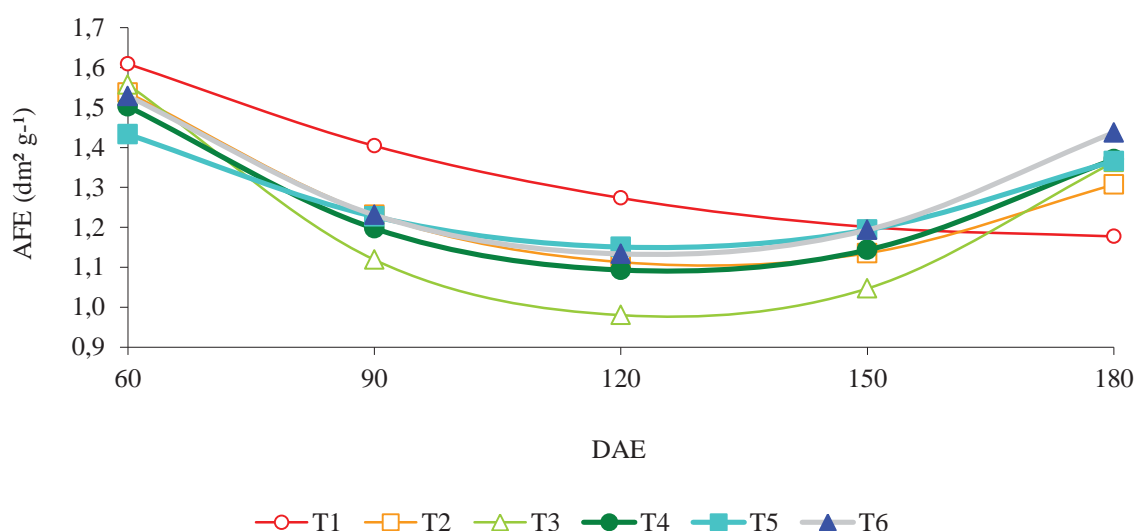


Figura 11. Área Foliar Específica (AFE) em mudas de laranjeira 'Pêra' (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro 'Cravo' (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada.

Taxa assimilatória líquida

A taxa assimilatória líquida (TAL) expressa a taxa de fotossíntese líquida, em

termos de massa seca produzida, em gramas, por decímetro quadrado de área foliar, por unidade de tempo (BENINCASA, 2003). A variação da taxa de assimilatória líquida das mudas de laranjeira 'Pêra' nos diferentes tratamentos pode ser observada na Figura 12. De acordo com Milthorpe & Moorby (1974), durante a ontogenia de uma cultura, há um primeiro período com taxas de crescimento aceleradas, seguido de outro em que as taxas são mais ou menos constantes e de um terceiro, com declínio desse índice. Neste último período, o crescimento pode se tornar negativo.

O tratamento com 36 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e fertilização recomendada apresentou esse decréscimo mais rápido e foi mais eficiente fotossinteticamente. Deve ser registrado que esse tratamento além da fertilização completa recebeu pó de basalto na concentração de 36 kg m⁻³, o que sugere importância do pó de basalto no desenvolvimento da espécie. Os tratamentos 36 e 72 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e redução de 2/3 da fertilização tiveram resultados semelhantes e também demonstraram eficiência fotossintética. Entre eles talvez mereça destaque o que foi cultivado com o menor nível de basalto, 36 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada.

O tratamento testemunha, ausência de basalto e fertilização completa, demonstra decréscimo da curva bem mais lento, indicando menor eficiência fotossintética. Por outro lado, os tratamentos 18 e 54 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada apresentaram as curvas semelhantes e mais constantes indicando também menores eficiências fotossintéticas.

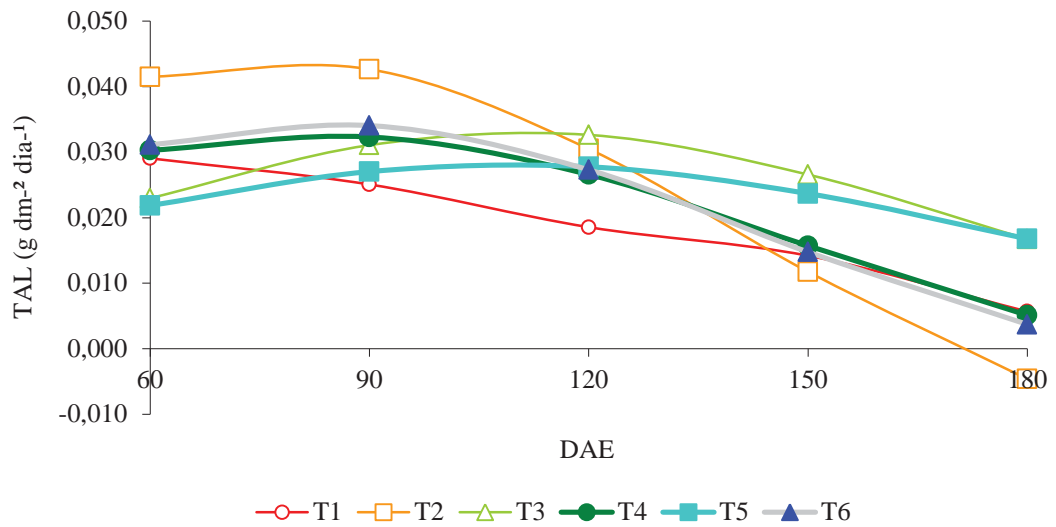


Figura 12. Taxa Assimilatória Líquida (TAL) em mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada.

Taxa de crescimento relativo

De acordo com Benincasa (2003), a taxa de crescimento relativo (TCR) é dada pelo aumento em gramas, e no caso de massa seca, relacionado ao peso de massa seca no instante em que se inicia o período de observação, observa-se curva com declínio indicativo de crescimento mais rápido, apresentando taxas mais elevadas, no início e mais baixas, no final.

A taxa de crescimento relativo apresentou decréscimo nos tratamentos com ausência de basalto e fertilização recomendada, 36 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e fertilização recomendada 36 e 72 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada e manteve-se praticamente constante nos tratamentos 18 e 54 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. Os tratamentos 36 e 72 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e redução de 2/3 da fertilização apresentaram resultados semelhantes e os melhores resultados foram apresentados pelas plantas cultivadas com 36 kg de pó de basalto m⁻³ substrato fertilização recomendada. Deve ser ressaltado que essas plantas

dispuseram da fertilização recomendada mais basalto em nível igual a 36 kg m⁻³ substrato e, portanto, melhor condição externa para crescimento em termos de possibilidade de disponibilidade de nutrientes. Considerando-se a redução de fertilização para 2/3 da recomendada sugere-se o cultivo com 36 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e 2/3 da fertilização recomendada, uma vez que, entre essas plantas e as cultivadas com 72 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada, as primeiras com menor nível de basalto já atingem o mesmo desenvolvimento das últimas. As plantas submetidas aos tratamentos 18 e 54 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada apresentaram baixa eficiência fotossintética (TAL), Figura 12, e baixa TCR (Figura 13).

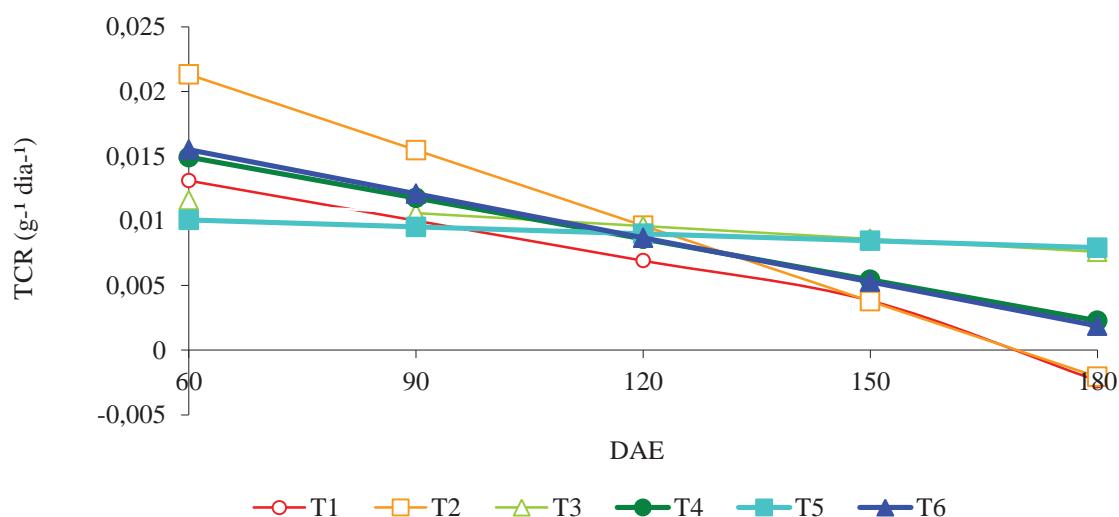


Figura 13. Taxa de Crescimento Relativo (TCR) em mudas de laranjeira 'Pêra' (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro 'Cravo' (*C. limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, nas várias colheitas. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática T₁: sem adição do pó de basalto no substrato, fertilização recomendada (testemunha); T₂: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e fertilização recomendada. T₃: adição de 18 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₄: adição de 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₅: adição de 54 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada. T₆: adição de 72 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução de 2/3 da fertilização recomendada.

Teores foliares de macro e micronutrientes

Os teores de macro e micronutrientes das amostras compostas de folhas do terço médio dos diferentes tratamentos, avaliados aos 180 dias após enxertia, são apresentados na tabela 9.

Tabela 9. Teores de macronutrientes (g kg^{-1}) e micronutrientes (mg kg^{-1}) em lâminas foliares de Laranjeira ‘Pêra’ (*C. sinensis*) enxertadas em Limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*) amostradas coletivamente aos 180 dias após a enxertia.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Basalto (kg m^{-3} substrato) +Fertilização	----- g kg^{-1} -----						----- mg kg^{-1} -----				
Ausência basalto + fertilização completa	33,9	2,2	25,9	17,9	3,1	2,9	37,7	65,0	159,3	61,5	56,0
36 kg basalto + fertilização completa	32,6	1,9	25,7	17,9	2,8	3,1	42,3	72,0	163,0	66,0	54,0
18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	34,3	1,9	26,1	18,1	3,0	2,5	39,6	69,3	96,3	61,3	61,5
36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	32,4	2,2	29,5	18,6	3,3	2,6	37,2	55,0	68,0	54,5	50,5
54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	32,7	2,2	30,4	19,8	3,6	3,0	39,4	60,8	43,3	41,8	41,3
72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	31,5	2,0	25,0	17,3	2,9	2,5	41,0	63,0	99,5	49,0	46,5

De acordo com Quaggio & Raij (1997), para laranjeiras em produção, os teores foliares de nitrogênio considerados adequados está entre 23,0 e 27,0 g kg^{-1} . No presente estudo, o nível desse nutriente variou entre 31,5 e 34,3 g kg^{-1} quando as plantas foram submetidas aos diferentes tratamentos com ausência ou presença de pó de basalto e fertilização recomendada ou reduzida a 2/3. Os resultados observados no presente estudo não concordam com os de Quaggio & Raij (1997), que refere níveis excessivos de nitrogênio quando ultrapassam 27,0 g kg^{-1} . No entanto, deve ser ressaltado que a fertilização em N no presente estudo seguiu as recomendações de Bataglia et al. (2008) para produção de mudas.

A exigência nutricional de mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido, onde se procura dar as condições para desenvolvimento rápido é diferente daquelas das plantas adultas em campo, motivo pelo qual, as quantidades de fertilizantes oferecidas são maiores. Dessa forma, como não existem trabalhos que avaliem os teores de N para produção inicial de mudas de laranjeira ‘Pêra’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, os dados foram comparados com os observados para plantas em produção. Assim, demonstra-se que as faixas

propostas como adequadas para plantas adultas no campo, não servem como referência para avaliar o estado nutricional de mudas produzidas em condições de viveiro e avaliadas no presente estudo.

Observa-se no presente estudo que as plantas cultivadas com pó de basalto e variação ou não na fertilização recomendada, tendeu a discreta diminuição do teor de N. Como no entanto, esses teores não foram diferentes entre si, a utilização de basalto pode dispensar 1/3 da fertilização em relação ao nitrogênio. As mudas avaliadas nos diferentes tratamentos não apresentaram sinais de deficiência de N, figura 14.



Figura 14. Vista geral das plantas submetidas aos diferentes tratamentos com ausência ou presença de pó de basalto e fertilização recomendada ou reduzida a 2/3 no experimento I. As plantas aparecem reunidas por tratamento momentos antes de serem levadas ao campo para o estabelecimento do experimento II. Lourenço Junior, B. A., 2009. Fazenda Morrinhos, Botucatu-SP.

O teor foliar de N nos tratamentos com pó de basalto e fertilização reduzida em 2/3, de maneira geral, foi próximo ao verificado por Creste (2006) e igual a 34 g kg^{-1} em mudas de laranja 'Valência' enxertadas em Citrumelo Swingle, e menor que o verificado por Boaventura (2003) em mudas de laranja 'Valência' enxertadas em limoeiro 'Cravo', cujo teor médio de N foi de $40,0 \text{ g kg}^{-1}$;

O teor de fósforo variou pouco entre os tratamentos, sendo, no entanto, maiores que os teores considerados adequados para Quaggio & Raij (1997) para plantas adultas, iguais a 1,2 a 1,6 g kg⁻¹. Embora se trate apenas de discreta tendência, o basalto acrescentado às plantas a partir de 36 kg de pó de basalto m⁻³ substrato, compensou a redução da fertilização em 1/3. Deve ser registrado que as mudas encontravam-se em contato com o basalto desde a fase de formação do porta-enxerto que na avaliação dos teores de nutrientes totalizavam 270 dias.

O teor de potássio variou entre 25,0 e 30,4 g kg⁻¹ e uma vez mais, superou os teores referidos por Quaggio & Raij (1997) para plantas adultas. Além disso, observa-se no presente estudo que as plantas cultivadas com 36 e 54 kg de pó de basalto m⁻³ substrato e redução da fertilização em 2/3 tenderam a aumento do teor de K. Maiores teores de K foram encontrados por Almeida et al. (2004) em mudas de eucalipto cultivadas com substrato contendo pó de basalto e esterco bovino. Os autores referem que o pó de basalto possivelmente contribuiu com maior acúmulo de K nas mudas.

O teor de cálcio variou pouco entre os tratamentos avaliados e revelou-se menor que o teor considerado adequado para plantas adultas (35,0-45,0 g kg⁻¹) por Quaggio & Raij (1997). No entanto, de acordo com Boaventura (2003), devido ao crescimento rápido das mudas cítricas, existem sempre folhas novas que podem revelar teores mais baixos de cálcio. Os teores foliares de Ca no presente estudo também foram menores que os observados por Boaventura (2003) em mudas de laranja 'Valência' enxertadas em limoeiro 'Cravo', cujo teor de Ca foi de 27,0 g kg⁻¹. Creste (2006) verificou teor foliar de Ca igual a 24g kg⁻¹ em mudas de laranja 'Valência' enxertadas em Citrumelo Swingle. Os resultados encontrados nos trabalhos acima citados foram diferentes dos observados no presente estudo. Devem ser consideradas, no entanto, as diferenças de variedade copa e porta-enxerto nos referidos estudos.

Os teores de Mg e S variaram respectivamente de 2,8 a 3,6 e 2,5 a 3,1g kg⁻¹ nas plantas submetidas a ausência ou presença de pó de basalto e fertilização recomendada ou reduzida a 2/3. Entre os diferentes tratamentos esses níveis tenderam à discretas variações. Esses resultados concordam com os referidos por Quaggio & Raij (1997) como teores considerados adequados para plantas consideradas adultas.

Os teores foliares de boro tenderam de maneira geral a discretos aumentos nas plantas cultivadas com pó de basalto. Esses teores podem ser considerados adequados à cultura, uma vez que se encontram dentro da faixa de suficiência que varia entre 36 e 100 mg

kg⁻¹ para plantas adultas (QUAGGIO & RAIJ, 1997). De acordo com o mesmo autor, as faixas de suficiência dos teores foliares de cobre varia entre 4,0 e 10,0 mg kg⁻¹. No presente estudo em todos os tratamentos os teores foliares de Cu foram muito superiores à faixa de suficiência indicada para plantas adultas. Talvez esses níveis superiores se justifiquem pelo fato de uma vez por semana as mudas terem sido submetidas a tratamento fitossanitário preventivo com adição de 40g de sulfato de cobre para cada 1000 litros de água.

Os teores de ferro e manganês tenderam a diminuir nas plantas submetidas aos tratamentos com a adição de pó de basalto e redução da fertilização. No entanto, todos os níveis observados estão dentro da faixa de suficiência propostas por Quaggio & Raij (1997). Os teores de zinco observados no presente estudo também encontram-se dentro da referida faixa.

3.2 Experimento II

Trocas gasosas foliares

No presente estudo, a média da taxa de assimilação de CO₂ nos diferentes tratamentos variou de 9,9 a 11,6 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (Figura 15), sendo menor no tratamento 2 (36 kg de pó de basalto m⁻³/cova e fertilização recomendada). Os tratamentos 4 e 5 (36 e 54 kg de pó de basalto m⁻³/cova e redução da fertilização em 2/3, respectivamente), apresentaram maior média de assimilação de CO₂ em relação aos demais, o que pode ser segundo Mediene et al (2002), atribuído ao melhor aproveitamento dos elementos minerais fornecidos. Deve ser registrado que o tratamento 4 apresentou a taxa assimilatória líquida revelando adequada eficiência fotossintética.

A taxa máxima de fotossíntese de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck ocorre em temperaturas do ar em torno de 22°C a 25°C (KRIEDMANN, 1971; KHAIRI & HALL, 1976). Sob condições naturais, sem deficiência hídrica no solo e com fluxo fotossintético de fótons saturante, a taxa de fotossíntese é máxima ao redor das 9h30, decrescendo posteriormente, com o aumento da temperatura e do déficit de pressão de vapor (DPV) (HABERMANN, 1999; MEDINA et al., 1999). No presente estudo a temperatura do ar durante as avaliações esteve a 27°C.

Os tratamentos 4 e 5 (36 e 54 kg de pó de basalto m⁻³/cova e redução da

fertilização em 2/3, respectivamente) apresentaram maiores médias da taxa de transpiração, o que segundo Klar (1984) está relacionado com altas taxas de absorção de CO₂, e, provavelmente, grandes consumos de água o que implica em incremento no desenvolvimento da espécie.

Em todos os tratamentos a taxa de transpiração variou proporcionalmente com a variação da condutância estomática, relação que de acordo com Medina (2005) não está necessariamente ligada com o metabolismo. No entanto, os tratamentos 3 e 6 (18 e 72 kg de pó de basalto m⁻³/cova e fertilização recomendada, respectivamente) apresentaram os menores valores de condutância estomática, taxa de transpiração e assimilação líquida. De acordo com Medina et al. (2005), condições propícias à fixação de carbono favorecem a abertura dos estômatos, enquanto propícias à perda de água favorecem o seu fechamento.

Observou-se maiores valores de CO₂ interno principalmente nos tratamentos 2 (36 kg de pó de basalto m⁻³/cova e fertilização recomendada) e 5 (54 kg de pó de basalto m⁻³/cova e redução da fertilização em 2/3) resultante da baixa eficiência da Rubisco na carboxilação. Deste modo, mesmo com elevada taxa de transpiração e tendência de aumento da condutância estomática, não há fluxo de CO₂ para o interior da folha. Com a diminuição da atividade da Rubisco, menor será a síntese orgânica e como a taxa de transpiração é elevada, menor a eficiência do uso da água (*EUA*). Deve ser ressaltado que o uso do basalto mais fertilização recomendada no tratamento 2 demonstrou ser excessivo para a assimilação de CO₂, o que pode ser confirmado pela observação do CO₂ interno em maior nível verificado nesse tratamento.

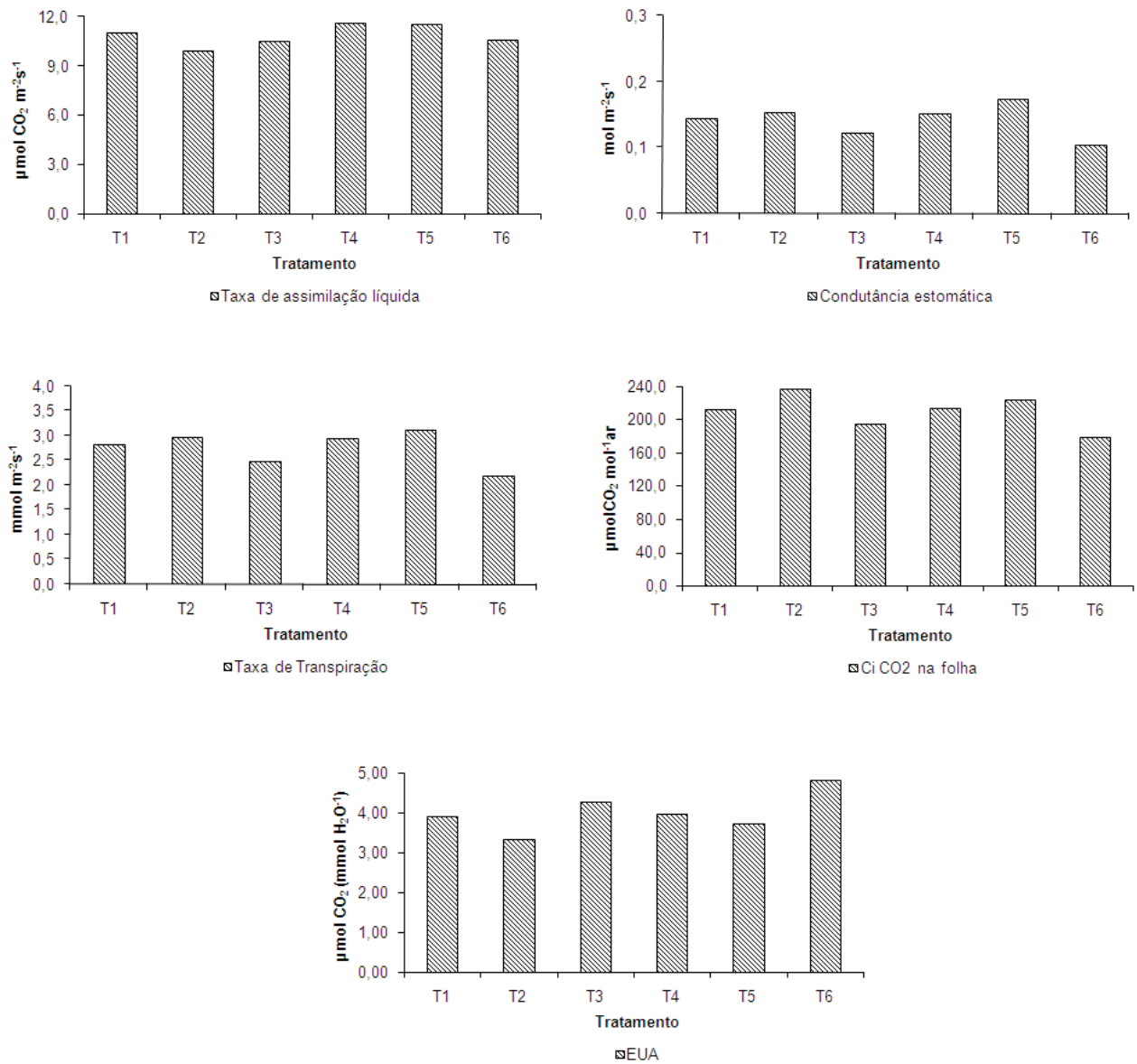


Figura 15. Trocas gasosas foliares em plantas jovens de laranja 'Pêra' *C. sinensis* (L) Osbeck enxertadas em limoeiro Cravo (*C. limonia*) e cultivadas em campo aos 170 dias após plantio, com variação de pó de basalto e fertilização de base. T₁: ausência de pó de basalto e fertilização recomendada; T₂: adição de 36 kg m⁻³ de pó de basalto/cova e fertilização recomendada; T₃: adição de 18 kg m⁻³ de pó de basalto/cova e redução da fertilização em 2/3; T₄: adição de 36 kg m⁻³ de pó de basalto/cova e redução da fertilização em 2/3; T₅: adição de 54 kg m⁻³ de pó de basalto/cova e redução da fertilização em 2/3; T₆: adição de 72 kg m⁻³ de pó de basalto/cova e redução da fertilização em 2/3.

Teores foliares de macro e micronutrientes

O resultado dos teores de macro e micronutrientes das amostras compostas de folhas dos diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Teores de macronutrientes (g kg^{-1}), micronutrientes e silício (mg kg^{-1}) em lâminas foliares de laranjeira ‘Pêra’ (*C. sinensis*) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*) amostradas coletivamente aos 180 dias após plantio em campo.

Tratamento Basalto (kg m^{-3} substrato) +Fertilização	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
	g kg^{-1}						mg kg^{-1}					
Ausência basalto + fertilização completa	25,90	1,82	16,60	21,10	2,40	1,78	39,40	6,0	132,0	41,0	28,0	13,8
36 kg basalto + fertilização completa	24,43	1,63	16,70	24,80	2,60	1,82	46,03	6,0	133,0	47,0	26,0	14,3
18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	27,51	1,80	16,00	25,70	2,60	1,82	47,37	5,0	140,0	42,0	27,0	14,9
36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	26,81	1,85	17,90	25,10	2,70	1,88	45,37	5,0	171,0	44,0	27,0	15,4
54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	28,70	1,82	14,80	27,70	2,50	1,97	43,65	5,0	162,0	40,0	26,0	15,9
72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	30,66	1,62	15,90	25,30	2,00	2,04	45,66	5,0	167,0	36,0	26,0	16,5

De acordo com Quaggio & Raij (1997), para laranjeiras em produção, os teores foliares de nitrogênio considerados adequados está entre 23,0 e 27,0 g kg^{-1} . No presente estudo, o nível desse nutriente nas plantas cultivadas em campo, variaram entre 24,3 e 30,7 g kg^{-1} quando foram submetidas aos diferentes tratamentos com ausência ou presença de pó de basalto e fertilização recomendada ou reduzida a 2/3. Os resultados observados no presente estudo, de maneira geral, concordam com os de Quaggio & Raij (1997) observados para plantas em produção. Deve ser ressaltado que as plantas cultivadas com adição de basalto e redução em 2/3 da fertilização, tenderam a apresentar teores foliares de N mais elevados.

O teor de fósforo variou pouco entre os tratamentos, estando pouco acima dos

teores considerados adequados para Quaggio & Raij (1997), iguais a 1,2 e 1,6 g kg⁻¹. Deve ser ressaltado esse nutriente apresentou discreta diminuição nas plantas cultivadas no campo em relação às aquelas cultivadas em viveiro, no experimento I.

Os teores de potássio, próximos àqueles considerados suficientes por Quaggio & Raij (1997), iguais a 10,0 e 15,0 g kg⁻¹ foram menores que os verificados no experimento I. Nas maiores doses de basalto, 54 e 72 kg m⁻³/cova e redução da fertilização, as plantas apresentaram discreta diminuição do teor de potássio.

O teor de cálcio variou pouco entre os tratamentos avaliados e revelou-se menor que o teor considerado adequado para plantas adultas (35,0-45,0 g kg⁻¹) por Quaggio & Raij (1997). No entanto, de acordo com Boaventura (2003), devido ao crescimento rápido das mudas cítricas em viveiro, existem sempre folhas novas que podem revelar teores mais baixos de cálcio. Os teores foliares de Ca no presente estudo também foram menores que os observados por Boaventura (2003) em mudas de laranjeira 'Valência' enxertadas em limoeiro 'Cravo', cujo teor de Ca foi de 27,0 g kg⁻¹. Creste (2006) verificou teor foliar de Ca igual a 24g kg⁻¹ em mudas de laranjeira 'Valência' enxertadas em Citrumelo Swingle. Os resultados encontrados nos trabalhos acima citados foram diferentes dos observados no presente estudo. Devem ser consideradas, no entanto, as diferenças de variedade copa e porta-enxerto nos referidos estudos. No entanto, quando comparados aos teores de Ca observados em viveiro, experimento I, esses teores já se revelaram maiores nas plantas cultivadas em campo, o que indica fase de desenvolvimento mais adiantada.

Os teores de Mg e S variaram respectivamente de 2,0 a 2,7 e 1,78 a 2,04g kg⁻¹ nas plantas submetidas a ausência ou presença de pó de basalto e fertilização recomendada ou reduzida a 2/3 no campo. Esses teores estão próximos aos referidos por Quaggio & Raij (1997) como aqueles considerados adequados para plantas adultas. Deve ser registrado que os teores de Mg e S das plantas cultivadas no campo foram pouco menores do que aqueles das plantas cultivadas em viveiro.

Os teores foliares de boro tenderam de maneira geral a discretos aumentos nas plantas cultivadas com pó de basalto. Esses teores podem ser considerados adequados à cultura, uma vez que se encontram dentro da faixa de suficiência que varia entre 36 e 100 mg kg⁻¹ para plantas adultas (QUAGGIO & RAIJ, 1997). De acordo com o mesmo autor, as faixas de suficiência dos teores foliares de cobre varia entre 4,0 e 10,0 mg kg⁻¹. No presente estudo em todos os tratamentos os teores foliares de Cu estão dentro da faixa de normalidade para plantas adultas. Cumpre ressaltar que esses teores elevadíssimos nas plantas cultivadas em viveiro, devido provavelmente ao tratamento fitossanitário preventivo com adição de 40g de

sulfato de cobre para cada 1000 litros de água, atingiram níveis normais registrados para a cultura.

Os teores de ferro revelaram-se acima da faixa de suficiência e os de manganês e zinco encontram-se na faixa (Quaggio & Raij, 1997).

Embora não tenham sido identificados trabalhos que registrem o teor de silício em citrus, no presente estudo as plantas cultivadas no campo revelaram discreto aumento desse mineral, o que pode justificar as alterações verificadas no estudo anatômico das plantas submetidas a pó de basalto com a presença de 53% de SiO₂.

Avaliação Anatômica

Cortes transversais realizados na região mediana do limbo de folhas obtidas de laranjeira 'Pêra', cultivadas sem adição de basalto (T₁) mostram que a epiderme é unisseriada e revestida por cutícula moderadamente espessa em ambas as faces foliares (Figura 16a). As células epidérmicas apresentam-se com formato variando de arredondado a retangular (Figura 16a-c) nas faces adaxial e abaxial da folha. Além de células comuns, na epiderme foram observadas células volumosas contendo cristais prismáticos (Figura 16a, b), mais abundantes na face adaxial da folha. Estômatos só foram observados na face abaxial da folha. O mesofilo é constituído por duas camadas de células parenquimáticas justapostas organizadas em paliçada (Figura 16a, b) e cerca de dez camadas de parênquima lacunoso (Figura 16a). Cavidades secretoras constituídas por lume amplo e epitélio secretor multisseriado são observadas no mesofilo (Figura 16c). As nervuras de menor calibre imersas no mesofilo são representadas por feixes vasculares colaterais fechados de pequeno porte (figura 16a).

Na região da nervura principal, as células epidérmicas apresentam formato variando de arredondado a papiliforme. O córtex é constituído exclusivamente por células parenquimáticas (Figura 17a); na região adaxial, são observadas cerca de quatro camadas de células ligeiramente alongadas no sentido periclinal e aproximadamente cinco camadas de células arredondadas, enquanto a face abaxial é constituída por cerca de 12 camadas de células arredondadas (Figura 17a), algumas das quais contendo acúmulo de substâncias birrefringentes.

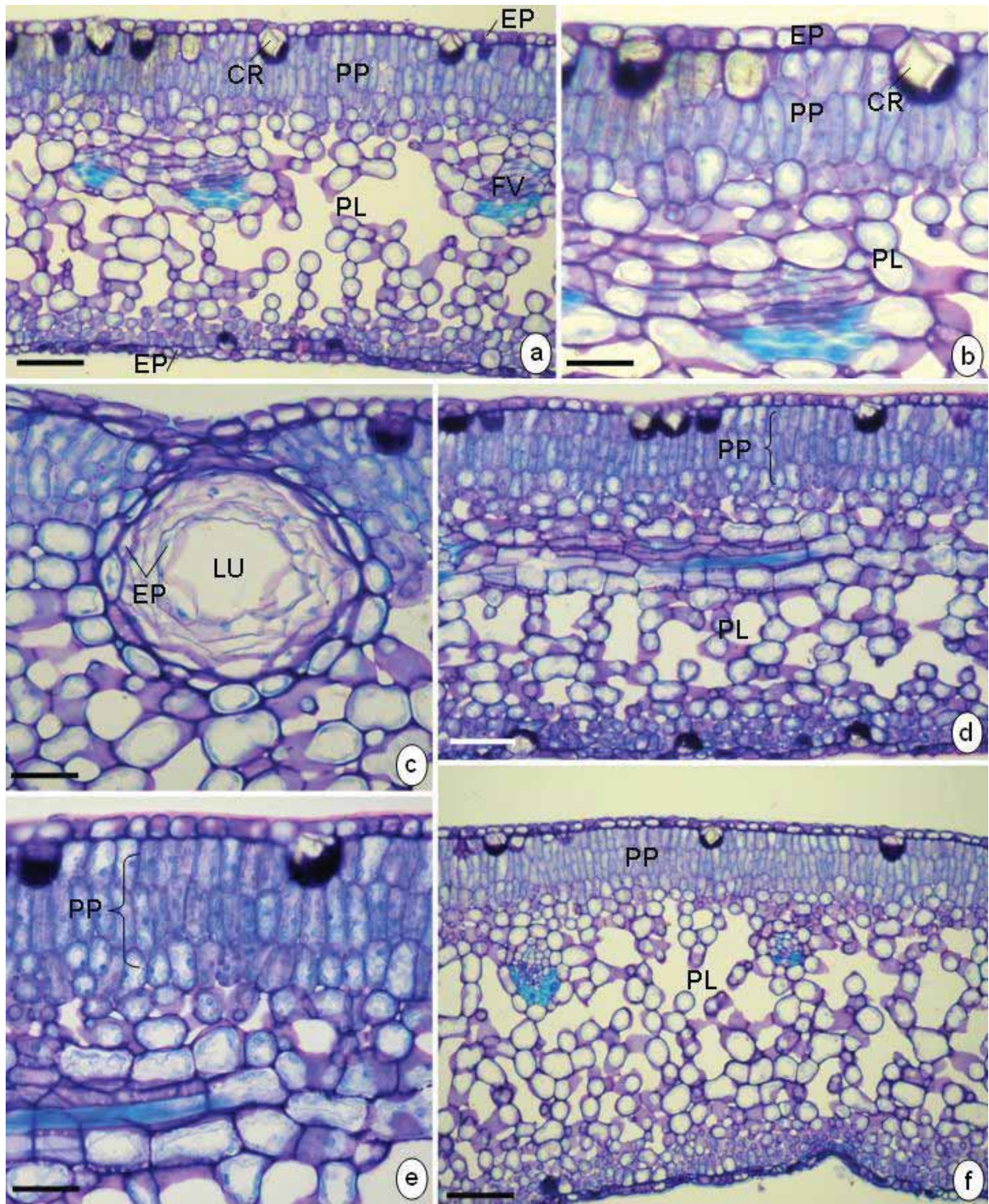


Figura 16. Fotomicrografias de seções transversais do limbo foliar de *Citrus sinensis* obtidas de indivíduos cultivados com variação de pó de basalto e fertilização. a.c, Tratamento testemunha (T1). a. Aspecto geral mostrando epiderme (EP) unisseriada nas faces adaxial e abaxial da folha e mesofilo constituído por parênquima paliçádico (PP) e parênquima lacunoso (PL). CR = cristal prismático em célula epidérmica; FV = feixe vascular. Barra = 100 μ m. b. Detalhe da figura anterior mostrando epiderme (EP) unisseriada na face adaxial da folha, parênquima paliçádico (PP) constituído por 2 camadas de células alongadas e parênquima lacunoso (PL). CR = cristal prismático em célula epidérmica. Barra = 50 μ m. c. Detalhe mostrando cavidade secretora no mesofilo constituída por lume amplo (LU) e epitélio secretor (EP) multisseriado. Barra = 50 μ m. d. Aspecto geral de limbo foliar no tratamento 2. Observar maior desenvolvimento do parênquima paliçádico (PP) em relação ao controle. PL = parênquima lacunoso. Barra = 100 μ m. e. Detalhe da figura anterior mostrando parênquima paliçádico constituído por três camadas de células parenquimáticas alongadas. Barra = 50 μ m. f. Aspecto geral de limbo foliar no tratamento 4 mostrando maior desenvolvimento do parênquima lacunoso (PL). PP = parênquima paliçádico. Barra = 100 μ m.

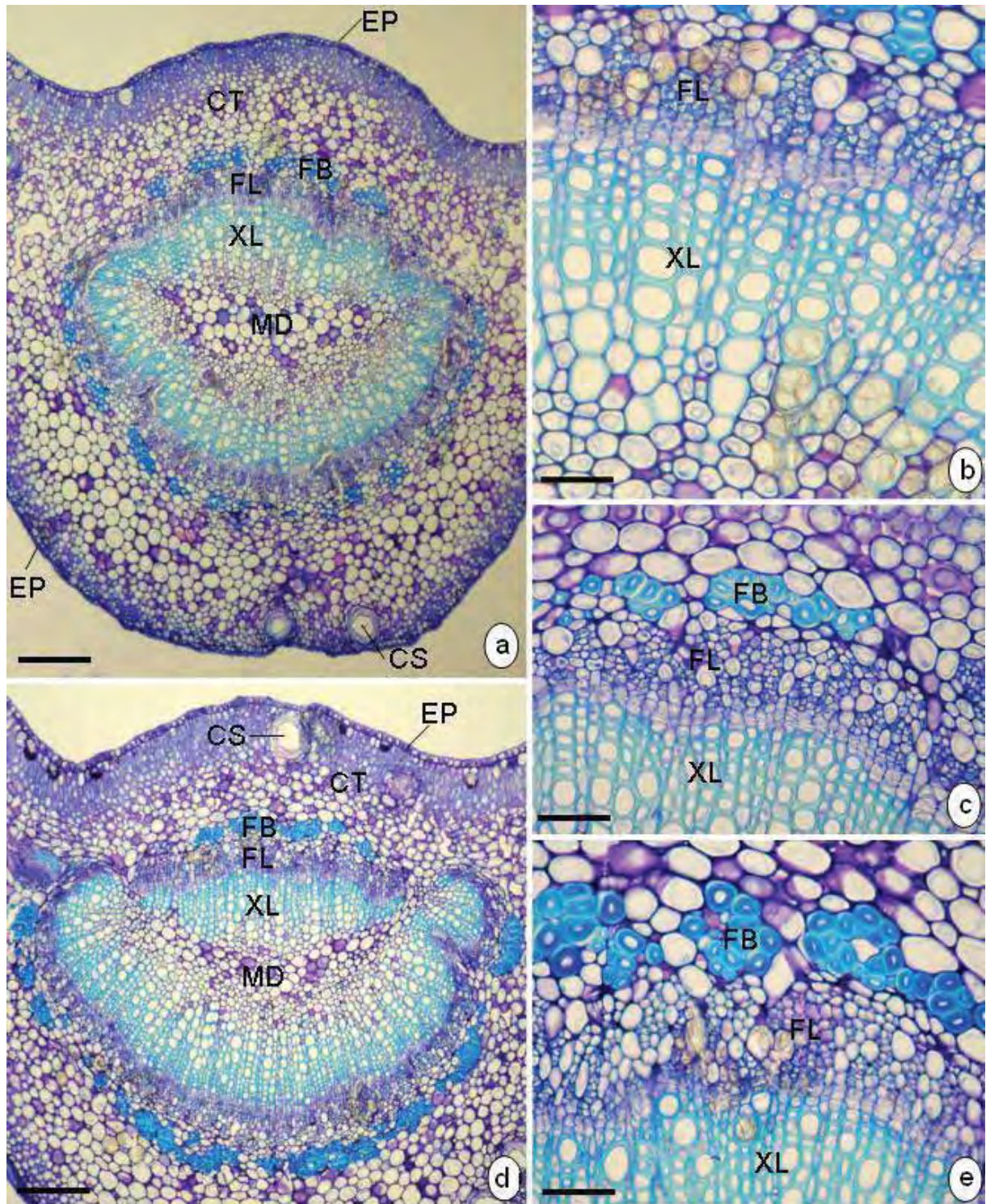


Figura 17. Fotomicrografias de secções transversais da nervura principal de folhas de *Citrus sinensis* obtidas de indivíduos cultivados com variação de pó de basalto e fertilização. a-e. Tratamento testemunha (T1). 7. Aspecto geral mostrando epiderme (EP), córtex (CT) parenquimático, anel de fibras (FI) descontínuo ao redor do floema (FL), xilema (XL) e medula (MD) central. CS = cavidade secretora no córtex. Barra = 150 μ m. b. Detalhe da figura anterior mostrando floema (FL) e xilema (XL) com células contendo acúmulos de substâncias birrefringentes em aglomerados. Barra = 50 μ m. c. Detalhe mostrando pequenos grupos de fibras pericíclicas lignificadas. Barra = 50 μ m. 10-11. Tratamento 1. d. Aspecto geral mostrando epiderme (EP), córtex (CT) parenquimático, anel de fibras (FI) pericíclicas lignificadas mais desenvolvimento que no controle, floema (FL), xilema (XL) e medula (MD). CV = cavidade secretora no córtex. Barra = 150 μ m. e. Detalhe da figura anterior mostrando maior desenvolvimento do anel de fibras lignificadas ao redor do floema (FL); XL = xilema. Barra = 50 μ m

Cavidades secretoras com características semelhantes àsquelas do mesofilo, porém menos volumosas, são observadas na região cortical da nervura principal (Figura 17a). O xilema é composto por elementos de vaso com lume amplo, fibras e células parenquimáticas (Figura 17b). Agregados de substâncias birrefringentes são observados nos elementos de vaso e células parenquimáticas do xilema (Figura 17b). O floema apresenta-se constituído por elementos de tubo crivado, células companheiras e células parenquimáticas comuns (Figura 17b). Idioblastos volumosos contendo cristais prismáticos, drusas ou substâncias birrefringentes em agregados são observados no floema (Figura 17b). Uma estreita faixa cambial pode ser observada entre os tecidos condutores (Figura 17b). Externamente ao floema, observa-se um anel descontínuo constituído por 2-3 camadas de fibras de paredes lignificadas (Figuras 17a, c). Na região central da nervura principal, encontra-se a medula constituída exclusivamente por células parenquimáticas (Figura 17a).

No limbo das folhas obtidas a partir das plantas cultivadas com variação do pó de basalto, observou-se aumento gradativo na espessura cuticular e na altura das células epidérmicas nas faces adaxial e abaxial da folha. No tratamento 6, a espessura cuticular foi a menor observada e a altura média das células foi menor que nos tratamentos 2 e 3, embora seja maior que aquela apresentada nos tratamentos testemunha e 2 (Tabelas 11 e 12).

Tabela 11. Aspectos anatômicos do limbo foliar de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, aos 175 dias de plantio em campo¹.

Caráter	Tratamentos					
	T ₁ : Ausência basalto + fertilização completa	T ₂ : 36 kg basalto + fertilização completa	T ₃ : 18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	T ₄ : 36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	T ₅ : 54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	T ₆ : 72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização
Altura das células epidérmicas – face adaxial (µm)	10,7	11,5	12,1	15,6	15,7	15,0
Altura das células epidérmicas – face abaxial (µm)	7,5	8,8	11,0	12,3	12,2	13,9
Espessura da cutícula – face adaxial (µm)	2,1	2,9	2,9	2,9	2,5	1,6
Espessura da cutícula – face abaxial (µm)	1,8	2,1	1,8	1,9	1,9	1,4
Parênquima paliçádico(µm)	65,7	85,4	75,2	68,2	68,9	70,0
Parênquima lacunoso (µm)	208,4	219,5	211,5	209,4	236,8	201,2
Diâmetro das cavidades secretoras do mesofilo (µm)	113,6	117,9	143,9	152,0	141,6	117,2
Área foliar ocupada pelas cavidades secretoras no mesofilo (µm ²)	10.215	11.001,5	16.271,7	18.158,5	15.708,0	10.788,0
Espessura total do limbo (µm)	284,6	329,4	319,9	310,2	334,1	308,2

¹. Médias das medições realizadas em regiões internervurais a partir de cortes transversais.

O parênquima paliçádico apresentou-se mais desenvolvimento no tratamento 2 (Figura 16d-e) e 3. Diferentemente do controle (T₁), nos tratamentos 2 a 6, o parênquima paliçádico mostrou-se constituído por três camadas celulares, sendo a camada mais interna menos desenvolvida que as demais (Tabela 11, Figura 16d-f) e originada a partir do alongamento de células arredondadas localizadas no parênquima esponjoso. Quanto ao parênquima lacunoso,

maior grau de desenvolvimento foi observado no tratamento 6 (Tabela 11, Figura 16f). Entretanto, em todos os tratamentos, observou-se uma tendência no aumento dos espaços intercelulares.

Tabela 12. Aspectos anatômicos da nervura foliar principal de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, aos 175 dias de plantio em campo¹.

Caráter Anatômico	Tratamento					
	T ₁ : Ausência basalto + fertilização completa	T ₂ : 36 kg basalto + fertilização completa	T ₃ : 18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	T ₄ : 36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	T ₅ : 54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	T ₆ : 72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização
Espessura da epiderme – face adaxial (µm)	10,38	11,0	12,0	13,6	14,35	13,8
Espessura da epiderme – face abaxial (µm)	10,1	10,8	10,8	13,1	13,9	13,6
Espessura da cutícula – face adaxial (µm)	1,96	2,48	2,40	2,45	2,23	1,48
Espessura da cutícula – face abaxial (µm)	1,83	2,1	1,8	1,91	1,72	1,0
Diâmetro das cavidades secretoras (µm)	80,45	84,46	85,0	85,34	93,54	102,08
Área foliar ocupada pelas cavidades secretoras (µm ²)	5.080,07	5.599,8	5.671,6	5.717,1	6.868,5	8.179,9
Espessura da calota de fibras (µm)	36,14	49,88	52,67	49,0	53,09	37,8

¹. Médias das medições realizadas na região da nervura principal a partir de cortes transversais.

Tabela 13. Comprimento e largura do limbo e média do número de estômatos por área quadrada na face abaxial do limbo foliar de mudas de laranjeira ‘Pêra’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia*) e cultivadas em substrato com variação de fertilização e de pó de basalto, aos 175 dias de plantio em campo¹.

Caráter	Tratamento					
	T ₁ : Ausência basalto + fertilização completa	T ₂ : 36 kg basalto + fertilização completa	T ₃ : 18 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	T ₄ : 36 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	T ₅ : 54 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização	T ₆ : 72 kg basalto + redução de 2/3 da fertilização
Média do número de estômatos	151	151	165	160	178	133
Comprimento do limbo (cm)	9,0	9,5	9,9	9,8	10,0	9,3
Largura do limbo (cm)	5,3	5,7	5,1	5,9	5,7	5,4

¹ Médias das medições realizadas em regiões internervurais a partir de cortes transversais.

As cavidades secretoras encontradas imersas no mesofilo e no córtex da nervura principal também mostraram variações no grau de desenvolvimento nos diferentes tratamentos. No mesofilo, as cavidades secretoras com maior diâmetro e área foram observadas nos tratamentos 2, 3 e 4; já as cavidades secretoras presentes no córtex da nervura principal mostraram aumento gradativo no diâmetro e na área a cada tratamento, sendo mais desenvolvidas no tratamento 6 (Tabelas 11 e 12).

O anel de fibras pericíclicas que envolvem externamente o floema mostrou uma tendência em se tornar gradativamente mais contínuo com o aumento da concentração de silício nos tratamentos 2, 3, 4, e 5 devido a maior concentração de células com paredes lignificadas (Figura 17d-e). No tratamento 6, a espessura do anel de fibras pericíclicas apresentou valor próximo ao do tratamento testemunha (T₁), tabela 12.

Chama a atenção a abundância de cristais prismáticos nas células da epiderme e de aglomerados de substâncias birrefringentes no mesofilo e, principalmente, nos tecidos vasculares. Nos tratamentos 5 e 6 observa-se maior abundância de tais substâncias birrefringentes em agregados nas células do xilema e do floema.

Com relação à espessura do limbo foliar, os valores obtidos nos diferentes tratamentos foram maiores que nas plantas mantidas como controle (Tabela 11).

O número de estômatos aumentou com a aplicação de basalto. No tratamento 6, o número de estômatos foi menor que no controle, tratamento 1, (Tabela 13).

Observou-se ainda aumento no comprimento do limbo de plantas cultivadas com basalto, independentemente da concentração do nutriente utilizada. Entretanto, o aumento na largura foliar não se manteve constante nos diferentes tratamentos, sendo que nos tratamentos 2, 4 e 5 foram observadas folhas com as maiores larguras (Tabela 13).

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que plantas jovens de laranjeira ‘Pêra’ cultivadas em campo com pó de basalto apresentaram alterações evidenciadas pelas modificações na morfologia e na anatomia foliar, tais como a tendência de aumento no comprimento do limbo foliar, maior espessura da cutícula, maior grau de desenvolvimento do parênquima paliçádico e lacunoso, do diâmetro das cavidades secretoras do mesofilo, da espessura total do limbo, da espessura do anel de fibras pericíclicas e aumento no número de estômatos.

O aumento no comprimento do limbo foliar das plantas nos diversos tratamentos aos quais o basalto foi adicionado indica que a utilização da rocha moída pode influenciar positivamente o tamanho da folha interferindo no alongamento celular, considerando na composição dessa rocha a presença de silício (53% SiO₂). Resultado similar foi obtido por Hossain et al. (2002) que verificaram um maior crescimento das folhas de plântulas de gramíneas tratadas com ácido silícico. Assim, os resultados do presente estudo indicam que o pó de basalto como fonte de silício pode influenciar no alongamento celular, mas, aparentemente, não exerce qualquer influência sobre processos de divisão celular. O maior grau de desenvolvimento das células do parênquima paliçádico pelo alongamento das células, e não por divisão celular, indica que o silício pode ser incorporado às paredes celulares, aumentando sua extensibilidade, que é o parâmetro principal na determinação da taxa de alongamento celular (YAMAMOTO 1996; SOGA et al. 1999; HOSSAIN et al. 2002). HATTORI et al. (2003) também observaram que o silício pode alterar a extensibilidade e a viscosidade da parede celular em raízes de sorgo, levando ao alongamento das raízes. O tratamento com silício aumenta a extensibilidade das paredes celulares nas zonas apical e subapical da raiz com concomitante diminuição dos coeficientes de elasticidade e viscosidade, levando ao alongamento da raiz. Já na região basal da raiz, o silício promove o aumento da elasticidade e da viscosidade, levando ao reforço das paredes das células da endoderme, garantindo ao estelo maior proteção contra perda de água e invasão de patógenos. Dados

semelhantes foram encontrados por Tanimoto et al. (2000) para raízes de *Pisum sativum*. Embora o mecanismo de extensibilidade de parede celular promovido pelo silício seja desconhecido, autores sugerem que a ligação deste elemento com a hemicelulose e a pectina presentes em grandes quantidades nas paredes primárias cause alterações nas propriedades mecânicas dessas paredes (TANIMOTO & HUBER 1997; TABUCHI & MATSUMOTO 2001; HATTORI et al. 2003), levando ao alongamento celular.

Além do maior desenvolvimento do parênquima paliçádico, os tratamentos com diferentes concentrações de pó de basalto proporcionaram maior espessamento da cutícula e maior desenvolvimento das células epidérmicas em *C. sinensis* (L) Osbeck. Braga et al. (2009), num estudo com morangueiro, encontraram dados semelhantes a estes, mostrando que a adição de silício ao meio de cultivo proporcionou aumento na espessura dos tecidos do limbo foliar, na deposição de cera epicuticular, além da formação de depósitos de silício nas células, levando ao aumento da massa fresca e seca dos propágulos de morangueiro. Segundo Silva (2005, 2007), o maior espessamento cuticular e a deposição de silício nas paredes das células vegetais tornam a planta mais resistente ao ataque de herbívoros e patógenos.

O maior desenvolvimento do anel de fibras pericíclicas lignificadas nos tratamentos 2 a 5 sugere que o pó de basalto, rico em silício, nessas concentrações pode interferir no processo de lignificação da parede celular. Em *Cucurbita* (PIPERNO et al., 2002) e milho (DORWEILER & DOEBLEY, 1997) o acúmulo de sílica nas paredes celulares parece estar ligado a porções de genes que estão envolvidos no processo de lignificação. O ácido silícico tem grande afinidade com compostos orgânicos polihidroxílicos que participam da síntese de lignina (PERRY & KEELING-TUCKER, 2000). Entretanto, segundo Richmond & Sussman (2003), é difícil concluir se a silicificação e a lignificação são processos correlacionados ou se o aumento na síntese de lignina concomitantemente aumenta a silicificação.

Entretanto, nas plantas jovens de laranjeira ‘Pêra’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, a concentração de 36 kg m⁻³ de pó de basalto/cova com adição de 100 g de superfosfato simples parece proporcionar aumento na espessura da cutícula nas diferentes regiões foliares estudadas e o desenvolvimento do anel de fibras pericíclicas da nervura principal. Além disso, no tratamento 6 foi observado o menor grau de desenvolvimento do parênquima lacunoso. A espessura do parênquima paliçádico no tratamento 6 também foi menor que nos tratamentos 2 e 3. Segundo Hossain et al. (2009), o silício em altas concentrações pode se polimerizar e se transformar em um gel após certo tempo em solução, tornando-se indisponível, o que pode explicar o menor grau de desenvolvimento desses

tecidos no tratamento 6. A partir de 18 kg m⁻³ de pó de basalto/cova as características observadas no limbo foliar de laranjeira 'Pêra' foram semelhantes àquelas encontradas nos indivíduos mantidos como controle, sugerindo a existência de uma concentração ótima de silício para o desenvolvimento vegetal. Segundo Hossain et al. (2002), concentrações de silício superiores àquela considerada como ótima podem inibir em alguma proporção o alongamento celular e o aumento na espessura das paredes celulares.

Com relação ao tamanho das cavidades secretoras de óleo encontradas no limbo foliar de *C. sinensis* (L) Osbeck, o fornecimento de diferentes concentrações de pó de basalto, rico em silício, nos tratamentos 2 a 6 pode ter influenciado positivamente o desenvolvimento das células epiteliais, o que promoveu maior diâmetro das cavidades secretoras e área foliar ocupada pelas mesmas.

A maioria dos trabalhos (LUX et al. 1999; PARRY & SMITHSON, 1964; HOSSAIN et al. 2002) relatam o acúmulo de silício nas paredes celulares, o que pode contribuir para reforçar a parede celular e aumentar a resistência da planta a vários fatores bióticos e abióticos. Acúmulos de substâncias birrefringentes no interior das células podem representar depósitos de silício como observado por Braga et al. (2009) em folhas de morangueiro. Entretanto, os aglomerados birrefringentes observados em células do mesófilo e dos tecidos vasculares de *C. sinensis* (L) Osbeck assemelham-se àqueles observados por Cornara et al. (2009) em *Crithmum maritimum* e que se apresentam como agregados plumosos. Devido ao fato de que em folhas de indivíduos de *C. sinensis* (L) Osbeck mantidos como testemunha também foram observados tais aglomerados de substâncias birrefringentes em células do mesófilo e dos tecidos vasculares, acredita-se que tais acúmulos apresentem silício em sua composição.

Considerações finais

Tomando-se como referência as mudas submetidas ao tratamento testemunha (ausência de pó de basalto e fertilização recomendada), nos experimentos I e II, as seguintes considerações podem ser registradas:

1. Quando as mudas foram cultivadas com 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e fertilização recomendada, as variáveis altura de mudas, diâmetro de caule, número de folhas, massa seca de raízes, massa seca de caule mais pecíolos, massa seca de lâminas

foliares, massa seca total e área foliar, não apresentaram diferenças. Entre os índices fisiológicos, a razão de massa de foliar decresceu até 120 DAE, indicando menor fração de fotoassimilados retidos na folha, sendo direcionados para os demais órgãos e garantindo o crescimento das mudas. Esse índice aumentou a partir desse ponto, indicativo de novo investimento das mudas em folhas. A área foliar específica apresentou pouca variação indicando maior espessura ao longo entre 90 e 150 DAE. Os decréscimos mais rápidos da taxa assimilatória líquida e da taxa de crescimento relativo indicam, respectivamente, maior eficiência fotossintética e maior crescimento com base em material preexistente. De maneira geral, discretas variações dos teores foliares de macro e micronutrientes foram verificadas. No campo, essas mudas aos 170 dias apresentaram discretas tendências de diminuição taxa de assimilação de CO₂, aumento da taxa de transpiração, aumento da concentração interna de CO₂, e conseqüente diminuição da eficiência do uso da água. O estudo anatômico dessas mudas cultivadas no campo revelou aumento de altura das células epidérmicas e espessura de cutícula das faces adaxial e abaxial, aumento do parênquima paliçádico e lacunoso, aumento do diâmetro das cavidades secretoras do mesofilo e da área por elas ocupada e aumento da espessura total do limbo foliar. Além disso, essas plantas revelaram maior espessura da calota de fibras na nervura foliar principal e maior comprimento e largura do limbo foliar. O teor de silício foi pouco superior. Dessa forma, as plantas cultivadas com 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e fertilização recomendada desenvolveram-se bem e podem com base nas alterações anatômicas apresentar maior resistência no campo, com possibilidade de aumento de produção, cuja certeza dependerá de avaliações futuras.

2. As mudas cultivadas com 18 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e 2/3 da fertilização recomendada apresentaram diminuição da altura de mudas, número de folhas, massa seca de caule mais pecíolos, massa seca de lâminas foliares, massa seca total e área foliar. Entre os índices fisiológicos, a razão de massa de foliar apresentou decréscimo mais lento indicando menor crescimento e maior investimento em folhas. A razão de área foliar e área foliar específica decresceram mais rápido, até 120 DAE, aumentando a seguir, outro indicativo de maior investimento em folhas. A taxa assimilatória líquida e a taxa de crescimento relativo indicam, respectivamente, variaram pouco, indicando baixa eficiência fotossintética e menor crescimento com base em material preexistente. De maneira geral, discretas variações dos teores foliares de macro e micronutrientes foram verificadas, exceto para o ferro que apresentou expressiva redução. No campo, essas mudas aos 170 dias apresentaram discretas tendências de diminuição da taxa de transpiração, condutância

estomática e concentração interna de CO₂, sem variação da assimilação de CO₂ e, portanto, maior eficiência do uso da água. O estudo anatômico dessas mudas cultivadas no campo revelou aumento de altura das células epidérmicas e espessura de cutícula das faces adaxial e abaxial, aumento do parênquima paliçádico e lacunoso, aumento do diâmetro das cavidades secretoras do mesofilo e da área por elas ocupada e aumento da espessura total do limbo foliar. Além disso, essas plantas revelaram maior espessura da calota de fibras na nervura foliar principal e maior comprimento do limbo foliar. O teor de silício foi pouco maior. Com base nos resultados acima apresentados, as plantas cultivadas com 18 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e redução em 2/3 da fertilização recomendada apresentaram menor desenvolvimento, embora as alterações anatômicas apresentadas possam estar relacionadas com maior resistência no campo.

3. Quando as mudas foram cultivadas com 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e 2/3 da fertilização recomendada, as variáveis altura de mudas, diâmetro de caule, número de folhas, massa seca de raízes e massa seca total não apresentaram diferenças. A massa seca de caule mais pecíolos e a massa seca e área de lâminas foliares diminuíram. Entre os índices fisiológicos, a razão de massa de foliar, de maneira geral, foi semelhante e indicou investimento em folhas a partir dos 120 DAE. A razão de área foliar e área foliar específica decresceram mais rápido até 120 DAE, aumentando a seguir, indicativo de novo investimento em folhas. Os decréscimos mais rápidos da taxa assimilatória líquida e da taxa de crescimento relativo indicam, respectivamente, maior eficiência fotossintética e maior crescimento com base em material preexistente. De maneira geral, discretas variações dos teores foliares de macro e micronutrientes foram verificadas, exceto para o ferro. No campo, essas mudas aos 170 dias apresentaram taxa de assimilação de CO₂, taxa de transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂, e eficiência do uso da água semelhantes às mudas cultivadas sem pó de basalto e com fertilização recomendada. O estudo anatômico dessas mudas cultivadas no campo revelou aumento de altura das células epidérmicas e espessura de cutícula das faces adaxial e abaxial, aumento do parênquima paliçádico e lacunoso, aumento do diâmetro das cavidades secretoras do mesofilo e da área por elas ocupada e aumento da espessura total do limbo foliar. Além disso, essas plantas revelaram maior espessura da calota de fibras na nervura foliar principal e maior comprimento e largura do limbo foliar. O teor de silício foi maior. Dessa forma, as plantas cultivadas com 36 kg de pó de basalto m⁻³ de substrato e 2/3 da fertilização desenvolveram-se bem, muitas vezes não apresentando diferenças ou com melhor desempenho em relação às cultivadas sem pó de basalto. Além

disso, com base nas alterações anatômicas, podem apresentar maior resistência no campo, com possibilidade de aumento de produção, cuja certeza dependerá de avaliações futuras.

4. Quando as mudas foram cultivadas com 54 e 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e $2/3$ da fertilização recomendada, as variáveis altura de mudas e número de folhas, não variaram. Embora as plantas cultivadas com 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e $2/3$ da fertilização recomendada não tenham apresentado variação, foram menores as variáveis diâmetro de caule, massa seca de raízes, massa seca de caules e pecíolos, massa seca de lâminas foliares, massa seca total e área foliar das plantas cultivadas com 54 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e $2/3$ da fertilização recomendada. As trocas gasosas e os índices fisiológicos avaliados não revelam melhor desempenho dessas plantas. As discretas variações dos teores foliares de macro e micronutrientes não revelaram alterações visuais das mudas. O estudo anatômico dessas mudas no campo revelou maiores alterações dos caracteres anatômicos quando cultivadas com 54 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e $2/3$ da fertilização. Nas plantas cultivadas com 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e $2/3$ da fertilização recomendada, muitos caracteres revelaram-se abaixo daqueles observados para as plantas cultivadas sem basalto e fertilização completa. O teor de silício foi maior nas plantas cultivadas com 54 e 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e $2/3$ da fertilização recomendada. Com base nesses resultados, o cultivo das mudas com 54 e 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e $2/3$ da fertilização recomendada não supera as condições reveladas pelas cultivadas com 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e $2/3$ da fertilização recomendada.

5 CONCLUSÕES

A laranjeira 'Pêra' enxertada em limoeiro 'Cravo' cultivada com 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e fertilização recomendada ou com a sua redução em $2/3$, em condições de viveiro, desenvolveu-se bem e as alterações anatômicas apresentadas sugerem maior resistência no campo.

As mudas cultivadas com 18, 54 e 72 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e redução em $2/3$ da fertilização recomendada, não apresentaram vantagens em relação às cultivadas com 36 kg de pó de basalto m^{-3} de substrato e fertilização recomendada ou com a sua redução em $2/3$.

6 REFERÊNCIAS

ALBRIGO, G. **Influências ambientais no desenvolvimento dos frutos cítricos**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS - FISILOGIA, 2., 1992, Bebedouro-SP. Anais... Campinas, SP : Fundação Cargill, 1992. 226p. p.100 - 106.

AMARO, A. A. **Citricultura**. Informações Econômicas, São Paulo, v.29, n. 12, dez. 1999.

AMPARO, A. Farinha de rocha e biomassa. **Agroecologia Hoje**. Botucatu, n. 20, p. 10-12, ago/set 2003.

ARAÚJO, E. F., ROQUE, N. **Taxonomia dos citros**. In: MATTOS JUNIOR, D., DE NEGRI, J. D., PIO, R. M., POMPEU JUNIOR, J. Citros. Campinas: Instituto Agrônômico e FUNDAG, cap. 6. p.107, 2005.

AGUSTÍ, M. **Citricultura**. Madri, Ediciones Mundi-Prensa, 2000. 416p.

BATAGLIA, O. C., FURLANI, P. R. Nutrição mineral e adubação para cultivos em substratos com atividade química. In: **4º Encontro Nacional de Substratos para Plantas, 2004**. Viçosa, p. 106-125.

BATAGLIA, O. C., FURLANI, T. R., FERRAREZI, R. S., MEDINA, C. L. Padrão nutricional de mudas de Citros. **Boletim Técnico**. Araraquara, 2008. 40 p.

BOAVENTURA, P. S. R. **Demanda por nutrientes de mudas cítricas produzidas em substrato em ambiente protegido**. Dissertação de mestrado. Instituto Agrônômico de Campinas. Campinas, 2003.

BOTELHO, D. M. S., POZZA, E., ALVES, E., FURTINI NETO, A. E., RODRIGUES, J. P., BARBOSA, D., CASTRO. D. M. Aspectos anatômicos e fisiológicos de mudas de cafeeiro com Cercosporiose adubadas com ácido silícico. **Coffee Science**, Lavras, 4, nº 2, p. 93-99. 2009.

BOTEON, M., NEVES, E. M. **Citricultura brasileira: aspectos econômicos**. In: MATTOS JUNIOR, D., DE NEGRI, J. D., PIO, R. M., POMPEU JUNIOR, J. Citros. Campinas: Instituto Agronômico e FUNDAG, cap. 2. p.21, 2005.

BRAGA, F. T., NUNES, C. F., FAVERO, A. C., PASQUAL, M., CARVALHO, J. G., CASTRO, E. M. Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44, nº 2, p. 128-132. 2009.

CARLOS, E.F., STUCHI, E.S., DONADIO, L.C. **Porta-enxertos para a citricultura paulista**. Jaboticabal, Funep, 1997. 47p. (Boletim citrícola n. 1).

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba, FUPEF, 1995. 451 p.

CARVALHO, S. A. Propagação dos citros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 209, p. 21-25, 2001.

CARVALHO, S. A., GRAF, C. C., VIOLANTE, A. R. **Produção de material Básico e propagação**. In: MATTOS JUNIOR, D., DE NEGRI, J. D., PIO, R. M., POMPEU JUNIOR, J. Citros. Campinas: Instituto Agronômico e FUNDAG, cap. 10. p. 281, 2005.

CASTLE, W.S., FERGUSON, J.J. Current status of greenhouse and container production of citrus nursery trees. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**. Winter Haven, p. 42-46, 1982.

CASTLE, W.S. Rootstock as a fruit quality factor in citrus and deciduous tree crops. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**. New Zealand, v.23, p.383-394.1995.

CASTRO, P.R.C. Comportamento dos citros sob déficit hídrico. **Laranja**, Cordeirópolis, v.15, n.2, p.139-154, 1994.

CORNARA, L., D'ARRIGO, C., PIOLI, E., BORGHESI, B., BOTTINO, C., PATRONE, E., MARIOTTI, M. G. Micromorphological investigation on the leaves of the rock samphire

(*Crithmum maritimum* L.): Occurrence of hesperidin and diosmin crystals. **Plant Biosystems**, 143, 2009. Pp 283-292.

CRESTE, A. L. T. **Doses de nitrogênio e cálcio na produção de mudas de laranjeira ‘Valência’ enxertadas em Citrumelo Swingle**. Tese de doutorado. Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. Botucatu, 2006.

CRISTAN, C. A. **Comunicação pessoal**. Fazenda Morrinhos, Botucatu-SP. 15 de agosto de 2008.

FAO – **Food and Agriculture Organization**. Disponível em:

<<http://www.faostat.fao.org>> Acesso em: 15 ago. 2009

HERRERO, R. et al. Genetic diversity in the orange subfamily Aurantioideae. I. Intraspecies and intragenusgenetic variability. **Theory Applied in Genetic**. v.92, p.599-609, 1996a.

DAVIDE, A. C., JOSÉ, A. C., PINTO, L. V. A. **Produção de mudas de espécies florestais nativas**. Programa de pós-graduação em engenharia florestal, Lavras, 2002. Simpósio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 2002, Belo Horizonte.

DI GIORGI, F., IDE, B. Y., DIB, K., *et al.* Qualidade da laranja para industrialização. **Laranja**, Cordeirópolis, v.14, n.1, p.:97-118, 1993.

EPSTEIN, E., BLOOM, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Planta, Londrina. 2006. 403 p.

FELIPPE, G. M. **Desenvolvimento**. In: FERRI, M. G. Fisiologia vegetal. 2. ed. São Paulo: EPU, 1986. p. 1-37.

FUNDECITRUS. **Revista**. Ano XIV, nº 112. Araraquara, setembro/outubro 2002.

GIESSMANN. **Utilização agrícola do pó de basalto**. Associação de Agricultura Ecológica de Witmarsum. 2004. 3 f. (Propaganda).

GOMES, M. A. F. et al.. **Nutrientes vegetais no meio ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2000. 50 p.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 310-350.

GUIMARÃES, E. M. **Coordenação de extensão museu de geociências**, 2002. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/exte/museu/index.htm>> Acesso em 19 set. 2008.

HATTORI, T., INANAGA, S., TANIMOTO, E., LUX, A., LUXOVA, M., SUGIMOTO, Y. 2003. Silicon-Induced changes in viscoelastic Properties of Sorghum Root Cell Walls. **Plant Cell Physiology**, v. 44p. 743-749.

HOSSAIN, M. T., MORI, R., SOGA, K., WAKABAYASHI, K., KAMISAKA, S., FUJII, S., YAMAMOTO, R., HOSON, T. 2002. Growth promotion and an increase in cell wall extensibility by silicon in rice and some other Poaceae seedlings. **The Botanical Society of Japan and Springer-Verlag**, v.115, p. 23-27.

KAMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000, 254p.

KHATOUNAIN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu, Agroecológica. 2001. 348 p.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. 3ª ed., Piracicaba, 2002. 171 p.

KNAPIK, J. G. **Utilização de pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de *Mimosa scabrella* Benth e *Prunus selowii* Koehne**. 2005. 151p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

KRIEDMANN, P.E. Photosynthesis and transpiration as function of gaseous diffusive resistance in orange leaves. **Physiologia Plantarum**, v.24, p.218-225,1971.

KORNDÖRFER, G. H.2004. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Universidade Federal de Uberlândia. **Boletim Técnico**, 02. Uberlândia, 2004. 39p.

LEONARDOS, O. H., FYLE, W. S., KROMBERG, B. **Rochagem: método de aumento de fertilidade em solos lixiviados e arenosos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1976, Ouro Preto. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976. p. 137-145.

LUCHESE, E. B., FAVERO, L. O. B., LENZI, E. **Fundamentos da química do solo, teoria e prática**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 182 p.

MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M. G. (Coord.). Fisiologia vegetal. São Paulo: EPU, 1985. p. 333-350.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba/SP: Potafós, 1997. 319 p.

MATICHENKOV, V., BOCHARNIKOVA, E., CALVERT, D. 2001. **Horticultural Society**. 114: p. 94-97.

MATTOS JUNIOR, D., CARVALHO, S.A., PEDROSO, F. G. **Fontes e doses de nitrogênio na produção do porta-enxerto limoeiro Cravo (*Citrus limonia*) em viveiro telado**. In: 6th World Congress of the International Society of Citrus Nursery. Ribeirão Preto, Brazil, 2001. p.263-265.

MAUAD, M., GRASSI FILHO, H., CRUSCIOL, C. A. C., CORRÊA, J. C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. 2003. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:867-873.

MOREIRA, S., RODRIGUES FILHO, A. J. **Cultura dos Citrus**. 5.ed. São Paulo: Melhoramentos de São Paulo, 1965. 111p.

MUNSON, R.D., NELSON W. L. Principles and practices in plant analysis. In: WALSH, L. M; BEATON, J. D. Soil testing and plant analysis. Madison. **American Society of Soil Science**, 1973. p. 223-48.

NICHELE, E., R. **Utilização de minerais no desenvolvimento de plantas na mitigação de odores em criações de animais confinadas**. 2006. 86 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina.

OLIVEIRA, J.B. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. **Boletim científico**, v. 45. Campinas, Instituto Agronômico, 1999. 108 p.

PIO, R. M., FIGUEIREDO, J. O., STUCHI, E. S., CARDOSO, S. A. B. **Variedades Copa**. In: MATTOS JUNIOR, D., DE NEGRI, J. D., PIO, R. M., POMPEU JUNIOR, J. Citros. Campinas: Instituto Agronômico e FUNDAG, cap. 3. p.39, 2005.

POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUEZ, O., VIEGAS, F.C.P., POMPEU JÚNIOR, J., *et al.* **Citricultura brasileira**. 2ª ed. Campinas : Fundação Cargill, 1991. v.1, p.265-280.

POZZA, A. A. A., ALVES, E., POZZA, E., CARVALHO, J. G., MONTANARI, M., GUIMARÃES, P. T. G., SANTOS, D. M. Efeito do Silício no Controle da Cercosporiose em Três Variedades de Cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**,v.29, mar-abr. 2004.

QUAGGIO, J.A., TEÓFILO SOBRINHO, J., DECHEN, A.R. **Magnesium influences on fruit yield and quality of ‘Valencia’ sweet orange on Rangpur lime**. Proc. Int. Soc. Citriculture, v.2, p.633-637, 1992.

QUAGGIO, J. A., van RAIJ, B. Frutíferas. In: RAIJ, B. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico**. Campinas, Instituto Agronômico: Campinas, 1997. p. 121-153.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa, 2002. 338 p.

SANTOS, C. B. dos. et al. Efeito do volume de tubete e tipos de substrato na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

SCHÄFER, G. **Caracterização molecular, diagnóstico e avaliação de porta-enxertos na citricultura gaúcha**. 2000. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCHELLER, E. **Fundamentos científicos da nutrição vegetal na agricultura ecológica**. 1998. 78 p.

RICHMOND, K., SUSSMAN, M. 2003. Got Silicon? The non-essential beneficial plant nutrient. **Plant Biology**. 6: p. 268-272.

ROCHA, M., MALAVOLTA, E. **Perspectivas de demanda, comercialização e produção industrial de enxofre e micronutrientes para a agricultura**. In: BORKET, C. M., LANTMANN, A. F. Anais do Simpósio Enxofre e Micronutrientes na Agricultura Brasileira. Londrina: EMBRAPA, 1988. p. 277-309.

TEÓFILO SOBRINHO, J. **Propagação dos citros**. In: RODRÍGUEZ, O., VIEGAS, F., POMPEU JÚNIOR, J., AMARO, A.A. Citricultura brasileira. Campinas, Fundação Cargill, 1991. v.1, p.281-301.

TURNER, F.J., VERHOOGEN, J. **Igneous and Metamorphic Petrology**. 2 ed. New York: McGraw-Hill. 1960. 694 p.

SALIBE, A. A. et al. Sinopse de conhecimentos e pesquisas sobre a Laranja 'Pêra'. **Laranja**, Cordeirópolis, v.23, n.1, p.231-245, 2002.

SAVANT, N. K., KORNDÖRFER, G. H., SNYDER, G. H., DATNOFF, L. E. Silicon Nutrition and Sugarcane Production: A review. **Journal of Plant Nutrition**.1999. 12:1853-1903.

SCORA, R.W. On the history and origin of citrus. Bull. **Torr. Bot. Club**, v.102, p.369-375, 1975.

SOOST, R.K., CAMERON, J.W. Citrus. In: JANICK, J., MOORE, J.N. (Ed.). **Advances in fruit breeding**. West Lafayette, Purdue University, 1975. p.507-540.

STURION, J. A., ANTUNES, J. B. M. **Produção de mudas de espécies florestais**. In: GALVÃO, A. P. M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa, 2000. p. 125-150.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. 2009. **Fisiologia vegetal**. Artmed, Porto Alegre. 819 p.

SWINGLE, W.T., REECE, P.C. **The botany of citrus and its wild relatives**. In: REUTHER, W., WEBBER, H.J., BATCHELOR, L.D. (Ed.). *The citrus industry*. Berkeley and Los Angeles: University of California, 1967. v.1, p.190-430.

WALSH, L.M., BEATON, J.D. Soil testing and plant analysis. **American Society of Soil Science**, Madison, WI, 1973.

WENDLING, I., GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.