



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS



ADUBAÇÃO NITROGENADA DA CARAMBOLEIRA PARA POMAR EM IMPLANTAÇÃO

Renata Moreira Leal
Engenheira Agrônoma

Jaboticabal – São Paulo – Brasil
2006

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA DA CARAMBOLEIRA PARA
POMAR EM IMPLANTAÇÃO**

Renata Moreira Leal

Orientador: Prof. Dr. William Natale

Co-orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

Jaboticabal – São Paulo

Junho de 2006

Leal, Renata Moreira
L435a Adubação nitrogenada da caramboleira para pomar em
implantação / Renata Moreira Leal. -- Jaboticabal, 2006
iv 53 f. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2006
Orientador: William Natale
Banca examinadora: Ben-Hur Mattiuz, Takashi Muraoka
Bibliografia

1. Carambola. 2. Adubação. 3. Nitrogênio. I. Título. II. Jaboticabal-
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 634.674:631.84

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

RENATA MOREIRA LEAL – Nascida em 07 de dezembro de 1978, na cidade de Marília – SP. Iniciou o curso de graduação em Agronomia, em março de 1999, na Universidade Paulista (UNESP) – Câmpus de Jaboticabal, concluindo-o em dezembro de 2003. Em março de 2004, na mesma Universidade, iniciou o curso de mestrado junto ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), vindo a concluí-lo em março de 2006. Foi bolsista da FAPESP no período de setembro de 2004 a março de 2006.

DEDICO

A minha querida e amada família, por todo carinho, amor, incentivo e apoio para que eu pudesse cumprir mais uma etapa de minha vida, pai Valtair Moreira Leal, mãe Marisa Vernilo Leal, irmã Camila Moreira Leal e irmão Rodrigo Moreira Leal. Obrigada !!!!

OFEREÇO

Em especial, a minha mãe pelo apoio e presença nas apresentações da minha qualificação e da defesa da dissertação, ao meu pai por sempre ter ajudado na parte prática do meu experimento, e a uma pequena que é uma das grandes alegrias da minha vida, Ana Beatriz minha afilhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a minha Santa Rita de Cássia, por estarem sempre presentes, iluminando meus passos, dando-me fé e força para cumprir os meus objetivos.

Ao Prof. Dr. William Natale pelo incentivo, paciência, motivação, além da orientação valiosa nestes dois anos de convivência.

Ao Prof. Dr. Renato de Mello Prado, co-orientador, que proporcionou oportunidades valiosas para o meu conhecimento científico.

À FAPESP pela concessão da bolsa de mestrado (Processo nº 04/01311-0), e do auxílio (Processo nº 03/02625-6), e a FUNDUNESP (Processo nº 00791/03 – DFP) para o desenvolvimento da pesquisa.

À minha querida e verdadeira amiga Liliane pela amizade, dedicação e companheirismo e ao Danilo e Leonardo, amigos os quais tenho enorme consideração.

À Gisele Ravaneli Rossini amiga e “afilhada” que mora no meu coração, pela amizade de vários anos e pelo apoio e torcida mesmo estando longe.

Ao departamento de Solos e Adubos da FCAV, pela infraestrutura para o desenvolvimento da pesquisa quando da análise química de solo e folha, tendo como chefe o Prof Dr. José Frederico Centurion e o vice Prof. Dr. Itamar Andriolli.

A todos os funcionários, Ademir, Anderson, Célia, Cláudia, Dejair, Gomes, Hoster, Luis, Marta, Maria Inês, Mauro e Nenê do departamento de Solos e Adubos, pela amizade e por colaborarem diretamente para o desenvolvimento da minha pesquisa.

Em especial, ao Dejair e ao Gomes por realizarem amostragens de solo do experimento e à Fazenda de Ensino e Pesquisa da FCAV/Unesp, por ceder funcionários de campo.

Aos professores da Banca Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz e Prof. Dr. Takashi Muraoka pelas sugestões que contribuíram para a finalização da dissertação, e os elogios quanto à importância do desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao Engenheiro Agrônomo Dr. Ronaldo Pozella Zaccaro e a Engenheira Agrônoma Aracy Zaccaro, proprietários da área na qual o experimento esteve instalado, pela amizade e, principalmente, pelo monitoramento e ajuda indispensáveis à condução do ensaio.

A todos os funcionários da Biblioteca da FCAV pelo auxílio nas pesquisas.

As funcionárias da seção de Pós-Graduação pelo atendimento, auxílio e informações prestadas ao longo destes dois anos.

Enfim, a todos que de uma maneira direta ou indireta contribuíram para a realização do meu trabalho.

MUITO OBRIGADA !!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
SUMMARY	iv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Perspectivas da fruticultura	2
2.2 Aspectos gerais da caramboleira	2
2.3 Importância da adubação nitrogenada	3
2.4 Respostas da caramboleira à adubação nitrogenada	5
3 MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1 Informações gerais sobre o experimento	7
3.2 Manejo da área na implantação do experimento	10
3.3 Manejo da área a partir do 1º ano de experimentação	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1 Primeiro ano de experimentação (nov/03 a out/04)	12
4.1.1 Análise química do solo na camada de 0-20 cm	12
4.1.2 Crescimento das plantas	14
4.2 Segundo ano de experimentação (nov/04 a out/05)	14
4.2.1 Análise química do solo na camada de 0-20 cm	14
4.2.2 Análise química do solo na camada de 20-40 cm	20
4.2.3 Micronutrientes na camada de 0-20 cm	21
4.2.4 Micronutrientes na camada de 20-40 cm	23
4.2.5 Crescimento das plantas	24
4.3 Terceiro ano de experimentação (nov/05 a fev/06)	25
4.3.1 Análise química do solo na camada de 0-20 cm	25
4.3.2 Análise química do solo na camada de 20-40 cm	30

4.3.3 Crescimento das plantas	31
4.3.4 Avaliação do estado nutricional das caramboleiras	34
4.3.5 Produção de frutos das caramboleiras	42
5 CONCLUSÕES	44
6 REFERÊNCIAS	45
7 APÊNDICE	50

ADUBAÇÃO NITROGENADA DA CARAMBOLEIRA PARA POMAR EM IMPLANTAÇÃO

RESUMO

A presente pesquisa teve o objetivo de estudar os efeitos da adubação nitrogenada sobre caramboleiras (cv. B-10) em implantação, através de análises químicas do solo, da determinação do crescimento, da amostragem de folhas e inflorescências, da avaliação do estado nutricional, em relação ao nitrogênio, através do uso do clorofilômetro, além do início da produção de frutos. Para tanto, foi instalado um experimento na Fazenda Manga Rosa, no município de Bonfim Paulista - SP, Brasil, sobre um Latossolo Vermelho eutroférico, que foi conduzido de janeiro/2003 a fevereiro/2006. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos que corresponderam a doses de nitrogênio (uréia) e quatro repetições. Na implantação as doses utilizadas foram iguais a zero, 30, 60, 90 e 120 g de N planta⁻¹ e, nos 1º, 2º e 3º anos de experimentação utilizou-se o dobro, o triplo e o quádruplo das doses iniciais. A aplicação do fertilizante nitrogenado, a partir do segundo ano de experimentação, promoveu diminuição significativa do pH que aumentou a acidez potencial e diminuiu as concentrações de potássio, cálcio e magnésio, bem como a soma de bases e a saturação por bases. As caramboleiras do tratamento testemunha não floresceram e apresentaram menor teor foliar de N, em relação àquelas que receberam o adubo. O estado nutricional das plantas, em relação ao nitrogênio pode ser avaliado com o uso do clorofilômetro, pois, houve correlação positiva entre a leitura SPAD e o teor foliar de N determinado pela análise química, e uma dose próxima de 120 g de N planta⁻¹ proporcionou os melhores resultados para a caramboleira na fase de implantação.

Palavras-chave: *Averrhoa carambola*, nitrogênio, nutrição, frutífera.

NITROGEN FERTILIZATION OF STAR FRUIT AT ORCHARD ESTABLISHMENT

ABSTRACT

The present work was conducted to study the effect of nitrogen fertilization on star fruit (cv. B-10) at establishment, through soil chemical analyses, plant growth, leaf and inflorescence sampling, nitrogen nutrition evaluation with a chlorophyllometer, as well as the beginning of fruit production. The experiment was set at Manga Rosa Farm, in Bonfim Paulista, SP, Brazil, under Eutruxox soil from January 2003 to February 2006. The experiment design was randomized blocks, with five treatments corresponding to nitrogen (urea) rates, with four replications. At the plant establishment, N rates utilized were zero, 30, 60, 90 and 120 g of N plant⁻¹ and, at the 1st, 2nd and 3rd years of experimentation, two fold, three fold and four fold of initial rate. The nitrogen fertilizer application, after the second year of experiment, resulted in significant pH reduction which increased potential acidity and decreased potassium, calcium and magnesium concentrations, as well as the sum of bases and base saturation. Control star fruit did not flower and showed lower foliar N concentration in relation to those which received fertilizer. The plant nitrogen nutritional state can be evaluated with a chlorophyllometer, because a positive correlation was observed between SPAD and N in leaves determined by chemical analysis, and a rate near of 120 g of N plant⁻¹ showed the best results for star fruit at orchard establishment.

Key words: *Averrhoa carambola*, nitrogen, nutrition, fruit trees.

1. INTRODUÇÃO

O setor frutícola brasileiro tem evoluído bastante nos últimos anos, apresentando reflexos na geração de indústrias alimentícias, as quais são responsáveis por uma maior oferta de empregos em toda a cadeia produtiva. Além disso, o desenvolvimento acelerado deste setor é fonte de renda alternativa para a propriedade rural e, ainda, aumento em divisas para o País com as exportações. A fim de garantir maior sustentabilidade ao sistema de produção, a diversificação de frutíferas torna-se importante.

Dentre as inúmeras espécies de frutíferas promissoras para o cultivo no Brasil destaca-se a caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), planta originária da Ásia, típica de regiões tropicais. O Brasil está entre os principais produtores mundiais, e atualmente, o estado de São Paulo possui grande área cultivada com caramboleira, representando 68% da produção, que se concentra nos municípios de Mirandópolis, Campinas, Taquaritinga e Lins (BASTOS et al., 2004).

A nutrição adequada da planta é importante para garantir boas produtividades. Porém, de modo geral, a disponibilidade de nitrogênio nos solos limita o crescimento e a produção, visto ser requerido em todas as fases do desenvolvimento vegetal (MARSCHNER, 1995).

Resultados de pesquisas nacionais, desenvolvidos com várias espécies de frutíferas, têm demonstrado resposta positiva à aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade dos frutos, influenciando na cor da casca, no tamanho e na quantidade dos frutos. No entanto, estudos sobre os efeitos da adubação nitrogenada em caramboleira são escassos, sendo mais pesquisados aspectos fenológicos, métodos de propagação, características químicas das sementes e/ou frutos.

Diante desse contexto, a presente pesquisa teve o objetivo de estudar os efeitos da adubação nitrogenada sobre caramboleiras (cv. B-10) em implantação, através de análises químicas do solo, da determinação do crescimento, da amostragem de folhas e inflorescências, da avaliação do estado nutricional em relação ao nitrogênio, através do uso do clorofilômetro, além do início da produção de frutos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Perspectivas da fruticultura

Ao se buscar um histórico da introdução de espécies frutíferas no Brasil, bem como o estudo das espécies nativas, pode-se afirmar que a potencialidade do País para a fruticultura tem raízes na tradição de quase cinco séculos de sua existência, embora não se caracterize como um dos principais objetivos da política agrícola governamental (VALE, 1999).

O Brasil desponta como um dos maiores produtores mundiais de frutas. Entretanto, a metade de todo o volume produzido concentra-se num só produto: a laranja. Desta forma, a diversificação de frutíferas torna-se importante para garantir maior sustentabilidade ao sistema de produção da propriedade agrícola e, até de uma região, que tem sua economia voltada à agricultura.

Dentre as opções indicadas de frutíferas aptas para serem cultivadas no estado de São Paulo, apresentando boas perspectivas, estaria a caramboleira, uma vez que o cultivo desta planta se encontra em expansão. Tem havido aumento na demanda de carambola como fruta fresca na Europa que importa de alguns países asiáticos (Taiwan e Malásia), além de países sul americanos, como o Brasil e a Colômbia.

Os solos tropicais, porém, apresentam baixa disponibilidade de nutrientes, especialmente de nitrogênio e, em tais circunstâncias, a produção de frutíferas estaria condicionada à aplicação desse elemento. Apesar da reconhecida importância do nitrogênio para as frutíferas, inexistem informações sobre a adubação nitrogenada na fase de implantação de caramboleiras.

2.2 Aspectos gerais da caramboleira

Alguns autores preferem apenas dizer que a caramboleira (*Averrhoa carambola*) é originária da Ásia, pois, além do continente Asiático, é difícil definir o local de sua

origem, visto não haver relatos sobre a existência de plantas em estado selvagem (SAÚCO et al., 1993; MANICA, 2000).

A caramboleira pertence à família *Oxalidaceae* e, nesta mesma família, está o bilimbi que, apesar de pouco cultivado, na Amazônia é conhecido como limão-Caiena. No Brasil, a introdução da caramboleira ocorreu em 1811, em Pernambuco, junto com o bilimbi, no Jardim da Aclimação em Olinda (ARAÚJO, 2000).

A temperatura ideal para o cultivo varia entre 21 e 32 °C, sem que haja indicação dos extremos acima ou abaixo que paralisem o seu crescimento. A caramboleira se desenvolve bem em clima úmido, com distribuição uniforme das chuvas durante o ano todo, e em solos profundos, férteis, ricos em matéria orgânica e com diferentes texturas (DONADIO et al., 2001).

SAÚCO (1994) referiu-se à caramboleira como uma das frutíferas com grande potencial, devido a capacidade de rápido desenvolvimento, alta produtividade, seleção de novos tipos doce, fruto com aparência e sabor únicos e a possibilidade de contornar fatores limitantes ao cultivo.

Uma das principais características da caramboleira para a exploração comercial é sua alta produtividade, motivada pela facilidade com que ocorre a iniciação floral das gemas. Há diversas floradas, dependendo da cultivar e das condições climáticas, pois, quanto mais tropical a região de plantio, mais contínua é a floração.

Dentre as cultivares doces plantadas, a B-10 destaca-se por possuir características que atendem, tanto ao consumo de fruta fresca, como ao processamento industrial. Possui coloração que varia de amarelo a laranja, com teor de sólidos solúveis entre 8 a 12 °Brix, além de polpa bastante suculenta e de boa textura (ARAÚJO, 2000; SAÚCO et al., 1993; CAMPBELL & MARTE, 1990).

2.3 Importância da adubação nitrogenada

A avaliação do estado nutricional das culturas constitui um dos maiores desafios para pesquisadores em fertilidade do solo e nutrição de plantas, principalmente em

países em que ocorrem limitações na produtividade, decorrentes de desequilíbrios nutricionais.

De modo geral, o nitrogênio é um nutriente bastante estudado e sua disponibilidade é um dos fatores que limitam o crescimento e a produtividade das plantas, visto ser requerido em todas as fases do desenvolvimento vegetal (FERNANDES & ROSSIELO, 1995; MARSCHNER, 1995), além de aumentar a produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, a produção (BHELLA & WILCOX, 1986).

Possui função estrutural na planta, sendo fundamental para o crescimento vegetativo e reprodução (KLIEMANN et al., 1986), estimulando o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas. O nitrogênio tem grande influência na qualidade das frutas, afetando a cor da casca, um dos fatores mais importantes relacionados à preferência do consumidor.

THOMAS et al. (1998) observaram que na carência de nitrogênio o crescimento das caramboleiras é paralisado, ocorrendo clorose inicialmente nas folhas mais velhas.

MARTELETO (1991) relatou, para as culturas em geral, que na carência de nitrogênio o crescimento da planta é lento, o porte é reduzido, apresentando ramos finos e em menor número. RAIJ (1991) descreveu, ainda, para a maioria das espécies de plantas que, quando deficientes em nitrogênio o crescimento é reduzido com o surgimento de clorose que se desenvolve primeiro nas folhas mais velhas e, em casos de deficiência severa, as folhas adquirem coloração marrom e morrem.

O nitrogênio é o constituinte mais abundante dos cloroplastos. A maior parte do N foliar está localizada nas proteínas solúveis do ciclo de Calvin e nos tilacóides, nos quais se localizam as clorofilas, os fotossistemas transportadores de elétrons e os cofatores. Somente a enzima ribulose-bi-fosfato carboxilase oxigenase (Rubisco), que cataliza a fixação do carbono, constitui entre 30 e 50% de todo o nitrogênio foliar, formando aproximadamente 50% de toda proteína solúvel das plantas (LAWLOR, 1994).

Para cada molécula de clorofila existem 50 moléculas de N nos tilacóides dos cloroplastos. Existe relação linear entre o aumento do conteúdo de nitrogênio na folha e

a Rubisco, teor de clorofila e aumento da eficiência da fotossíntese, tanto em plantas anuais como em perenes (EVANS, 1989).

2.4 Respostas da caramboleira à adubação nitrogenada

Os poucos estudos realizados com caramboleira limitam-se aos aspectos fenológicos, ecológicos, de produtividade, características químicas das sementes e/ou dos frutos para fins industriais e quantidade de nutrientes exportados pelo fruto, existindo carência de resultados de pesquisa sobre a aplicação de fertilizantes, principalmente em pomares em implantação.

Diante disso, para a caramboleira, a recomendação de adubação é baseada na literatura internacional, visto a ausência de experimentação nas condições brasileiras que sustentem recomendações para essa frutífera. Assim, DONADIO et al. (2001) recomendam 60 g planta^{-1} de N, em pomares em implantação.

MURAYAMA (1973) recomenda para a adubação de plantio, a aplicação na cova de 20 L de esterco curtido e 0,5 kg da fórmula 10-10-10. Nesta ocasião, o autor cita como medida preventiva aplicar micronutrientes como zinco e boro, nas doses de 2 e 1 g cova⁻¹ respectivamente.

FERGUNSON et al. (1988) estudaram o efeito da aplicação de fertilizantes de disponibilidade controlada (IBDU) e de adubo tradicional, ambos a mesma concentração de nitrogênio (8%), nas doses de 0,45 e 0,90 kg de N planta⁻¹, observando que os dois tipos de fertilizante incrementaram igualmente o crescimento das caramboleiras (cv. Arkin) de um ano de idade.

Na região da Flórida (USA), recomenda-se para caramboleiras em produção, 225 a 250 kg de N ha⁻¹, parcelados em três vezes por ano e, em solos deficientes, ou com alto valor pH, aplicar Fe, Mn e Zn (CAMPBELL, 1989). CAMPBELL & MARTE (1990) recomendam, ainda, a partir do terceiro ano de cultivo, aplicar 400 g planta⁻¹, anualmente, da fórmula 15-15-15, parcelada em três vezes.

LENNOX & RAGOONATH (1990), estudando a botânica, variedades, técnicas de multiplicação e práticas de cultivo de caramboleira, indicaram que para o crescimento

vigoroso e boa produção, deve-se aplicar de 100 a 200 g planta⁻¹ ano⁻¹ de adubo orgânico parcelado em três vezes, e 28 g planta⁻¹ da fórmula 20-10-10, parcelada três vezes durante o ano, nos dois primeiros anos de cultivo. Para os anos subseqüentes, utilizar a fórmula 20-10-20, aplicando de 25 a 50 g planta⁻¹, parcelada em três vezes durante o ano.

FERGUNSON & CRANE (1995) observaram em caramboleiras que, no tratamento com solução nutritiva completa, os teores de N na planta foram de 25 g kg⁻¹, ao passo que no tratamento com omissão de N, o teor do elemento foi de 13 g kg⁻¹. Nas plantas com omissão de N, os autores observaram perda de vigor, com amarelecimento uniforme das folhas e redução de tamanho.

DONADIO et al. (2001) recomendam a utilização de adubação verde nas entrelinhas de plantio das caramboleiras, com o objetivo de elevar o teor de matéria orgânica do solo e reduzir a incidência de plantas daninhas. Os autores relatam que o plantio pode ser realizado por ocasião das primeiras chuvas, com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ da fórmula 4-20-20.

Diante do exposto, pode-se constatar a quase inexistência de informações baseadas em experimentação para a recomendação da adubação nitrogenada para a caramboleira, especialmente na fase de implantação da frutífera no Brasil.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Informações gerais sobre o experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda Manga Rosa, a 2 km do município de Bonfim Paulista, SP. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cwa subtropical com inverno curto, moderado e seco, e verão quente e chuvoso, caracterizando duas estações distintas. O solo é um Latossolo Vermelho eutroférico típico A moderado textura argilosa (EMBRAPA, 1999).

A cultura estudada foi a caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) cv. B-10, enxertada sobre porta-enxerto comum. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por quatro plantas, sendo consideradas as duas centrais como árvores úteis para as avaliações, as quais foram dispostas no espaçamento 5 x 5 m.

Os tratamentos foram doses de nitrogênio, considerando-se a dose igual a 60 g de N planta⁻¹, indicada como ideal para a cultura da caramboleira em formação (DONADIO et al., 2001). Assim, foram aplicadas: zero; metade; uma vez; uma vez e meia e duas vezes a dose indicada, correspondendo a: D₀ = zero; D₁ = 30; D₂ = 60; D₃ = 90 e D₄ = 120 g de N planta⁻¹ na implantação do experimento e, nos 1º, 2º e 3º anos utilizou-se o dobro, o triplo e o quádruplo das doses iniciais, tendo-se como fonte a uréia (45% de N).

As caramboleiras foram implantadas em 10-01-2003 e, após o plantio, realizou-se o coroamento das mudas. Na implantação, o adubo foi parcelado igualmente em três vezes, nos meses de fevereiro, março e abril de 2003. As doses de adubo nitrogenado foram aplicadas manualmente, em toda a volta da planta, a uma distância de aproximadamente 20 cm do caule, numa faixa de 10 cm de largura.

A partir do 1º ano de experimentação, realizou a aplicação parcelada dos tratamentos na época chuvosa de cada período experimental (novembro, dezembro e

janeiro). No primeiro ano de experimentação as doses totais do adubo nitrogenado corresponderam a: $D_0 = \text{zero}$; $D_1 = 60$; $D_2 = 120$; $D_3 = 180$ e $D_4 = 240$ g de N planta⁻¹. No segundo ano, as doses totais foram iguais a: $D_0 = \text{zero}$; $D_1 = 90$; $D_2 = 180$; $D_3 = 270$ e $D_4 = 360$ g de N planta⁻¹, e no terceiro ano de experimentação as doses corresponderam a: $D_0 = \text{zero}$; $D_1 = 120$; $D_2 = 240$; $D_3 = 360$ e $D_4 = 480$ g de N planta⁻¹. A quantidade parcelada de nitrogênio aplicada no período chuvoso de cada ano experimental está apresentada na Tabela 2A (Apêndice).

Juntamente com a primeira aplicação do adubo nitrogenado do segundo ano, foram realizadas, também, adubações com potássio e boro. Foram aplicados 200 g de cloreto de potássio planta⁻¹ (60 % de K₂O) e como fonte de boro utilizou-se o bórax (17% B) na dose de 6 g de bórax planta⁻¹.

Nas linhas de plantio, o fertilizante nitrogenado foi distribuído manualmente, em toda volta da planta, e em função do tamanho da planta o adubo foi aplicado a uma certa distância do caule. Nos primeiro e segundo anos de experimentação a adubação foi realizada a uma distância de aproximadamente 30 cm do caule, numa faixa com largura de 20 cm. No terceiro ano de experimentação a adubação foi realizada a uma distância de aproximadamente 60 cm do caule, numa faixa de 40 cm de largura.

As amostragens de solo foram realizadas, a fim de avaliar os efeitos da adubação nitrogenada no solo, no mês de janeiro de cada período experimental, antes da aplicação da última parcela do fertilizante nitrogenado.

Nas linhas de plantio, a amostragem foi realizada nas profundidades de 0-20 cm (1º ano) e, além dessa, de 20-40 cm (a partir do 2º ano), no mesmo local da aplicação do fertilizante, e de cada parcela experimental coletou-se quatro subamostras por planta útil, num total de oito por parcela, a fim de constituir uma amostra composta.

Nas entrelinhas, locais não adubados, a amostragem foi realizada nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, desde o 1º ano, coletando-se 20 subamostras de terra para compor a amostra composta, a 2,5 m de distância entre cada linha de plantio. As determinações analíticas no solo seguiram os métodos descritos por RAIJ et al. (2001).

Durante o experimento, no mês de dezembro de cada ano, foram avaliados parâmetros biológicos indicativos do crescimento das plantas, como: diâmetro do caule, altura, raio e volume da copa das caramboleiras. O diâmetro do porta-enxerto foi determinado a 10 cm do nível do solo e do enxerto a 10 cm acima do ponto de enxertia.

O volume da copa foi calculado segundo a fórmula proposta por Mendel (1956), para laranjeiras, citado por OGATA (1989): $V = \frac{2}{3} \pi R^2 H$, em que: V = volume da copa (m^3); R = raio da copa (m); H = altura da planta (m). Devido à inexistência de uma fórmula específica para a determinação do volume da copa das caramboleiras, foi utilizada como descrito anteriormente, a fórmula indicada para a determinação do volume da copa de laranjeiras.

O estado nutricional das plantas foi determinado através de amostragens de folhas, conforme as recomendações de PRADO & NATALE (2004) para a caramboleira, que indicam a 6ª folha, recém-madura (com pecíolo), a partir da extremidade do ramo, à época de pleno florescimento da cultura, em número de quatro folhas por árvore, em todos os quadrantes da planta. Além disso, foram amostradas também, inflorescências da caramboleira, coletando-se 8 inflorescências por planta, totalizando 16 por parcela.

As amostragens foram realizadas em dezembro de 2005, e as determinações dos teores de macro e micronutrientes no tecido vegetal seguiram a metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983).

Na mesma época da amostragem de folhas e inflorescências da caramboleira, foi feita a leitura correspondente ao teor de clorofila na folha, expressa em valores de SPAD (Soil Plant Analysis Development), avaliada com o clorofilômetro Minolta SPAD-502, realizada no lóbulo mediano do quarto folíolo da sexta folha, para verificar o estado nutricional da planta com relação ao teor de nitrogênio.

A avaliação da produção de frutos da caramboleira teve início em 25/01/2006, sendo realizada a 1ª colheita; a 2ª colheita foi realizada em 10/02/2006, a 3ª colheita em 17/02/2006 e a 4ª e última em 24/02/2006. Foram colhidos e pesados todos os frutos das plantas úteis de cada tratamento, obtendo-se resultados parciais, visto que a produção ainda estava em curso.

Os dados climáticos, especialmente de precipitação e temperatura, foram obtidos no IAC, que possui uma estação que realiza tais avaliações no município de Ribeirão Preto-SP, local próximo ao experimento. Os dados estão apresentados na Tabela 1A (Apêndice), compreendendo o período de 06/01/2003 a 05/02/2006.

Com base nos resultados obtidos, realizou-se análises de variância para os diversos parâmetros estudados. Para avaliar o efeito das doses de nitrogênio sobre as determinações no solo e na planta utilizaram-se análises de regressão polinomial pelo método dos polinômios ortogonais.

3.2 Manejo da área na implantação do experimento

Antes da implantação do experimento foram coletadas 20 subamostras de terra da área experimental, para compor a amostra composta, nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Os resultados da análise química para fins de fertilidade do solo encontram-se na Tabela 1 e as concentrações de micronutrientes, enxofre e alumínio encontram-se na Tabela 2. Observa-se, através da análise química, que se trata de um solo fértil.

Com relação à Tabela 1, verifica-se que todos os atributos encontram-se em níveis considerados médios a altos, segundo os limites de interpretação de Raij et al. (1996). Na Tabela 2, observa-se que, com exceção do boro, os demais micronutrientes encontram-se em níveis considerados altos no solo, de acordo com Raij et al. (1996). Para o boro, a concentração variou de 0,21 a 0,13 mg dm⁻³, enquadrando-se, respectivamente, como concentrações de média a baixa (RAIJ et al., 1996).

Tabela 1. Propriedades químicas do solo da área experimental, antes da implantação do pomar de caramboleiras

Camada	pH (CaCl ₂)	M.O.	P (resina)	K	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T	V
cm		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%
0-20	5,4	39	41	5,4	56	18	34	79,4	113,4	70
20-40	5,5	32	26	3,7	59	15	31	77,7	108,7	71
40-60	5,5	26	16	3,0	53	13	31	69,0	100,0	69

Tabela 2. Concentração de micronutrientes, enxofre e alumínio no solo da área experimental, antes da implantação do pomar de caramboleiras

Camada cm	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S-SO ₄ ⁻²	Al ³⁺
 mg dm ⁻³						mmol _c dm ⁻³
0-20	0,21	6,4	11	8,9	1,0	3	0,0
20-40	0,17	5,8	10	4,9	0,4	5	0,0
40- 60	0,13	4,4	8	2,6	0,2	4	0,0

3.3 Manejo da área a partir do 1º ano de experimentação

Realizou-se o controle das plantas daninhas, através de capinas manuais nas linhas de plantio e aplicação de um herbicida para o melhor controle nas entrelinhas, prática realizada em todo o período experimental. O herbicida utilizado foi o glyphosate na dose de 1,5 L do produto para 400 L de água, aplicado diretamente sobre o mato com pulverizador costal.

Com relação às pragas, constatou-se o ataque de formigas (*Acromyrmex* sp) na área experimental. Essas formigas foram controladas com o uso de formicida, sendo utilizado o fipronil, na dose de 300 mL do produto para 20 L de água, aplicado no formigueiro com pulverizador costal.

No primeiro ano de experimentação (nov/2003 a out/2004) foram realizados, entre os meses de fevereiro e março, vários replantes de mudas de caramboleira devido, principalmente, a não adaptação dessas plantas ao local de cultivo, além do ataque das formigas que ocasionou desfolha das plantas.

Em junho de 2005 foi realizada a poda das caramboleiras, que é uma prática importante e que beneficia o desenvolvimento da frutífera, realizando-se o corte de galhos que se encontravam em contato com o chão e outros para a melhor conformação da copa das plantas. Depois dessa operação, aplicou-se nos locais do corte uma mistura de 40 g de oxicloreto de cobre com 20 L de água para evitar a entrada de possíveis patógenos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeiro ano de experimentação (nov/03 a out/04)

4.1.1 Análise química do solo na camada de 0-20 cm

Os resultados das análises de variância, obtidos nas amostras do Latossolo Vermelho eutroférico coletadas à profundidade de 0-20 cm, nas linhas de plantio das caramboleiras, estão apresentados na Tabela 3.

Verifica-se que não houve alteração das variáveis relacionadas à fertilidade do solo, em função da aplicação das doses de nitrogênio. Isso pode ser justificado pelo fato de ser um pomar em implantação, que estava no início do segundo ano de condução do experimento, não sendo possível, ainda, observar alterações significativas nas propriedades químicas do solo promovidas pelas doses de N.

Outra explicação é que, em função das doses de N empregadas no estudo serem relativamente pequenas nesse estágio e as plantas estarem em início de desenvolvimento, portanto, com baixa exigência nutricional, além da CTC do Latossolo ser relativamente elevada para os padrões desse tipo de solo, mesmo o valor pH não foi afetado.

Tabela 3. Efeitos da adubação nitrogenada sobre algumas características químicas do solo na camada de 0-20 cm (linha de plantio) do Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista–SP, no primeiro ano de experimentação (média de quatro repetições)

Doses de N	pH (CaCl ₂)	M.O.	P (resina)	K	Ca	Mg	(H +Al)	SB	T	V
g planta ⁻¹		g dm ⁻³	mg dm ⁻³ mmol _c dm ⁻³						%
0	4,6 a	34 a	29 a	1,7 a	55 a	15 a	55 a	70,9 a	125,9 a	56 a
60	4,7 a	34 a	25 a	1,4 a	49 a	14 a	49 a	63,9 a	112,4 a	57 a
120	4,7 a	31 a	24 a	1,3 a	41 a	11 a	49 a	52,8 a	101,3 a	52 a
180	4,7 a	33 a	22 a	1,3 a	44 a	17 a	61 a	62,0 a	122,8 a	50 a
240	4,6 a	33 a	33 a	1,5 a	39 a	13 a	48 a	53,5 a	125,9 a	50 a
Teste F	0,11 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,81 ^{ns}	2,62 ^{ns}	1,09 ^{ns}	2,31 ^{ns}	2,48 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,05 ^{ns}
C.V. (%)	4,9	8,0	27,5	22,6	17,2	29,3	14,4	15,9	25,4	12,8

^{ns}, não significativo a 5% e 1% de probabilidade.

Comparando-se, porém, a amostragem de solo realizada antes da implantação do experimento (Tabela 1) com os resultados obtidos após um ano (Tabela 3), verifica-se que houve sensível diminuição do pH.

Isso se deve, provavelmente, a mobilização do solo para o plantio da frutífera, a mineralização da matéria orgânica, além do substrato contido no saquinho em que as mudas estavam acondicionadas, já que nas entrelinhas (Tabela 4) o valor pH (5,3) está muito próximo daquele obtido à época de implantação do experimento (Tabela 1) que foi de 5,4, visto que, nesse local de amostragem não houve mobilização do solo e nem o plantio das mudas.

Além disso, observa-se, diminuição das concentrações de K, Ca e Mg, com conseqüente decréscimo da soma de bases e da saturação por bases na linha de plantio da área experimental (Tabela 3), comparadas com a entrelinha (Tabela 4). Entretanto, conforme as Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo, Boletim Técnico-100 (RAIJ et al., 1996), constata-se que esses valores na análise de fertilidade do solo atual estão dentro da faixa admitida como adequada para a maioria das frutíferas, já que se tem pouca informação para a caramboleira.

Com relação ao fósforo, o solo da área experimental apresenta adequadas concentrações desse elemento, variando de 22-33 mg.dm⁻³ (Tabela 3), sendo consideradas concentrações médias, segundo RAIJ et al. (1996). Para o potássio, a concentração do elemento variou de 1,3-1,7 mmol_c.dm⁻³ (Tabela 3). Com base nos limites de interpretação, segundo Raij et al. (1996), esses valores são considerados baixos a médios.

Tabela 4. Algumas características químicas das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm (entrelinhas de plantio) do Latossolo Vermelho eutrófico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no primeiro ano de experimentação (média de quatro repetições)

Camada	pH (CaCl ₂)	M.O.	P (resina)	K	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T	V
cm		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c .dm ⁻³			%			
0-20	5,3	33	24	3,6	63	20	25	86,6	111,6	78
20-40	5,3	18	21	3,1	50	25	22	78,1	100,1	78
40-60	5,3	13	24	2,4	44	19	20	65,4	85,4	77

4.1.2 Crescimento das plantas

Decorrido um ano e três meses da implantação do experimento, realizou-se avaliações biológicas indicativas do crescimento das mudas de caramboleiras, as quais estão apresentadas na Tabela 5.

Verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos com relação ao diâmetro do porta-enxerto e do enxerto da caramboleira. Estes resultados podem ser explicados, principalmente, pelo período relativamente curto de um experimento de campo, com uma frutífera perene em implantação.

Além disso, outro fator importante foi à necessidade de realizar vários replantes na área, devido principalmente à adaptação inicial das plantas às condições ambientais do local e, ainda, ao ataque de formigas, como descrito no item 3.3.

Tabela 5. Efeitos da adubação nitrogenada sobre os parâmetros biológicos de crescimento das caramboleiras, cultivadas em um Latossolo Vermelho eutroférico, em Bonfim Paulista-SP, no primeiro ano de experimentação (média de quatro repetições)

Doses de N g planta ⁻¹	Diâmetro do porta-enxerto mm.....	Diâmetro do enxerto
0	10,45 a	8,25 a
60	10,62 a	5,76 a
120	10,50 a	7,72 a
180	11,37 a	9,22 a
240	8,50 a	7,47 a
Teste F	0,74 ^{ns}	0,74 ^{ns}
C.V. (%)	21,6	23,9

^{ns}, não significativo a 5% e 1% de probabilidade.

4.2 Segundo ano de experimentação (nov/04 a out/05)

4.2.1 Análise química do solo na camada de 0-20 cm

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados das análises químicas do solo na camada de 0-20 cm na linha de plantio do pomar de caramboleiras. Observa-se que a

aplicação do adubo nitrogenado promoveu alterações nas propriedades químicas analisadas. Os resultados das análises químicas das entrelinhas do pomar de caramboleiras, nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60, estão presentes na Tabela 7.

A principal propriedade química do solo influenciada pela aplicação de doses crescentes do fertilizante nitrogenado foi o pH, que afeta as demais propriedades. Segundo MALAVOLTA et al. (1980), todo adubo nitrogenado, cujo nitrogênio está na forma amoniacal ou amídica, depois de certo tempo e aplicações, promove a acidificação do solo.

De maneira geral, o processo de acidificação ocorre devido a remoção de cátions básicos do solo (K, Ca, Mg e Na) e a entrada de cátions ácidos (H^+ e/ou Al^{+3}) em seus lugares, que podem ser provenientes da mineralização da matéria orgânica e/ou da dissolução parcial do gás carbônico do ar com a água da chuva, ou da aplicação de fertilizantes nitrogenados que possuem reação ácida (TEDESCO & BISSANI, 2004).

Assim, a aplicação de adubos nitrogenados ao solo pode causar efeitos desejáveis e indesejáveis em suas propriedades químicas. A alteração desejável é aumentar a concentração do nutriente aplicado ao solo, quando este limita o crescimento vegetal, possibilitando que a cultura manifeste todo o seu potencial genético de desenvolvimento e produtividade.

Para a uréia, fertilizante utilizado neste experimento, o principal efeito indesejável é a elevação da acidez do solo (MALAVOLTA, 1981; MACLAREN & CAMERON, 1996), pois, este adubo tem reação ácida, devido ao processo de nitrificação (TEDESCO & BISSANI, 2004).

A capacidade de acidificar o solo de alguns fertilizantes nitrogenados, como a uréia, é bastante conhecida, devido as reações que produzem H^+ (nitrificação) e promovem a perda de cátions para camadas mais profundas, acompanhando o ânion NO_3^- (TISDALE et al., 1985).

Diante disso, com o aumento da dose de adubo nitrogenado, verificou-se diminuição do pH, que se correlaciona de forma direta com a acidez potencial, ou seja, com a diminuição do valor pH ocorreu aumento da acidez potencial na área.

Tabela 6. Efeitos da adubação nitrogenada sobre algumas características químicas do solo na camada de 0-20 cm (linha de plantio) do Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no segundo ano de experimentação (média de quatro repetições)

Doses de N g planta ⁻¹	pH (CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P (resina) mg dm ⁻³	K mmolc dm ⁻³	Ca	Mg	(H+A)	SB	T	V
0	4,7 a	32 a	25 a	15,3 a	34 a	9 a	49 c	58,3 a	105,8 b	54 a
90	4,2 b	30 a	24 a	12,6 ab	29 ab	8 ab	55 c	49,6 b	104,9 b	48 b
180	3,9 b	33 a	28 a	10,5 ab	19 bc	4 bc	99 b	33,8 b	133,9 a	28 c
270	3,9 b	32 a	29 a	10,2 ab	23 b	5 bc	96 b	37,9 b	132,9 a	31 c
360	3,8 b	33 a	38 a	9,2 b	12 c	3 c	118 a	24,0 c	142,7 a	17 c
Teste F	8,30**	0,33 ^{ns}	1,98 ^{ns}	4,48*	8,40**	8,18**	11,03**	10,50**	4,28*	13,60**
Reg. Linear	28,1**	-	-	16,2**	29,1**	27,6**	39,6**	37,6**	14,7**	49,3**
Reg. Quadrática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)	6,2	10,4	26,7	20,0	24,9	30,6	21,6	20,0	13,4	23,1

^{ns, *}, não significativo e significativo a 5% e a 1% de probabilidade respectivamente.

Tabela 7. Algumas características químicas das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm (entrelinhas de plantio) do Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no segundo ano de experimentação (média de quatro repetições)

Camada cm	pH (CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P (resina) mg dm ⁻³	K mmolc dm ⁻³	Ca	Mg	(H+A)	SB	T	V
0-20	5,3	32	38	6,1	54	17	34	77,1	111,1	69
20-40	5,4	29	23	3,9	43	10	31	56,9	87,9	65
40-60	5,3	26	27	3,8	50	11	34	64,8	98,8	66

Além disso, existe uma correlação positiva entre o valor pH e o índice de saturação por bases, que reflete a concentração de potássio, cálcio e magnésio, que constituem as principais bases do solo. Portanto, quanto mais baixo o valor pH, menor o índice de saturação por bases e, conseqüentemente, a concentração K, Ca e Mg no solo, como pode ser verificado na Tabela 6.

Esses resultados indicam que o solo foi acidificado devido à aplicação do adubo nitrogenado (uréia), o que pode ser confirmado comparando-se a análise química realizada na camada 0-20 cm (linha de plantio), neste segundo ano de experimentação (Tabela 6), com aquelas realizadas nos anos anteriores, ou seja, a de implantação do experimento (Tabela 1) e a do primeiro ano de experimentação (Tabela 3).

Sendo assim, ao se comparar os resultados da análise química da linha de plantio do segundo ano de experimentação, que estão presentes na Tabela 6 com os da época de implantação do experimento (Tabela 1), na camada de 0-20 cm, observa-se que houve grande diminuição no valor pH, nos locais que receberam o adubo.

Esse decréscimo foi proporcional à dose do adubo nitrogenado, já que na análise química das entrelinhas no segundo ano de experimentação (Tabela 7), o valor pH (5,3) está muito próximo daquele determinado no período de implantação (Tabela 1), que foi de 5,4, pois, esse local não recebeu o fertilizante nitrogenado.

Outra confirmação do efeito do fertilizante na diminuição do pH, que conseqüentemente afetou as demais propriedades químicas do solo, é em relação à comparação da análise química do primeiro ano (Tabela 3) com a do segundo ano (Tabela 6), na camada 0-20 cm (linha de plantio), na dose zero. Verifica-se que o valor pH obtido na análise neste segundo ano (4,7) está muito próximo ao determinado no primeiro ano (4,6) e, com o acréscimo das doses do fertilizante houve diminuição do pH no segundo ano de experimentação.

BATAGLIA & SANTOS (1999) verificaram incrementos lineares na acidez do solo cultivado com seringueira, em função de doses de N. Em citros, alterações significativas no pH do solo e na saturação por bases foram atribuídas à adubação nitrogenada, como observado por SANCHES et al. (1999).

Estudando o efeito da aplicação, durante dois anos, de doses de adubo nitrogenado na forma de uréia (zero, 100, 200 e 300 kg N ha⁻¹ ano⁻¹), sobre as propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com maracujá, BORGES et al. (2002) observaram que após um ano de experimentação não houve decréscimo do pH com o aumento das doses de nitrogênio, mantendo-se próximo ao valor inicial determinado antes da implantação do experimento. No entanto, os autores verificaram após dois anos de experimentação, aumento da acidez do solo, que pode ser atribuído ao processo de nitrificação da uréia, com conseqüente liberação de H⁺ para o sistema.

Ao comparar o valor pH obtido nas linhas de plantio (Tabela 6) com a análise química das entrelinhas, na camada de 0-20 cm (Tabela 7), neste segundo ano de experimentação, comprova-se uma vez mais que a aplicação do adubo nitrogenado foi responsável pela acidificação do solo, já que o valor pH da entrelinha (5,3) é bem superior ao da linha de plantio em qualquer das doses de N aplicadas.

Salienta-se que o aumento na concentração de potássio na camada 0-20 cm da linha de plantio, neste segundo ano, (Tabela 6), quando comparado ao das amostras do primeiro ano (Tabela 3), foi devido à adubação potássica realizada em novembro de 2004, pois, de acordo com a análise química do primeiro ano, os valores de K estavam baixos (0,8-1,5 mmol_c dm⁻³), segundo RAIJ et al. (1996).

Verificou-se diminuição das concentrações de cálcio e magnésio (Tabela 6), com o aumento das doses do adubo nitrogenado, o que ocorreu devido à elevação da acidez, como já discutido anteriormente. No entanto, os valores de cálcio estão acima do nível considerado alto por RAIJ et al. (1996), que é de 7 mmol_c dm⁻³ e, segundo este mesmo autor, o magnésio se encontra no limite médio de interpretação, pois está na faixa entre 5-8 mmol_c dm⁻³.

Realizou-se a análise de regressão polinomial entre as doses de nitrogênio aplicadas (variável independente) e cada uma das propriedades químicas do solo (variável dependente), exceto para a M.O. e para o P. O comportamento de cada propriedade química do solo, na camada 0-20 cm, na linha de plantio, em função dos tratamentos, está apresentado na Figura 1.

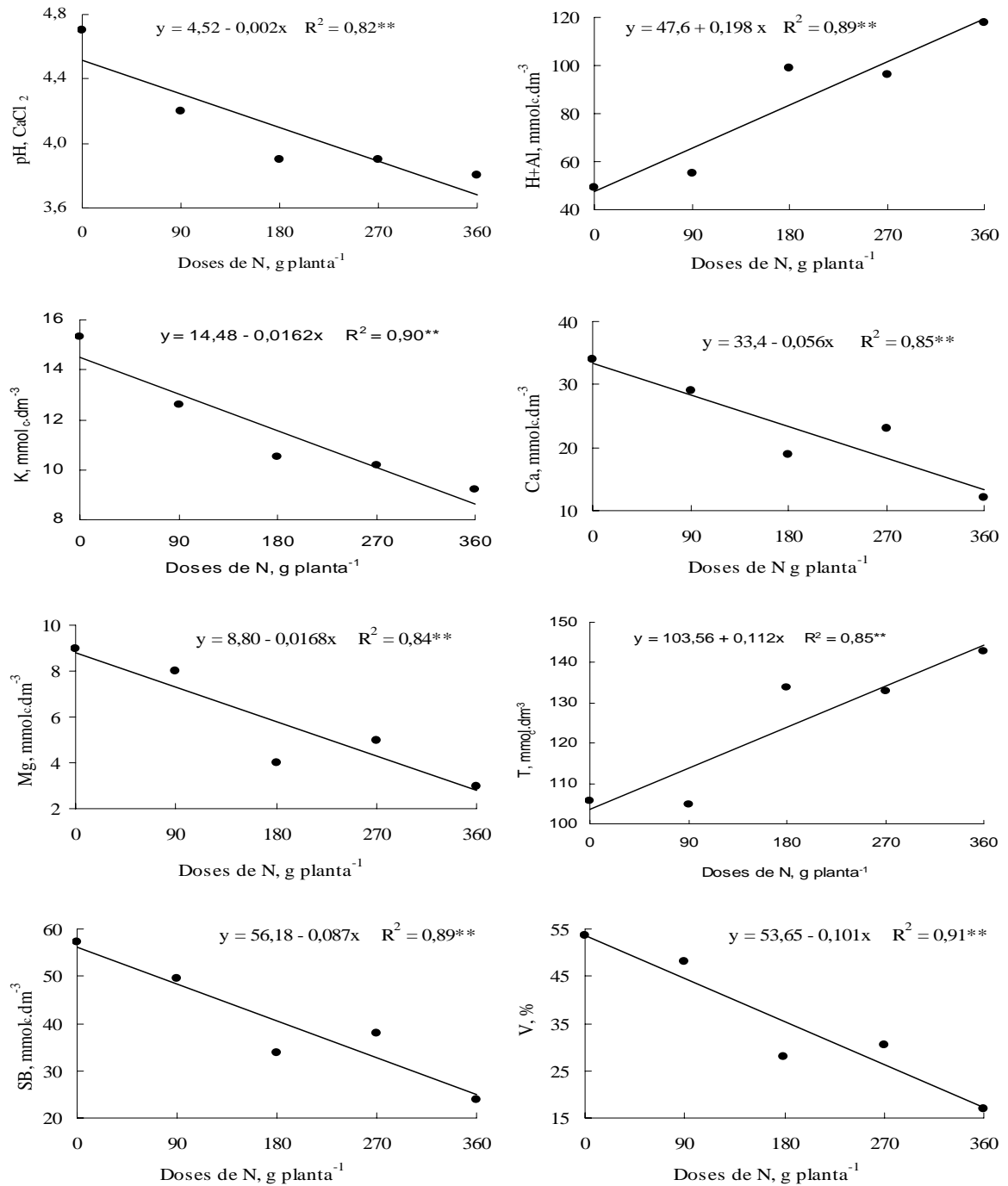


Figura 1. Efeitos da adubação nitrogenada sobre algumas características químicas da camada de 0-20 cm (linha de plantio) do Latossolo Vermelho eutrófico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no segundo ano de experimentação

4.1.2.3 Micronutrientes na camada de 0-20 cm

Pelo estudo das regressões, observa-se que o pH, principal propriedade química do solo influenciada pelas doses de adubo nitrogenado e que possui efeito direto sobre as demais propriedades, atingiu o seu mínimo, ou seja, proporcionou a maior acidez no solo, nas doses mais altas de nitrogênio.

Comportamento semelhante ao pH foi observado para a acidez potencial, porém, de forma inversa, ou seja, na maior dose de nitrogênio utilizada observou-se o maior valor do (H+Al), correspondendo a $118 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Sabe-se, ainda, que existe correlação direta entre o pH e o índice de saturação por bases e, de acordo com isso, verifica-se que o menor valor de saturação foi obtido, conseqüentemente, no menor valor pH, ou seja, na maior dose do adubo nitrogenado, cujo valor correspondeu a $V = 17\%$.

A soma de bases no solo (potássio, cálcio e magnésio) apresentaram o mesmo comportamento do valor pH, atingindo os menores valores na dose de 360 g de N planta⁻¹, correspondendo a $9,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K, $12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca, $3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg. Sendo assim, o menor valor da soma de bases foi observado, também, na maior dose de nitrogênio aplicada, correspondendo a $24 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Verifica-se, ainda, através da Figura 1, o excelente ajuste das equações de regressão, com os coeficientes de determinação (R^2), sempre acima de 0,80.

4.2.2 Análise química do solo na camada de 20-40 cm

Os resultados da análise química do solo na camada de 20-40 cm (linha de plantio), do pomar de caramboleiras estão apresentados na Tabela 8. Observa-se que nesta camada não houve efeito significativo dos tratamentos sobre as propriedades químicas do solo. Apesar desta não significância, os valores determinados são considerados altos, mesmo se comparados com a camada arável do solo, segundo RAIJ et al. (1996).

Tabela 8. Efeitos da adubação nitrogenada sobre algumas características químicas na camada de 20-40 cm (linha de plantio) do Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no segundo ano de experimentação (média de quatro repetições)

Doses de N g planta ⁻¹	pH (CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P (resina) mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	(H +Al) mmol _c dm ⁻³	SB	T	V
0	5,0 a	29 a	20 a	6,3 a	35 a	9 a	38 a	50,2 a	88,9 a	56 a
90	5,2 a	28 a	22 a	5,4 a	38 a	10 a	42 a	53,7 a	95,7 a	56 a
180	4,4 a	29 a	27 a	6,1 a	28 a	6 a	54 a	39,7 a	93,7 a	43 a
270	4,3 a	31 a	16 a	6,6 a	25 a	7 a	58 a	38,2 a	96,2 a	46 a
360	4,7 a	28 a	26 a	9,1 a	28 a	8 a	53 a	44,8 a	97,8 a	46 a
Teste F	1,05 ^{ns}	0,45 ^{ns}	2,28 ^{ns}	2,06 ^{ns}	2,54 ^{ns}	2,76 ^{ns}	7,69 ^{ns}	2,29 ^{ns}	0,55 ^{ns}	3,37 ^{ns}
C.V. (%)	15,7	12,3	26,3	27,3	23,2	25,8	12,8	19,3	9,8	13,9

^{ns}, não significativo a 5% e 1% de probabilidade.

4.2.3 Micronutrientes na camada de 0-20 cm

As concentrações de micronutrientes nas linhas de plantio, na camada de 0-20 cm, estão apresentadas na Tabela 9 e, Tabela 10, estão os resultados referentes às entrelinhas, nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm.

Observa-se que os valores obtidos para o boro nas linhas de plantio, na camada de 0-20 cm, neste segundo ano de experimentação (Tabela 9) foram superiores àqueles obtidos na análise de implantação do experimento (Tabela 2), que foi de 0,21 mg.dm⁻³. Este resultado é justificado pela adubação com boro realizada no início deste segundo ano (novembro/2004), pois, a concentração do elemento determinada na época de implantação do experimento (Tabela 2) era considerada baixa, segundo RAIJ et al. (1996).

Verifica-se aumento da concentração de cobre e manganês nas linhas de plantio (Tabela 9), quando comparado aos resultados obtidos nas entrelinhas (Tabela 10), ou seja. Este resultado pode ser justificado pela diminuição do pH, que influencia na solubilidade dos micronutrientes, aumentando a disponibilidade no solo de Cu e Mn (MALAVOLTA, 1980), os quais se encontram em níveis considerados altos, de acordo com RAIJ et al. (1996).

Tabela 9. Efeitos da adubação nitrogenada sobre a concentração de micronutrientes na camada de 0-20 cm (linha de plantio) do Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no segundo ano de experimentação (média de quatro repetições)

Doses de N g planta ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg.dm ⁻³				
0	1,8 a	9,3 a	17 a	68,6 c	1,2 a
90	1,1 a	9,0 a	17 a	63,2 c	0,9 a
180	1,2 a	9,9 a	17 a	77,0 b	1,3 a
270	1,1 a	9,4 a	19 a	110,6 ab	1,3 a
360	1,1 a	8,3 a	19 a	132,9 a	1,4 a
Teste F	3,39 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,95 ^{ns}	11,02**	1,31 ^{ns}
Reg. Linear	-	-	-	36,9**	-
Reg. Quadrática	-	-	-	-	-
C.V. (%)	28,6	10,3	11,1	20,0	29,4

^{ns}, * e ** , não significativo e significativo a 5% e a 1% de probabilidade respectivamente.

Tabela 10. Concentração de micronutrientes nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm (entrelinhas de plantio) do Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no segundo ano de experimentação (média de quatro repetições)

Camada cm	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg dm ⁻³				
0-20	0,18	8,3	22	64,4	1,6
20-40	0,20	7,9	18	46,9	1,7
40- 60	0,17	7,2	15	31,5	2,2

Em função da significância do teste F (Tabela 9), realizou-se análise de regressão polinomial entre as doses de nitrogênio aplicadas (variável independente) e a concentração de manganês no solo (variável dependente), cujo comportamento está apresentado na Figura 2.

Observa-se aumento linear de Mn, em função do acréscimo das doses de nitrogênio. Esta maior disponibilidade de manganês, em função da dose de N aplicada, está relacionada à acidificação do solo pelo uso do adubo nitrogenado na forma de uréia, como já discutido anteriormente. Sendo assim, a diminuição do pH promove maior solubilidade de compostos de manganês, que aumentaram a disponibilidade do elemento no solo (MALAVOLTA, 1980).

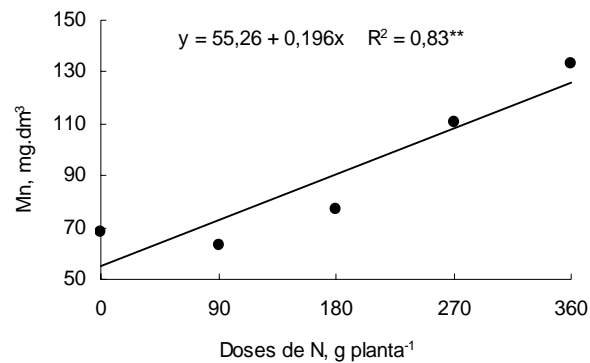


Figura 2. Efeitos da adubação nitrogenada sobre a concentração de Mn na camada de 0-20 cm, na linha de plantio do Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no segundo ano de experimentação

4.2.4 Micronutrientes na camada de 20-40 cm

As concentrações de micronutrientes, na camada de 20-40 cm, estão apresentadas na Tabela 11 (linhas de plantio). Verifica-se que, apenas o manganês apresentou variação estatística significativa, em função das doses de N aplicadas. Este fato também pode ser justificado pela diminuição do pH, que aumenta a disponibilidade do elemento no solo, segundo MALAVOLTA (1980).

Tabela 11. Efeitos da adubação nitrogenada sobre a concentração de micronutrientes na camada de 20-40 cm (linha de plantio) do Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no segundo ano de experimentação (média de quatro repetições)

Doses de N g planta ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg.dm ⁻³				
0	0,6 a	9,1 a	14 a	48,8 c	0,8 a
90	0,5 a	8,0 a	15 a	57,4 c	0,9 a
180	0,7 a	8,9 a	17 a	71,7 b	0,8 a
270	0,6 a	8,2 a	19 a	92,4 b	0,9 a
360	0,7 a	9,1 a	16 a	148,5 a	1,2 a
Teste F	1,65 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,35 ^{ns}	23,21 ^{**}	1,22 ^{ns}
Reg. Linear	-	-	-	84,5 ^{**}	-
Reg. Quadrática	-	-	-	-	-
C.V. (%)	24,5	15,8	20,8	19,7	25,7

ns, * e **, não significativo e significativo a 5% e a 1% de probabilidade respectivamente.

Realizou-se a análise de regressão polinomial entre as doses de nitrogênio aplicadas (variável independente) e a concentração de manganês no solo (variável dependente), cujo comportamento na camada 20-40 cm, está apresentado na Figura 3. Observa-se aumento linear de manganês em função do acréscimo nas doses de nitrogênio, à semelhança do que ocorreu na camada superior do solo.

Esta maior disponibilidade de manganês com a maior dose de N aplicada está relacionada à acidificação do solo pelo uso do adubo nitrogenado na forma de uréia, como já discutido anteriormente. Sendo assim, a diminuição do pH favorece a solubilidade de compostos de manganês, aumentando a disponibilidade do elemento no solo.

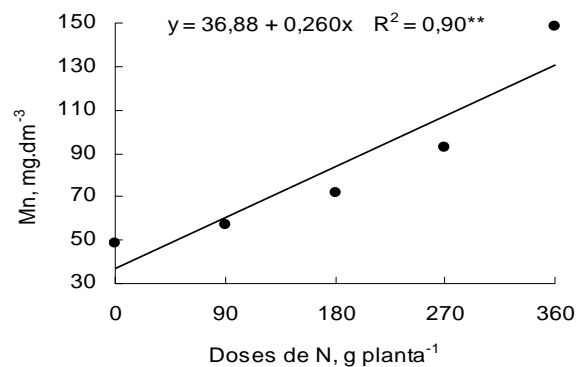


Figura 3. Efeitos da adubação nitrogenada sobre a concentração de Mn na camada de 20-40 cm, na linha de plantio do Latossolo Vermelho eutrófico, cultivado caramboleira em Bonfim Paulista-SP, no segundo ano de experimentação

4.2.5 Crescimento das plantas

Os resultados da análise de variância dos parâmetros biológicos indicativos do crescimento das plantas como, altura, raio e volume da copa, além do diâmetro do caule, estão apresentados na Tabela 12. Observa-se que não houve efeito significativo nos parâmetros avaliados em função das doses de adubo nitrogenado.

Devido à ocorrência de alguns fatores como: a não adaptação inicial das plantas ao local, condições ambientais imprevisíveis, além do ataque de pragas, foi necessário fazer uma quantidade significativa de replantes, ocasionando razoável heterogeneidade entre as plantas do pomar, o que pode ser confirmado pelo elevado coeficiente de variação obtido nos parâmetros avaliados (Tabela 12).

Tabela 12. Efeitos da adubação nitrogenada sobre os parâmetros biológicos de crescimento das caramboleiras, cultivadas em um Latossolo Vermelho eutroférico, em Bonfim Paulista-SP (média de quatro repetições)

Doses de N g planta ⁻¹	Altura m.....	Raio da copa m.....	Volume da copa m ³	Diâmetro do porta- enxerto mm.....	Diâmetro do enxerto mm.....
0	1,25 a	0,80 a	2,04 a	30,75 a	20,94 a
90	2,02 a	1,31 a	9,42 a	39,35 a	30,19 a
180	1,79 a	1,04 a	4,78 a	38,85 a	27,02 a
270	1,45 a	0,98 a	4,54 a	34,82 a	28,33 a
360	1,64 a	0,97 a	3,57 a	37,73 a	29,31 a
Teste F	0,69 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,73 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,55 ^{ns}
C.V. (%)	44,2	40,1	86,3	39,9	36,5

^{ns}, não significativo a 5% e 1% de probabilidade.

4.3 Terceiro ano de experimentação (nov/05 a fev/06)

4.3.1 Análise química do solo na camada de 0-20 cm

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados da análise química do solo na camada de 0-20 cm, na linha de plantio das caramboleiras. Observa-se que a aplicação do adubo nitrogenado promoveu alterações nas propriedades químicas analisadas, devido ao aumento das doses do fertilizante aplicado.

Os resultados da análise química das entrelinhas, nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60, estão presentes na Tabela 14.

Tabela 13. Efeitos da adubação nitrogenada sobre algumas características químicas do solo na camada de 0-20 cm (linha de plantio) do Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com caramboleira em Bonfim Paulista –SP, no terceiro ano de experimentação (média de quatro repetições)

Doses N g planta ⁻¹	pH (CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P (resina) mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T	V
0	4,9 a	30 a	32 a	5,1 a	42 a	9 a	45 c	56,0 a	108,8 a	59 a
120	4,7 b	30 a	28 a	4,8 b	39 ab	9 a	49 c	52,5 a	101,2 a	52 a
240	4,5 c	28 a	37 a	4,7 b	31 ab	7 ab	67 b	42,1 b	109,1 a	39 b
360	4,5 c	30 a	32 a	4,6 b	30 ab	6 b	67 b	40,4 b	107,7 a	37 b
480	4,4 c	27 a	33 a	3,3 b	21 b	5 b	75 a	30,0 c	104,3 a	29 c
Teste F	22,36**	2,10 ^{ns}	0,72 ^{ns}	26,75**	3,85*	3,70*	894**	7,12**	0,48 ^{ns}	10,82**
Reg. Linear	81,81**	-	-	-	12,79**	13,44**	32,50**	27,40**	-	41,66**
Reg. Quadrática	-	-	-	23,13**	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)	2,1	6,9	22,2	24,8	26,9	28,2	14,3	21,3	9,1	17,2

^{ns,* e **}, não significativo e significativo a 5% e a 1% de probabilidade respectivamente.

Tabela 14. Algumas características químicas das camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm (entrelinhas de plantio) do Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no terceiro ano de experimentação (média de quatro repetições)

Camada cm	pH (CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P (resina) mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	(H+Al)	SB	T	V
0-20	5,4	26	39	8,0	61	15	31	84,0	115,0	73
20-40	5,5	22	24	4,2	62	13	31	79,2	110,2	72
40-60	5,6	19	20	3,8	58	13	22	74,8	96,8	77

Comparando-se os resultados da análise química para fins de fertilidade na camada de 0-20 cm deste ano (Tabela 13) com àqueles obtidos no segundo ano (Tabela 6) na mesma profundidade, constatou-se que a acidificação do solo foi menos intensa neste terceiro ano de experimentação.

Este resultado é explicado com base na localização da aplicação do fertilizante nitrogenado em relação ao caule da planta, pois, devido ao maior crescimento das plantas neste terceiro ano de experimentação, o adubo foi aplicado a uma distância do caule superior àquelas realizadas nos anos anteriores e, além disso, a faixa de solo adubada também foi aumentada.

No entanto, considera-se que as alterações nas características químicas do solo, na camada de 0-20 cm, foram intensas neste período experimental (Tabela 13), quando comparadas à análise química do período de implantação (Tabela 1) e, em relação ao primeiro ano (Tabela 3), o que é justificado pela aplicação de doses mais elevadas do fertilizante nitrogenado.

Ao comparar o valor pH obtido nas linhas de plantio, na camada 0-20 cm (Tabela 13) com aquele das entrelinhas na mesma camada (Tabela 14), neste terceiro ano de experimentação, comprova-se que a aplicação do adubo nitrogenado foi responsável pela acidificação do solo, já que o valor pH da entrelinha (5,4) é mais próximo ao da linha de plantio nos locais que não receberam o fertilizante (4,9), e bem superior ao determinado nos locais que receberam o adubo (Tabela 13).

Outro resultado que comprova a acidificação do solo pela aplicação do fertilizante nitrogenado pode ser verificado ao comparar o valor pH determinado antes da implantação do experimento que foi de 5,4 (Tabela 1), com os determinados neste período experimental, sendo que esse valor diminuiu para 4,4 (Tabela 13), com a aplicação da na maior dose do fertilizante ($480 \text{ g de N planta}^{-1}$).

As explicações para o aumento da acidez do solo, devido ao uso da uréia, que diminuiu o pH e, conseqüentemente, afetou as demais propriedades químicas do solo já foram apresentadas e discutidas nos anos anteriores de experimentação.

Na linha de plantio das caramboleiras, na camada de 0-20 cm, a concentração de potássio no solo foi de $13,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, naqueles locais que não receberam o

fertilizante nitrogenado, e $3,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na maior dose de N aplicado (Tabela 13). Segundo RAIJ et al. (1996), estes valores são considerados altos. Porém, a variação da concentração de potássio no solo entre os tratamentos foi devido ao aumento das doses do fertilizante nitrogenado, que diminuiu o pH, influenciando diretamente a disponibilidade do elemento.

Verificou-se, também, diminuição na concentração de cálcio com o aumento das doses do adubo nitrogenado (Tabela 13), devido à elevação da acidez, como já discutidos anteriormente, que, de $42 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (dose zero) diminuiu para $21 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (dose de 480 g de N planta⁻¹). No entanto, apesar dessa diminuição, os valores de cálcio encontram-se acima do nível considerado alto por RAIJ et al. (1996), que é de $7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

A concentração de magnésio também decresceu com o aumento das doses de fertilizante nitrogenado, em consequência da diminuição do pH. A concentração de Mg no solo passou de $9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (dose zero) para $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (480 g de N planta⁻¹). Segundo os limites de interpretação descritos por RAIJ et al. (1996) apenas os locais que não receberam o fertilizante apresentam concentrações altas do elemento ($> 8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), sendo que nos demais locais o valor situou-se na faixa de baixa a média.

Há correlação positiva entre o valor pH e a concentração de K, Ca e Mg, que constituem as principais bases do solo, refletindo na soma de bases e no índice de saturação por bases. Portanto, quanto mais baixo o valor pH, menor a concentração K, Ca e Mg no solo e conseqüentemente, menor a soma de bases e o índice de saturação por bases, cujos valores na maior dose (480 g de N planta⁻¹) foram, respectivamente, de $30,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e 29% (Tabela 13).

Realizou-se a análise de regressão polinomial entre as doses de nitrogênio aplicadas (variável independente) e cada uma das propriedades químicas do solo (variável dependente), exceto a matéria orgânica, a concentração de fósforo e a CTC, que não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos. O comportamento de cada propriedade química do solo, na camada 0-20 cm, em função dos tratamentos, está apresentado na Figura 4.

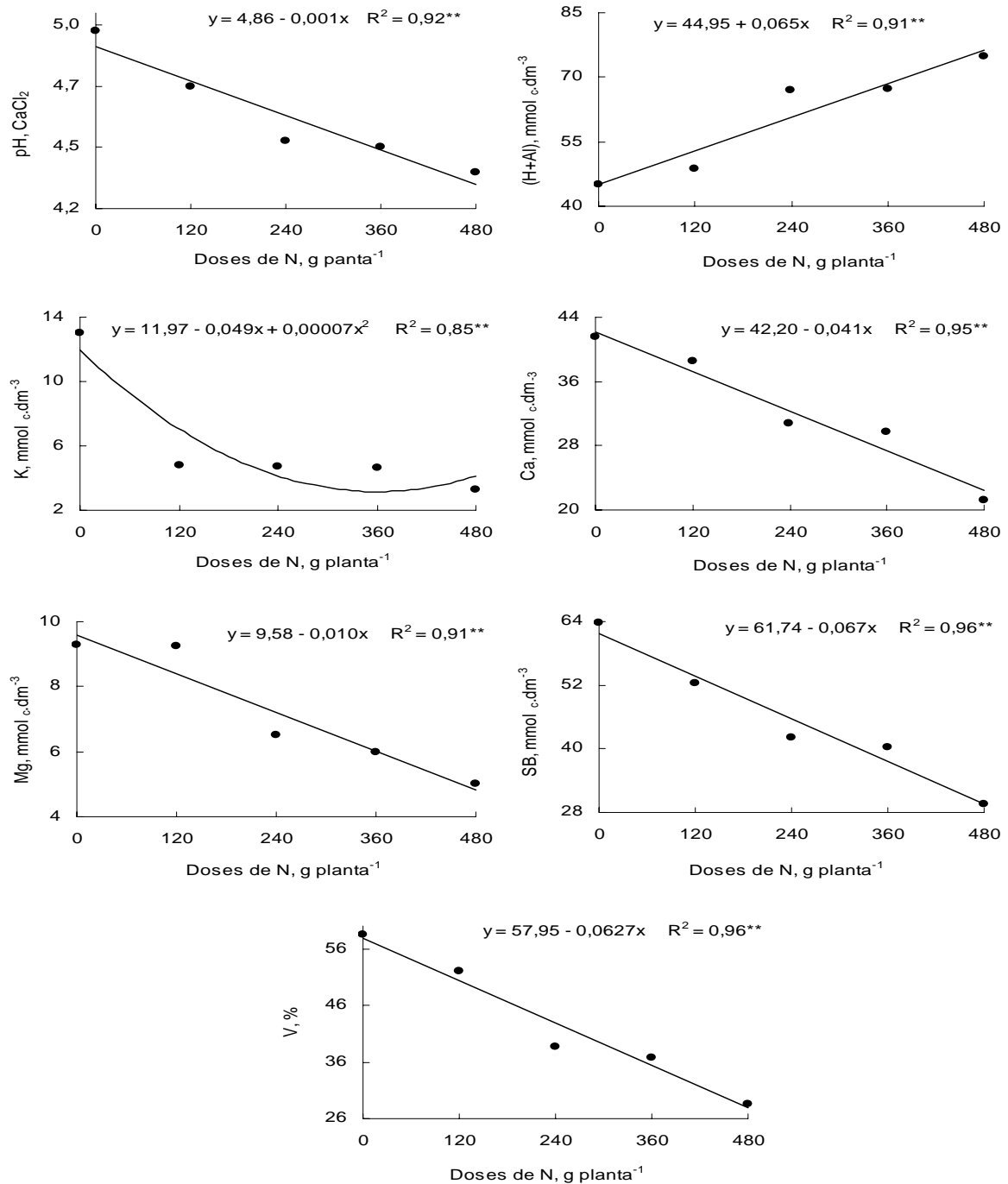


Figura 4. Efeitos da adubação nitrogenada sobre algumas características químicas da camada de 0-20 cm (linha de plantio) do Latossolo Vermelho eutrófico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no terceiro ano de experimentação

Com o aumento das doses de adubo nitrogenado houve diminuição do pH, sendo o menor valor de 4,4 determinado na dose de 480 g de N planta⁻¹. A acidez potencial apresentou comportamento semelhante ao pH, porém de forma inversa, ou seja, na mais alta dose de nitrogênio utilizada observou-se o maior valor do (H+Al), correspondendo a 75 mmol_c.dm⁻³.

O índice de saturação por bases e a concentração de bases no solo (potássio, cálcio e magnésio) apresentaram o mesmo comportamento do valor pH, atingindo os menores valores na dose de 480 g de N planta⁻¹, correspondendo a 3,3 mmol_c dm⁻³ de K; 21 mmol_c dm⁻³ de Ca, 5 mmol_c dm⁻³ de Mg e V = 29 %. Sendo assim, o menor valor da soma de bases foi observado, também, na maior dose de nitrogênio aplicado, correspondendo a 30 mmol_c dm⁻³.

Observa-se, ainda, através da Figura 4, o bom ajuste das equações de regressão, com os coeficientes de determinação (R²) sempre acima de 0,85.

4.3.2 Análise química do solo na camada de 20-40 cm

Os resultados da análise química do solo na camada 20-40 cm (linha de plantio), do pomar das caramboleiras estão apresentados na Tabela 15. Observa-se que não houve efeito significativo dos tratamentos sobre as características químicas do solo.

Apesar desta não significância, observa-se ligeira diminuição do pH, das concentrações de cálcio e magnésio, da soma de bases e da saturação por bases, quando comparada às entrelinhas (Tabela 14). Apesar do decréscimo, segundo os limites de interpretação descritos por RAIJ et al. (1996), tanto os valores de cálcio como os de magnésio apresentam-se em níveis considerados altos.

Tabela 15. Efeitos da adubação nitrogenada sobre algumas características químicas na camada de 20-40 cm (linha de plantio) do Latossolo Vermelho eutroférico, cultivado com caramboleiras em Bonfim Paulista-SP, no terceiro ano de experimentação (média de quatro plantas)

Doses de N	pH (CaCl ₂)	M.O.	P (resina)	K	Ca	Mg	(H +Al)	SB	T	V
g planta ⁻¹		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³						%
0	5,2 a	24 a	27 a	4,7 a	43 a	10 a	41 a	57,4 a	98,5 a	60 a
120	5,1 a	24 a	22 a	3,4 a	45 a	10 a	42 a	58,6 a	100,9 a	58 a
240	5,0 a	25 a	26 a	4,5 a	42 a	9 a	53 a	55,5 a	108,0 a	52 a
360	5,0 a	27 a	23 a	4,7 a	43 a	9 a	54 a	56,0 a	114,2 a	47 a
480	4,9 a	24 a	23 a	3,7 a	30 a	8 a	41 a	40,7 a	94,2 a	46 a
Teste F	0,30 ^{ns}	0,59 ^{ns}	2,57 ^{ns}	2,04 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,81 ^{ns}	1,19 ^{ns}	1,42 ^{ns}	1,24 ^{ns}
C.V. (%)	9,3	14,6	27,0	21,3	28,1	25,6	29,8	25,2	13,0	21,3

^{ns}, não significativo a 5% e 1% de probabilidade.

4.3.3 Crescimento das plantas

Os resultados da análise de variância dos parâmetros biológicos indicativos do crescimento das caramboleiras como, altura, raio e volume da copa, além do diâmetro do caule, estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16. Efeitos da adubação nitrogenada sobre os parâmetros biológicos de crescimento das caramboleiras, cultivadas em um Latossolo Vermelho eutroférico, em Bonfim Paulista – SP, no terceiro ano de experimentação (média de quatro repetições)

Doses de N	Altura	Raio da copa	Volume da copa	Diâmetro do porta-enxerto	Diâmetro do enxerto
g planta ⁻¹	m	m	m ³	cm	cm
0	1,53 c	0,87 c	2,53 c	13,0 c	11,0 c
120	2,94 a	1,99 a	24,56 a	31,5 a	29,0 a
240	2,55 b	1,61 b	14,05 b	21,8 b	19,8 b
360	2,41 b	1,50 b	11,37 b	25,5 b	24,3 b
480	2,48 b	1,49 b	11,70 b	25,5 b	24,0 b
Teste F	22,35**	34,18**	20,47**	12,78**	12,29**
Reg. Linear	-	-	-	-	-
Reg. Quadrática	34,96**	59,68**	29,77**	10,88**	11,53**
C.V. (%)	9,2	9,2	27,1	16,2	16,6

^{e**}, significativo a 5% e a 1% de probabilidade respectivamente.

Verifica-se que para os diferentes parâmetros avaliados neste terceiro ano experimental, as plantas que receberam o fertilizante nitrogenado diferiram

significativamente daquelas que não receberam nitrogênio. As caramboleiras do tratamento zero de N apresentaram os menores valores de altura, raio e volume da copa, diâmetro do porta-enxerto e do enxerto (Tabela 16) e, além disso, não floresceram.

Os resultados da presente pesquisa confirmam a importância do nitrogênio para as plantas, pois, este elemento possui função estrutural, sendo fundamental para o crescimento vegetativo e reprodução (KLIEMANN et al., 1986), estimulando o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas. Assim, a carência de nitrogênio interfere no crescimento das plantas e no porte, aumentando a presença de ramos finos e em grande número (MARTELETO, 1991).

Segundo CAMARGO & SÁ (2004) o nitrogênio é parte integrante de todos os aminoácidos, os quais compõe as proteínas. Portanto, quando ocorre carência desse elemento, os processos vitais da planta são afetados, como por exemplo, a capacidade fotossintética. Com a diminuição da taxa fotossintética ocorre redução no crescimento, ausência de florescimento, o que afeta a reprodução.

Realizou-se a análise de regressão polinomial entre as doses de nitrogênio aplicadas (variável independente) e cada um dos parâmetros vegetativos de crescimento (variável dependente), sendo o comportamento apresentado na Figura 5.

Apesar da significância do teste F, verificou-se que as equações da Figura 5 possuem baixos coeficientes de determinação (R^2), porém, significativos em 2º grau. Mesmo assim, o modelo quadrático não representou o adequado comportamento biológico da planta.

A análise de regressão polinomial é recomendada em estudos que utilizam variáveis quantitativas, como neste caso em que se empregou doses de adubo nitrogenado. Porém, ao se calcular os pontos de máximo das equações (Figura 5) verifica-se, mesmo visualmente, que eles não refletem adequadamente o comportamento das plantas.

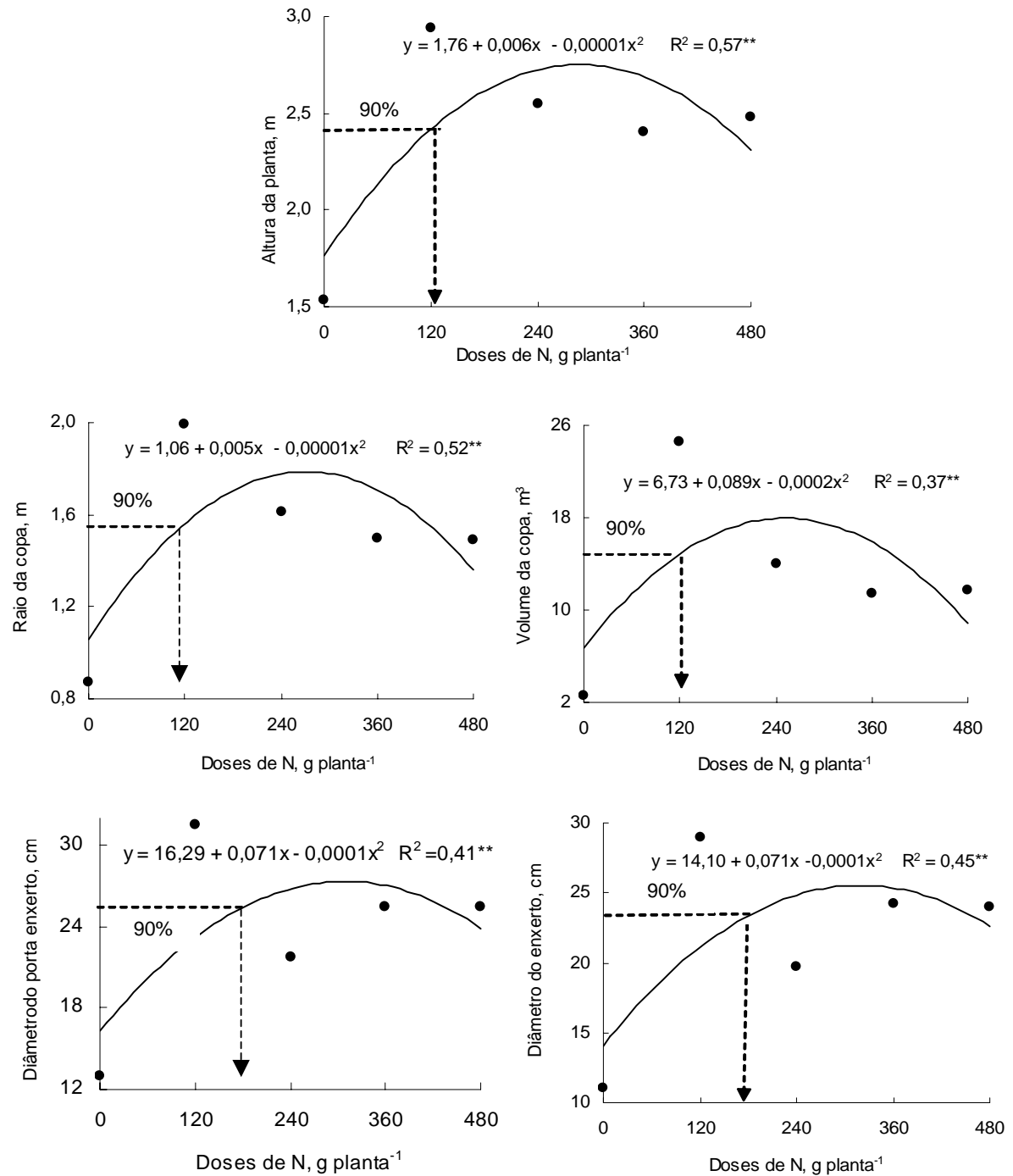


Figura 5. Efeitos da adubação nitrogenada sobre alguns parâmetros biológicos de crescimento da caramboleira cultivada em um Latossolo Vermelho eutrófico, em Bonfim Paulista-SP, no terceiro ano de experimentação

Desse modo, optou-se por trabalhar com o procedimento de ULRICH & HILLS (1967), utilizando-se 90% do ponto de máximo das equações de regressão obtidas na Figura 5. Com esse procedimento verifica-se, que os melhores resultados dos parâmetros biológicos de crescimento (altura da planta, raio e volume da copa, além do diâmetro do enxerto e do porta-enxerto das caramboleiras), estão associados à doses muito próximas de 120 g de N planta⁻¹.

A confrontação dos resultados obtidos na presente pesquisa, especialmente os que avaliaram o crescimento da planta, com dados da literatura, é muito limitada, uma vez que não foram encontrados ensaios com caramboleiras, devido à inexistência de experimentação no Brasil envolvendo, principalmente, adubação nitrogenada para essa frutífera.

4.3.4 Avaliação do estado nutricional das caramboleiras

Os resultados da análise de variância dos teores de macro e micronutrientes, neste terceiro ano de experimentação, nas folhas da caramboleira, estão apresentados na Tabela 17. Houve efeito significativo dos tratamentos sobre os teores foliares de N, B, Mn e Zn.

Convém ressaltar, porém, que para a determinação química, as folhas das plantas das parcelas que não receberam o adubo nitrogenado (tratamento zero de N) foram colhidas ao mesmo tempo que as das outras parcelas, mesmo não tendo florescido, visto que o pleno florescimento da caramboleira, é a época indicada para a amostragem, conforme preconizado na literatura (PRADO & NATALE, 2004).

Não houve influência dos tratamentos sobre os teores de macro e micronutrientes nas inflorescências da caramboleira, como pode ser verificado na Tabela 18. Ressalta-se, porém, que aquelas plantas que não receberam adubo nitrogenado, não floresceram. KLIEMANN et al. (1986) relataram que o N é fundamental para o crescimento vegetativo e reprodução e, na sua ausência, não ocorre o desenvolvimento de gemas floríferas.

Tabela 17. Efeitos da adubação nitrogenada sobre os teores de macro e micronutrientes nas folhas das caramboleiras, cultivadas em um Latossolo Vermelho eutroférico típico, em Bonfim Paulista-SP, no terceiro ano de experimentação (média de quatro repetições)

Doses de N g planta ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	15 b	1,0 a	18 a	14 a	5,1 a	1,5 a	45 a	4 a	91 a	211 b	45 a
120	19 a	1,0 a	17 a	12 a	4,3 a	1,2 a	30 b	4 a	86 a	297 b	20 b
240	20 a	0,9 a	17 a	12 a	4,3 a	1,3 a	27 b	3 a	106 a	576 a	27 b
360	19 a	0,8 a	17 a	12 a	4,7 a	1,2 a	26 b	2 a	91 a	550 a	27 b
480	19 a	0,9 a	15 a	12 a	4,0 a	1,2 a	24 b	2 a	82 a	577 a	25 b
Teste F	6,21**	2,68 ^{ns}	2,99 ^{ns}	2,68 ^{ns}	2,11 ^{ns}	2,42 ^{ns}	8,64**	3,30 ^{ns}	2,83 ^{ns}	16,20**	8,81**
Reg. Linear	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reg. Quadrática	10,28**	-	-	-	-	-	7,60*	-	-	6,60*	103,5**
C.V. (%)	9,4	10,8	6,3	9,4	13,1	14,4	18,7	24,2	12,1	19,7	22,0

^{ns, *}, não significativo e significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 18. Efeitos da adubação nitrogenada sobre os teores de macro e micronutrientes nas inflorescências das caramboleiras, cultivadas em um Latossolo Vermelho eutroférico, em Bonfim Paulista – SP, no terceiro ano de experimentação (média de quatro repetições)

Doses de N g planta ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
120	27 a	2,4 a	30 a	4 a	2,3 a	1,5 a	23 a	7 a	52 a	107 a	35 a
240	27 a	2,2 a	29 a	4 a	2,4 a	1,6 a	25 a	8 a	69 a	173 a	40 a
360	27 a	2,3 a	29 a	4 a	2,5 a	1,8 a	29 a	9 a	59 a	145 a	42 a
480	24 a	2,1 a	29 a	5 a	2,3 a	1,7 a	24 a	8 a	62 a	150 a	31 a
Teste F	2,03 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,36 ^{ns}	3,48 ^{ns}	0,60 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,98 ^{ns}	3,38 ^{ns}	1,02 ^{ns}	2,61 ^{ns}	3,59 ^{ns}
C.V. (%)	8,7	20,0	4,9	19,9	10,7	10,4	14,9	8,3	22,2	23,8	14,5

^{ns}, não significativo a 5% e 1% de probabilidade; *, as plantas referentes a esse tratamento não floresceram, portanto, não foram amostradas. A análise estatística não inclui os dados do tratamento zero

Com relação ao nitrogênio, verificou-se que as plantas que não receberam o fertilizante nitrogenado apresentaram teor foliar de N inferior àquelas que receberam o adubo. Além disso, na ausência da adubação o crescimento da planta foi afetado, como já discutidos no item 4.3.2.

Entre as caramboleiras que foram adubadas, porém, houve pouca variação, independente da dose aplicada. Isso pode indicar que a menor dose utilizada (120 g de N planta⁻¹), seja suficiente para atender as exigências nutricionais da caramboleira nessa fase do desenvolvimento. Esses resultados são confirmados através dos parâmetros biológicos de crescimento, determinados neste terceiro ano, pois, verificou-se que doses muito próximas à 120 g de N planta⁻¹ proporcionaram os melhores valores de altura das plantas, raio e volume da copa, além do diâmetro do enxerto e porta-enxeto das caramboleiras, conforme apresentado na Figura 5.

Com relação ao manganês, a ausência da adubação nitrogenada proporcionou menor teor foliar do elemento na planta (211 mg kg⁻¹), em relação aos demais tratamentos. Este fato pode ser justificado pelo valor pH no solo neste tratamento, que foi superior ao dos locais que receberam o fertilizante (Tabela 17). Tal resultado é explicado pela diminuição do pH, que aumenta a disponibilidade de Mn no solo (MALAVOLTA, 1980) refletindo, portanto, no maior teor foliar quando do incremento das doses de N. Verificou-se, também, teores foliares de B e Zn mais elevados naquelas plantas que não receberam o fertilizante nitrogenado (Tabela 17) não sendo encontrada na literatura explicação para esse fato.

De acordo, ainda, com a Tabela 17, o teor foliar de N variou entre 15-20; P = 0,8-1,0; K= 15-18; Ca = 12-14; Mg = 4,0-5,1 e S = 1,2-1,5 (todos em g kg⁻¹); B = 24-45; Cu = 2-4; Fe = 82-106; Mn = 211-577 e Zn = 20-45 (todos em mg kg⁻¹).

PRADO (2003) avaliou o efeito de doses de calcário (zero, 1,85; 3,71; 5,56 e 7,41) sobre o estado nutricional de caramboleiras, amostrando folhas seguindo a mesma metodologia utilizada no presente experimento. Determinou os seguintes teores de nutrientes após 25 meses da incorporação do calcário: N = 17-21; P = 0,6-0,8; K= 9-12; Ca = 3-9; Mg = 2,7-5,8 (todos em g kg⁻¹); B = 27-29; Cu = 4-5; Fe = 199-216; Mn = 1269-1539 e Zn = 22-51 (todos em mg kg⁻¹). Aos 38 meses após a incorporação do

corretivo esses teores foram: N =15-16; P = 0,8-0,9; K= 9-12; Ca = 7-11; Mg = 3,3-5,2 e S = 1,3-1,5 (todos em g kg⁻¹); B = 39-43; Cu = 4-5; Fe = 80-108; Mn = 1068-1745 e Zn = 19-35 (todos em mg kg⁻¹).

Diante dessas informações, verifica-se diferenças entre os valores determinados na presente pesquisa e os citados acima, já que o autor trabalhou com doses de calcário e outra cultivar de caramboleira (cv. Malásia), condições diferentes das utilizadas na presente pesquisa. No entanto, é importante o conhecimento dessas pesquisas, tendo em vista a escassez de informações nacionais sobre a nutrição da caramboleira.

A confrontação do resultado da análise química das inflorescências com dados da literatura torna-se ainda mais limitante, pois, neste caso não se encontrou qualquer trabalho que avaliasse a composição nutricional desse tecido das caramboleiras.

Realizou-se a análise de regressão polinomial entre as doses de nitrogênio aplicadas (variável independente) e o teor foliar de N (variável dependente) das caramboleiras, cujo comportamento está apresentado na Figura 6. Através da figura, verifica-se que houve aumento do teor foliar de nitrogênio até a dose de 120 g de N planta⁻¹ e, a partir dessa dose, o teor do elemento estabilizou.

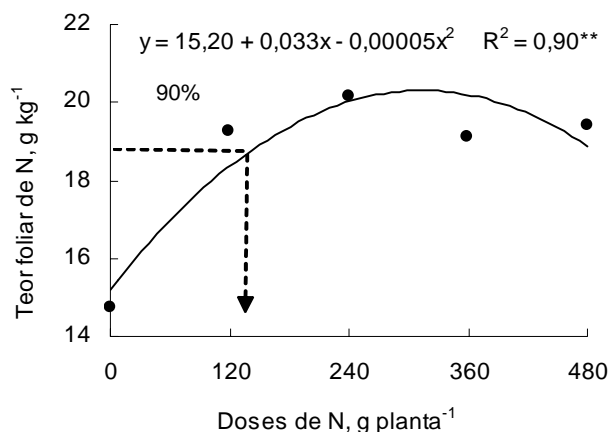


Figura 6. Efeitos da adubação nitrogenada sobre o teor foliar de N das caramboleiras cultivadas em um Latossolo Vermelho eutroférico, em Bonfim Paulista-SP, no terceiro ano de experimentação

De acordo com a definição de nível crítico (ULRICH & HILLS, 1967), existe uma zona de deficiência nutricional (teores inferiores ao nível crítico), na qual a planta tende a aumentar sua produção em função do fornecimento do nutriente. Este será absorvido e, como resposta haveria crescimento/produção da planta, com os teores foliares sofrendo pequenos aumentos.

Nesta situação, o incremento por unidade de nutriente oferecido é alto. Quando o fornecimento é demasiado, porém, este aumento de produção limitado (Lei dos incrementos decrescentes), o que implicaria em teores de nutrientes altos sem a devida resposta em termos de produção, denominado de consumo de luxo. ULRICH & HILLS (1967) utilizaram em seu trabalho clássico, o teor de nutriente correspondente a 90% da produtividade total, ou valor relativo a diminuição de 10 % da produtividade máxima.

Desse modo, foram empregados para o cálculo da dose de fertilizante nitrogenado, a dose correspondente a 90% do crescimento máximo da planta (Figura 5) e do teor de N nas folhas (Figura 6) e para o valor SPAD (figura 8).

Realizou-se a análise de regressão polinomial entre as doses de nitrogênio aplicadas (variável independente) e o teor foliar de B, Mn e Zn (variável dependente), das caramboleiras, cujo comportamento está apresentado na Figura 7, sendo quadrático para os três elementos.

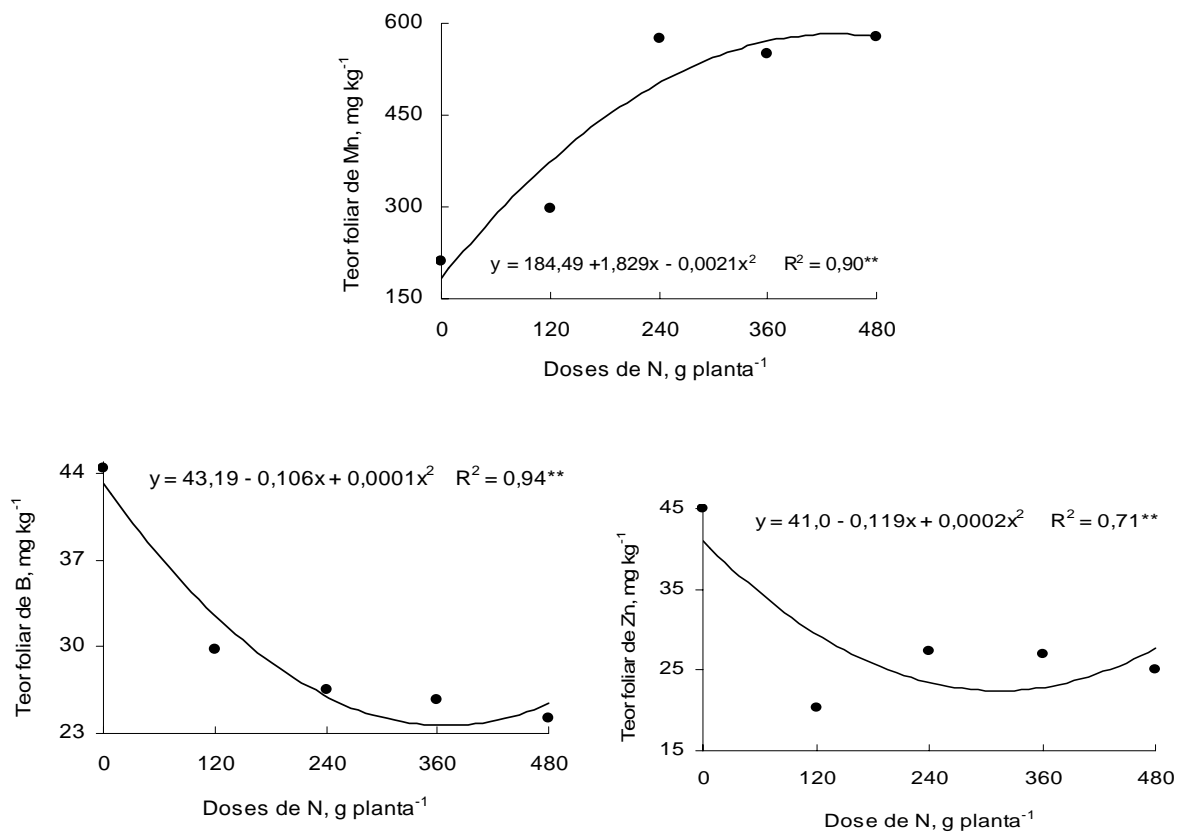


Figura 7. Efeitos da adubação nitrogenada sobre o teor foliar de Mn, B e Zn das caramboleiras cultivadas em um Latossolo Vermelho eutrófico, em Bonfim Paulista-SP, no terceiro ano de experimentação

Outro modo de avaliar o estado nutricional das plantas, particularmente em relação ao teor de nitrogênio presente nas folhas, é empregando o clorofilômetro, que determina indiretamente o teor de clorofila, um composto orgânico do qual o nitrogênio é constituinte.

FONTES (2001) relatou que o uso de medidas indiretas para determinar o teor de um elemento, como o nitrogênio através da clorofila, tem sido muito empregado nos últimos anos. ZOTARELLI et al. (2002) informaram que a aplicação do medidor indireto de clorofila tem sido utilizada em diversas culturas, com resultados satisfatórios quanto à avaliação do estado nutricional em N.

Através dos dados obtidos com o uso do clorofilômetro, realizou-se a regressão polinomial, e obteve-se a Figura 8. Verifica-se que houve efeito significativo dos tratamentos sobre as leituras, sendo que, aquelas plantas não adubadas apresentaram a menor leitura SPAD em relação àquelas que receberam o fertilizante nitrogenado. Observa-se, também, que houve aumento da leitura até a dose de 120 g de N planta⁻¹ e, a partir dessa dose, a leitura estabilizou.

Diante desse resultado, optou-se por trabalhar com 90% do ponto de máximo da equação de regressão obtida na Figura 8, verificando-se que o valor da medida indireta do teor de clorofila foi de 56 unidades de SPAD, obtido a dose próxima de 120 g de N planta⁻¹.

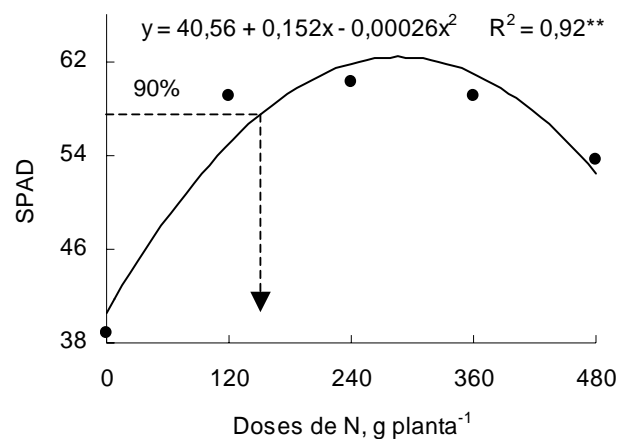


Figura 8. Determinação indireta do teor de clorofila, em valores SPAD, em folhas de caramboleiras cultivadas em um Latossolo Vermelho eutroférico, em função de doses de nitrogênio aplicadas, em Bonfim Paulista-SP, no terceiro ano de experimentação

Observa-se que esse resultado foi similar ao obtido quando da regressão polinomial entre o teor foliar de N e as doses de nitrogênio (Figura 6), uma vez que, a dose próxima a de 120 g de N planta⁻¹ foi também suficiente para suprir as necessidades da caramboleira quanto à exigência em N.

Utilizando o clorofilômetro como alternativa para avaliar o estado nutricional das caramboleiras, com relação ao teor de nitrogênio, pode-se verificar, comparando os

resultados apresentados nas Figuras 6 e 8 que as plantas não adubadas (dose zero) apresentaram o menor teor foliar de N, que foi igual a 15 g kg^{-1} (Figura 6) e, conseqüentemente, a menor leitura (SPAD), que foi aproximadamente de 38 unidades de SPAD (Figura 8).

Correlacionando o teor foliar de N e a medida indireta do teor de clorofila obteve-se a Figura 9, obtendo-se excelente ajuste da equação ($r = 0,96$). Observa-se que as plantas não adubadas (dose zero de N) apresentaram leitura de 38 unidades de SPAD, diferenciando-se significativamente das plantas adubadas, cuja leitura foi sempre superior a 54 unidades de SPAD.

Pode-se inferir, através desses resultados, que a adubação nitrogenada colocou à disposição das plantas maiores quantidades de nitrogênio no solo, que foi absorvido e utilizado para o crescimento e florescimento das caramboleiras.

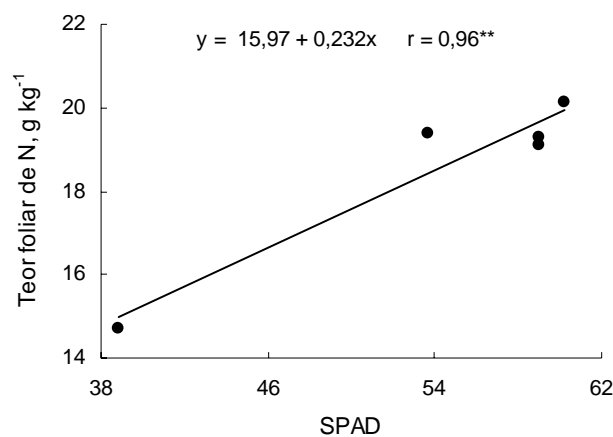


Figura 9. Correlação entre o teor foliar de nitrogênio e a medida indireta do teor de clorofila, em valores SPAD, determinados em caramboleiras cultivadas em um Latossolo Vermelho eutroférico, em Bonfim Paulista-SP, no terceiro ano de experimentação

Os resultados mencionados no parágrafo anterior são confirmados com base no que foi verificado com os parâmetros biológicos de crescimento e o teor foliar de N em função das doses, visto que as plantas do tratamento zero de N apresentaram:

crescimento inferior às demais, ausência de florescimento, além de menor teor de nitrogênio nas folhas, como já discutido nos itens anteriores.

CHAPMAN & BARRETO (1997) relataram que cerca de 50 a 70 % do N total na folha está associado a enzimas presentes nos cloroplastos, e que o índice relativo ao teor de clorofila, geralmente, correlaciona-se bem com o teor de N nas folhas (SHAAHAN et al., 1999), podendo indicar deficiência de N nas plantas (WOOD et al., 1993). Não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliassem o teor foliar de N determinado pela medida indireta da clorofila, em função da aplicação de doses de nitrogênio em caramboleiras.

4.3.5 Produção de frutos das caramboleiras

Tendo em vista o florescimento das caramboleiras e, conseqüentemente, o início da produção de frutos, a Tabela 19 apresenta os resultados parciais (quatro colheitas). A parcialidade dos dados não permitiu a discussão desses resultados, tendo em vista que a colheita não foi encerrada até o presente momento.

Tabela 19. Avaliação parcial da produção de frutos de caramboleira em função da adubação nitrogenada, coletados no terceiro ano de experimentação

Tratamentos	DATA DAS AVALIAÇÕES DA PRODUÇÃO DE FRUTOS DE CARAMBOLEIRA (kg parcela ⁻¹)			
	1ª Colheita (25/01/06)	2ª Colheita (10/02/06)	3ª Colheita (17/02/06)	4ª Colheita (24/02/06)
A0	S/P	S/P	S/P	S/P
B0	S/P	S/P	S/P	S/P
C0	S/P	S/P	S/P	S/P
D0	S/P	S/P	S/P	S/P
A1	3,28	5,15	0,58	0,12
B1	3,58	3,86	1,65	0,55
C1	4,10	4,68	1,75	0,48
D1	2,19	3,80	1,40	0,75
A2	3,48	5,22	0,95	0,56
B2	1,82	2,73	1,10	1,80
C2	4,05	6,18	1,35	1,72
D2	2,30	3,45	2,00	1,98
A3	1,60	2,85	1,20	0,10
B3	4,53	3,10	2,10	1,03
C3	0,89	2,00	2,25	1,10
D3	5,20	4,83	1,40	1,20
A4	4,79	5,92	0,75	0,22
B4	3,83	4,51	1,28	0,73
C4	2,02	3,23	0,91	0,53
D4	3,21	4,01	1,00	0,50

A, B, C, D – Repetições; 0, 1, 2, 3 e 4- Doses de nitrogênio iguais a: zero, 120, 240, 360, 480 g de N planta⁻¹ respectivamente. S/P- Sem produção; Cada parcela é composta por quatro plantas, porém, apenas as duas centrais foram utilizadas para a colheita dos frutos.

5. CONCLUSÕES

1. A aplicação do fertilizante nitrogenado, a partir do segundo ano de experimentação, promoveu diminuição significativa do pH, que aumentou a acidez potencial e diminuiu as concentrações de potássio, cálcio e magnésio, bem como a soma de bases e a saturação por bases

2. As caramboleiras do tratamento testemunha não floresceram e apresentaram menor teor foliar de N, em relação àquelas que receberam o adubo.

3. O estado nutricional das plantas, em relação ao nitrogênio pode ser avaliado com o uso do clorofilômetro, pois, houve correlação positiva entre a leitura SPAD e o teor foliar de N determinado pela análise química.

4. Uma dose próxima de 120 g de N planta⁻¹ proporcionou os melhores resultados para a caramboleira na fase de implantação.

6. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, P.S.R. Seleção da caramboleira (*Averrhoa carambola* L) relacionada às características biométricas e físico-químicas dos frutos. **Tese (doutorado)**, Esalq, USP, Piracicaba, 2000, 59 p.
- BASTOS, D.C.; MARTINS, A.B.G.; SCALOPPI JUNIOR, E.J.; SARZI, I.; FATINANSI, J.C. Influência do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas apicais e basais de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) sob condições de nebulização intermitente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.2, p.284-286, 2004.
- BATAGLIA, O.C., FURLANI, A.M.C., TEIXEIRA, J.P.F., FURLANI, P.R., GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- BATAGLIA, O.C., SANTOS, W.R. Efeitos da adubação NPK na fertilidade do solo, nutrição e crescimento da seringueira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.81-90, 1999.
- BHELLA, M.; WILCOX, G.E. Yield and composition of muskmelons as influenced by preplanting and trickle applied nitrogen. **Horticulture Science**, v.21, p.86-88, 1986.
- BORGES, A.N.; CALDAS, R.C.; LIMA, A. de A.; ALMEIDA, I.E. de. Efeito de doses de NPK sobre os teores de nutrientes nas folhas e no solo, e na produtividade do maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.208-213, 2002.
- CAMARGO, F.A.O.; SÁ, E.L.S.de. Nitrogênio e adubos nitrogenados. In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. cap. 9, p. 93-116.
- CAMPBELL, C. W. Carambola production in the United States. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulturae**, v.33, p.47-54, 1989.
- CAMPBELL, C.W.; MARTE, R.J. **Pre-production, production and postharvest handling of carambola**. Bridgetown, Barbados: International Institute for Cooperation on Agriculture, 1990, 20 p.

CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v.89, p.557-562, 1997.

DONADIO, L.C.; SILVA, J.A. A.; ARAÚJO, P.S.R. de; PRADO, R.M. de. **Caramboleira** (*Averrhoa carambola* L.) Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2001. 81p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: 1999. 412 p.

EVANS, J.R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plantas. **Oecologia**, v.78, p.9-19, 1989.

FERGUNSON, J.J.; CRANE, J.H.; OLSZACK, R. Growth of young carambola trees using standart and controlled-release. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.32, p.20-24, 1988.

FERGUNSON, J.J.; CRANE, J.H. **The carambola (Star fruit)**. Florida Cooperative Extension Service/ Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida, 1995. 80p.

FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R.O.P. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.14, n.2, p.111-148, 1995.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional de plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Ciiagro. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/ciiagro>. Acessado em 25 de fevereiro de 2006.

KLIEMANN, H.J.; CAMPELO JUNIOR, J.H.; AZEVEDO, J.A. de; GUILHERME, M.R.; GEN, P.J. de C. Nutrição mineral e adubação do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims). In: HAAG, H.P., ed. **Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1986. p.245-284.

LAWLOR, D.W. Relation between carbon and nitrogen assimilation, tissue composition and whole plant function. In: ROY, J.; GARNIER, E. (eds.). **A whole plant perspective on carbon-nitrogen interactions**. SPB Academic Publisching Co., The Hague, The Netherlands. 1994.

- LENNOX, A., RAGOONATH, J. Carambola and bilimbi. **Fruits**, v.45, n.5, p.497-508, 1990.
- MACLAREN, R.G.; CAMERON, K.C. Soil, plant and fertilizer nitrogen. In: McLAREN, R.G. (Ed.) **Soil science: Sustainable production and environmental protection**. 2.ed. New York: Oxford University Press, 1996. p.192-207.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição das plantas**. São Paulo, Ceres, 1980, 251 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 594 p.
- MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas**. 1. Técnicas de produção e mercado: Carambola. Porto Alegre RS, Cinco continentes editora, 2000. p.183-262.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MARTELETO, L.O. Nutrição e adubação. In: SÃO JOSÉ, A.R.; FERREIRA, F.R.; VAZ, R.L., ed. **A cultura do maracujá no Brasil**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1991. p.125-237.
- MURAYAMA, S.J. **Fruticultura**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 386 p., 1973.
- OGATA, R.K. **Estudo e espaçamento para laranjeira 'Pera' (*Citrus sinensis*, L. Osbeck) enxertada sobre a tangerineira 'Cleópatra'**. 1989. (Trabalho de graduação) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, 1989.
- PRADO, R. M. **Efeitos da calagem no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de frutos da goiabeira e da caramboleira**. 2003. 68p. (Tese de doutorado)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, 2003.
- PRADO, R. M.; NATALE, W. Leaf sampling in carambola trees. **Fruits**, v.59, p.261-269, 2004.
- RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/POTAFOS, 1991. 343p.
- RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. 285p.

- RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.
- SANCHES, A.C.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; RIGOLIN, A.T. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.91-9, 1999.
- SAÚCO, V.G., MENINI, U.G., TINDALL, H.D. **Carambola cultivation**. Rome: FAO, 1993. p.74.
- SAÚCO, V.G. Possibilities of non-citrus tropical fruit in the Mediterranean. **Acta Horticulturae**, n.365, p.25-41, 1994.
- SHAAHAN, M.M.; EL-SAYED, A.A. & ABOU EL-NOUR, E.A.A. Predicting nitrogen, magnesium and iron nutritional status of perennial crops using a portable chlorophyll meter. **Science Horticulturae**, v.82, p.339-348, 1999.
- TEDESCO, M.J.; BISSANI, C.A. Acidez do solo e seus efeitos nas plantas. In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. cap. 8, p. 75-92.
- THOMAS, M.B.; CRANE, J.H.; BECK, H.W. A diagnostic systems for indenting diseases, disorders and pest damage of subtropical and tropical fruits crops. **Institute of Food and Agricultural Science**, v.1, University of Flórida, 1998. CD-Rom.
- TISDALE, S.L., NELSON, W., BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1985. 754p.
- VALE, M.R. **Caracterização da fruticultura nos municípios da AMALG-MG**. 1999. 61p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E.G.; PICCINI, J.L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; TORRES, E.; ALVES, B.J.R. **Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para uso na cultura do milho**. Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2002. 4p. (Comunicado técnico, 55).

ULRICH, A.; HILLS, F.J. **Principles and practices of plant analysis**. In: HARDY, G.W. (ed.) Soil testing and plant analysis. Madison: Soil Science Society American, 1967. p. 11-24. (Special Publication, 2).

WOOD, C.W.; REEVES, D.W; HIMELRICK, D.G. Relationship between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status and crop yield: a review. **Proc. Agron. Soc. New Zealand**, v.23, p.1-9, 1993.

APÊNDICE

Tabela 1A. Dados pluviométricos obtidos em Ribeirão Preto-SP, local mais próximo da área experimental, referente ao período de 06/01/2003 a 05/02/2006. (Fonte: IAC)

Período	Temperatura média (°C)	Precipitação (mm)
06/01/2003 a 26/01/2003	25,2	316,0
27/01/2003 a 23/02/2003	25,0	418,0
24/02/2003 a 30/03/2003	24,9	182,0
31/03/2003 a 27/04/2003	23,5	125,0
28/04/2003 a 25/05/2003	21,0	83,0
26/05/2003 a 29/06/2003	20,8	1,0
30/06/2003 a 27/07/2003	20,1	24,0
28/07/2003 a 31/08/2003	20,6	8,0
01/09/2003 a 28/09/2003	23,6	21,0
29/09/2003 a 26/10/2003	24,5	35,0
27/10/2003 a 30/11/2003	23,9	177,0
01/12/2003 a 04/01/2004	24,8	224,0
05/01/2004 a 25/01/2004	24,3	169,0
26/01/2004 a 29/02/2004	24,0	557,0
01/03/2004 a 28/03/2004	23,9	84,0
29/03/2004 a 25/04/2004	24,0	177,0
26/04/2004 a 30/05/2004	19,7	105,0
31/05/2004 a 27/06/2004	19,0	48,0
28/06/2004 a 25/07/2004	19,6	35,0
16/07/2004 a 29/08/2004	20,5	1,0
30/08/2004 a 26/09/2004	25,5	5,0
27/09/2004 a 31/10/2004	23,3	108,0
01/11/2004 a 28/11/2004	24,3	93,0
29//11/2004 a 26/12/2004	24,1	423,0
27/12/2004 a 30/01/2005	24,7	417,0
31/01/2005 a 27/02/2005	24,7	33,0
28/02/2004 a 27/03/2004	25,0	152,0
28/03/2004 a 24/04/2004	25,4	8,0
25/04/2004 a 29/05/2005	21,5	102,0
30/05/2004 a 26/06/2005	20,3	47,0

27/06/2005 a 31/07/2005	19,3	50,0
01/08/2005 a 28/08/2005	21,8	0,0
29/08/2005 a 25/09/2005	23,4	70,7
26/09/2005 a 30/10/2005	25,3	87,6
31/10/2005 a 27/11/2005	25,0	245,7
28/11/2005 a 31/12/2005	24,0	151,7
01/01/2006 a 05/02/2006	25,5	205,6

Tabela 2A. Quantidade de nitrogênio aplicado de forma parcelada na época chuvosa (novembro, dezembro e janeiro) de cada período experimental

Tratamentos	D0	D1	D2	D3	D4
g de N planta ⁻¹					
<i>1º Ano de experimentação</i>					
Parcelamento das doses de N					
Novembro	zero	11	20	31	40
Dezembro	zero	22	40	62	80
Janeiro	zero	27	60	87	120
Doses Totais	zero	60	120	180	240
<i>2º Ano de experimentação</i>					
Parcelamento das doses de N					
Novembro	zero	18	36	54	72
Dezembro	zero	22	45	67	90
Janeiro	zero	50	99	149	198
Doses Totais	zero	90	180	270	360
<i>3º Ano de experimentação</i>					
Parcelamento das doses de N					
Novembro	zero	40	80	120	160
Dezembro	zero	40	80	120	160
Janeiro	zero	40	80	120	160
Doses Totais	zero	120	240	360	480