

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS JABOTICABAL

**DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE CEBOLA EM FUNÇÃO
DA POPULAÇÃO DE PLANTAS E FERTILIZAÇÃO
NITROGENADA E POTÁSSICA.**

André May
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SP- BRASIL
MAIO de 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS JABOTICABAL

**DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE CEBOLA EM FUNÇÃO
DA POPULAÇÃO DE PLANTAS E FERTILIZAÇÃO
NITROGENADA E POTÁSSICA.**

André May

Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho

Co-orientador: Prof. Dr. José Carlos Barbosa

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, *Campus Jaboticabal*, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia – área de concentração em Produção Vegetal.

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

MAIO de 2006

May, André
M466d Desempenho de híbridos de cebola em função da população de plantas e fertilização nitrogenada e potássica/ André May. – – Jaboticabal, 2006
vi, 144 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2006
Orientador: Arthur Bernardes Cecílio Filho
Banca examinadora: Paulo César Tavares de Melo, Romy Goto, Joaquim Adelino de Azevedo Filho, Leila Trevizan Braz
Bibliografia

1. *Allium cepa* L.. 2. Nutrição. 3. Produção. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 635.25:631.81

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

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ANDRÉ MAY, natural de São Paulo, nasceu em 08 de maio de 1975, filho de Salete Anelise Nappi e Robert May Neto, graduou-se em Engenharia Agrônômica em 1997, pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Em 1998, fez aperfeiçoamento no Instituto Agrônômico de Campinas com a Cultura da Seringueira, sob orientação do Dr. Paulo de Souza Gonçalves, com bolsa FAPESP. Em 1999, iniciou o curso de mestrado na Universidade Estadual Paulista, *Campus* Jaboticabal, Programa de Agronomia (Produção Vegetal) concluindo o estudo referente à fertilização nitrogenada e potássica da *Curcuma longa* L., em fevereiro de 2001. Foi produtor de plantas medicinais no município de São José do Rio Pardo-SP, no período de setembro de 1999 a março de 2002, deixando a atividade para trabalhar na Empresa Agristar do Brasil Ltda, responsável pela área de Desenvolvimento de Produtos na Linha de Bulbos e Raízes em todo o Brasil. Em agosto de 2003, rescindiu contrato de trabalho para realizar o seu doutoramento em Agronomia na mesma Universidade e Programa de Pós-graduação em que obteve o título de Mestre. Foi bolsista FAPESP, no mestrado, e CNPQ, no doutorado. Em janeiro de 2005 foi admitido como Pesquisador Científico I, no Instituto Agrônômico, Campinas-SP, após aprovado em concurso público. Encontra-se lotado no Centro de Horticultura, co-responsável pela pesquisa na área de Plantas Aromáticas e Medicinais.

OFEREÇO

À Rosemari Teotônio
Rodrigues por sua
demonstração de carinho,
amor e trabalho.

DEDICO

À DEUS.

AGRADECIMENTOS

À Deus por mais esta oportunidade de aprendizado e trabalho, e por me ajudar a compreender e aceitar as coisas e as pessoas de forma sempre diferente a cada novo dia.

Ao CNPQ pelo apoio financeiro e pela bolsa de estudo concedida.

À FAPESP pelo auxílio à pesquisa concedido para a realização deste trabalho.

À Mari pela ajuda aos sábados, domingos e feriados durante os trabalhos de condução do campo experimental.

À Salete Anelise Nappi por tudo o que fez e continua fazendo pelos seus filhos.

À Universidade Estadual Paulista, por mais esta oportunidade de estudo.

Ao amigo Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho pelo rigor e colaboração.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa pela grande colaboração nas análises estatísticas.

Ao aluno de graduação Rafael Stein Carvalho Dias e aos alunos de doutorado Diego Porto Resende e Rodrigo Luiz Cavarianni pelo auxílio nas análises de laboratório. E ao aluno de doutorado Pablo Forlan Vargas pela ajuda nos trabalhos de campo.

Às Empresas Agristar do Brasil Ltda e Takii do Brasil Ltda nas pessoas de Maurício Coutinho Pellegrini e Eduardo Hideomi Seo, respectivamente, pelas sementes doadas para a realização deste trabalho.

Ao amigo Dr. Carlos Eduardo Ferreira de Castro, do Instituto Agronômico Campinas, pela ajuda na impressão da tese.

Ao Dr. Odair Alves Bovi do Instituto Agronômico Campinas pela ajuda no idioma inglês.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
SUMMARY.....	v
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Características gerais da planta e seu cultivo no Brasil.....	2
2.2 Influência da população de plantas na produtividade de bulbos de cebola.....	3
2.3 Efeitos do nitrogênio sobre o desenvolvimento e produtividade da cebola.....	5
2.4 Efeitos do potássio sobre o desenvolvimento e produtividade da cebola.....	7
2.5 Acúmulo de nutrientes.....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1 Localização da área.....	10
3.2 Delineamento experimental, tratamentos e parcela.....	10
3.3 Clima.....	10
3.4 Solo.....	15
3.5 Instalação e condução do experimento.....	16
3.6 Características avaliadas.....	17
3.7 Análise estatística dos dados.	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 Crescimento da cebola.....	25
4.2 Ciclo das plantas.....	33
4.3 Massa do bulbo.....	37
4.4 Análise de crescimento.....	51
4.5 Produtividade de bulbos.....	69
4.6 Classificação do bulbo.....	79
4.7 Acúmulo de nutrientes na parte aérea e no bulbo.....	111

5 CONCLUSÕES.....	120
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	121
7.REFERÊNCIAS.....	122
8 ANEXOS.....	130

DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE CEBOLA EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS E FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA.

RESUMO – O presente trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento da planta e a produtividade de bulbos de dois híbridos de cebola quando submetidas a doses de nitrogênio e potássio em diferentes populações de plantas e a influência desses fatores na classificação do bulbo. O estudo foi conduzido no município de São José do Rio Pardo-SP. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, com os tratamentos em esquema fatorial $2 \times 4 \times 4 \times 4$, sendo cultivares (híbridos Optima e Superex), nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N), potássio (0, 75, 150 e 225 kg ha⁻¹ de K₂O) e populações de plantas (60, 76, 92 e 108 pl m⁻²). Avaliaram-se a altura da planta, número de folhas, diâmetro do pseudocaule, comprimento do pseudocaule, ciclo das plantas, massa do bulbo, massa seca da parte aérea, massa seca de bulbos, produtividade, classificação de bulbos, acúmulo e exportação de macronutrientes. Foram feitas avaliações a cada 20 dias, a partir de 30 dias após a semeadura (DAS), até 150 DAS. A cultivar Optima apresentou maior crescimento vegetativo. O nitrogênio foi o fator que mais influenciou no crescimento da parte aérea e do bulbo das duas cultivares. O ciclo foi menor quanto maior a dose de nitrogênio aplicada e quanto maior a população de plantas. A massa do bulbo foi altamente influenciada pela população de plantas, sendo observado que as maiores porcentagens de bulbos com diâmetro entre 50 a 70 mm foram obtidas com 66 pl m⁻², para a ‘Optima’, e 76 pl m⁻², para a ‘Superex’. As produtividades de 71 e 64,8 t ha⁻¹, equivalentes a 90% das máximas, para ‘Superex’ e ‘Optima’, foram obtidas, respectivamente, com a aplicação de 125 e 105 kg ha⁻¹ de N, sem a aplicação do potássio. O fator população de plantas e doses de potássio não influenciaram significativamente a produtividade, mas houve incrementos significativos na produção com a aplicação das doses de nitrogênio. Doses de N acima de 50 kg ha⁻¹ e população entre 60 e 70 pl m⁻² reduziram a quantidade de bulbos da ‘Optima’ com diâmetro menor que 15 mm (Classe 0) para 2,9%. Para a ‘Superex’ dose superior a 85 kg ha⁻¹ de N e população entre 60 e 80 pl m⁻², reduziram a quantidade de bulbos na Classe 0

para 1,2%. As maiores percentagens de bulbos na Classe 3 (50 a 70 mm) foram alcançadas na menor população de plantas e com a aplicação de maiores doses de nitrogênio, principalmente para a 'Superex'. As maiores porcentagens de bulbos duplos ocorreram na cultivar Superex, com a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N (17 % do total de bulbos produzidos) e na população de plantas de 60 pl m⁻² (22% do total de bulbos). A 'Superex' apresentou extrações de N, P e K menores que a 'Optima', mas apresentou maior capacidade produtiva, demonstrando maior eficiência na utilização dos nutrientes. Para uma população de 354.000 plantas ha⁻¹ e uma produtividade estimada de 64,8 t ha⁻¹, a 'Optima' extraiu aos 150 DAS: 78,77; 13,04; 75,77; 59,09; 11,70 e 24,38 kg ha⁻¹, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg e S. A 'Superex' na mesma população de plantas e produtividade de 72 t ha⁻¹ extraiu, 64,68; 10,33; 68,28; 65,58; 13,03; 24,74 kg ha⁻¹, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg e S. A 'Optima' exportou pelo bulbo cerca de 49,17% do N, 60,60% do P, 61,16% do K, 41,15% do Ca, 43,56% do Mg e 47,18 do S, o que correspondeu a 38,73; 7,90; 46,34; 24,32; 5,10 e 11,51 kg ha⁻¹, respectivamente. A 'Superex' exportou pelo bulbo cerca de 44,29% do N, 55,85% do P, 62,54% do K, 35,71% do Ca, 31,82% do Mg e 48,80% do S, o que correspondeu a 28,65; 5,77; 42,70; 23,42; 4,15 e 12,07 kg ha⁻¹, respectivamente.

Palavras-chave: *Allium cepa* L., nutrição, produtividade, densidade de plantas, crescimento, classificação.

ONION HYBRID PERFORMANCE IN FUNCTION OF NITROGEN AND POTASH FERTILIZATION AND PLANT POPULATION

SUMMARY – The objective of this paper was to study the effects of nitrogen and potassium fertilizer doses on plant growth, yield and bulb quality of two onion cultivars, growing in different plants population. The experiment was carried out in Sao Jose do Rio Pardo in Sao Paulo State, Brazil. The experimental design was in blocks with four replications in a 2 x 4 x 4 x 4 factorial: cultivars (*Optima* and *Superex*), nitrogen (0, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹ of N), potassium (0, 75, 150 e 225 kg ha⁻¹ of K₂O) and plants population (60, 76, 92 e 108 pl m⁻²). Parameters studied were: plant height, leaf number, pseudostem diameter and length, growing season duration, bulb and aerial part dry matter, bulb mass, yield and bulb classification, nutrient accumulation and exportation. The first measurement was made 30 days, after sowing (DAS), subsequent measurements were made each 20 days until 150 DAS. The *Optima* cultivar presented higher vegetative development, nitrogen was the main factor influencing both the above ground development and bulb, for both cultivars. The cycle was less in the higher nitrogen dose and higher plant density. Higher nitrogen fertilizer doses increased bulb yield. Bulb size was influenced by plant population, the higher percentage of bulb between 50 and 70 mm in diameter were obtained with 66 pl m⁻² for '*Optima*' and 76 pl m⁻² for '*Superex*'. *Superex* cultivar yielded 71 t ha⁻¹ and *Optima* cultivar yielded 64,8 t ha⁻¹, considering 90% of maximum yield, with nitrogen doses of 125 and 105 kg ha⁻¹ of N, respectively (without potassium application). Plant population and potash doses did not influence yield, but its was bigger with nitrogen application. Nitrogen doses bigger than 50 kg ha⁻¹ and population between 60 and 70 pl m⁻², reduced the onion bulb of '*Optima*' with diameter smaller than 15 mm (Class 0) quantity in 2.9% and 85 kg ha⁻¹ of nitrogen and population between 60 and 80 m⁻² for '*Superex*' reduced the onion bulb quantity with the same size in 1.2%. The largest percentage of bulbs in the Class 3 (50 a 70 mm) was reached in the lowest plant population density and application of higher doses of nitrogen, mainly for '*Superex*'. The *Superex* cultivar

presented the largest percentage of double bulbs, with the application of 150 kg ha⁻¹ of N (17% of the total bulbs produced) and plant population of 60 pl m⁻² (22% of the total bulbs). ' *Superex* showed lower extractions of N, P and K than ' *Optima* ' but greater productive capacity, thus indicating it used the nutrients more efficiently. For a population of 354,000 plants ha⁻¹, with productivity estimated at 64,8 t ha⁻¹, ' *Optima* extracted on 150 DAS: 78,77, 13,04, 75,77, 59,09, 11,70, and 24,38 kg ha⁻¹ of N, P, K, Ca, Mg and S, respectively, whereas ' *Superex* for the same plant population, and productivity at 72 t ha⁻¹, 64,68, 10,33, 68,28, 65,58, 13,03, 24,74 kg ha⁻¹ of N, P, K, Ca, Mg and S, respectively. The *Optima* cultivar exported through its bulb about 49,17% of N, 60,60% of P, 61,16% of K, 41,15% of Ca, 43,56% of Mg, and 47,18 of S, the equivalent to 38,73, 7,90, 46,34, 24,32, 5,10, and 11,51 kg ha⁻¹, respectively. The *Superex* cultivar exported through its bulb about 44,29% of N, 55,85% of P, 62,54% of K, 35,71% of Ca, 31,82% of Mg, and 48,80% of S, the equivalent to 28,65, 5,77, 42,70, 23,42, 4,15, and 12,07 kg ha⁻¹, respectively.

Keywords: *Allium cepa* L., nutrition, yield, plant density, growth, classification.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a cebola é considerada a terceira hortaliça mais importante em termos de valor econômico, sendo superada apenas por batata e tomate. É consumida na forma *in natura* (saladas) ou como tempero ou condimento. O consumo *per capita* brasileiro situa-se próximo de 4,7 kg ano⁻¹, enquanto na Argentina este valor é de 10,0 kg, no Uruguai, 7,7 kg e no Paraguai, 7,0 kg (BOEING, 2002).

A cultura constitui importante atividade sócio-econômica no país, principalmente para os Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Pernambuco e Bahia (BOEING, 2002). Atualmente, a espécie tem sido cultivada em novas áreas produção, principalmente em Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais, o que tem acarretado crescimento da oferta anual de cebola, com conseqüente diminuição da sazonalidade de preços do produto no mercado.

Baseado na necessidade de produção de bulbos médios (50 a 70 mm de diâmetro), os produtores têm buscado novas distribuições espaciais de plantas, objetivando colheita de bulbos de acordo com o tamanho exigido pelo consumidor. A competição por água, luz e nutrientes faz com que o tamanho do bulbo e a produtividade total variem, conforme a população de plantas na área (NICHOLS, 1967), tornando o estudo da interação entre os fatores doses de nutrientes e população de plantas de grande importância.

Adicionalmente, MELO (2002) afirma que a pesquisa nacional sobre cebola deve ser prioridade para o governo, uma vez que grande parte das mudanças que estão acontecendo no campo com a introdução de novas tecnologias ocorrem sem apoio científico e são os próprios produtores rurais que têm buscado soluções para suas reais necessidades.

O presente trabalho visou à avaliação do desenvolvimento de plantas de cebola, da produtividade da cultura e classificação de bulbos em função da população de plantas e de doses de nitrogênio e potássio em sistema de semeadura direta para duas cultivares comercialmente utilizadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características gerais da planta e seu cultivo no Brasil

A cebola, originária da Ásia Central (Turquia, Irã e Paquistão), pertence à família Alliaceae, é considerada uma das mais antigas espécies cultivadas. É uma hortaliça basicamente consumida como condimento. Em termos nutricionais a cebola apresenta alto teor de carboidratos, baixos teores de proteínas e quantidades razoáveis de riboflavina e cálcio, além de ser excelente fonte de vitaminas A, B e C, sendo o seu odor característico resultado de compostos sulfurosos com ação bacteriostática (RESENDE, 2002).

É uma espécie que apresenta o sistema radicular fasciculado, com até 200 raízes por planta, apresentando poucas ramificações. A maior parte das raízes está concentrada na camada de solo até 15 cm de profundidade podendo, não raro, atingir 80 cm. As folhas são subcilíndricas ocas (tubulares), lisas e cerosas (MAGALHÃES, 1993).

O maior produtor mundial de cebola é a China com 601.000 ha, com uma produtividade média de 20,7 t ha⁻¹. A produtividade média no Brasil tem variado nos últimos anos, entre 15 a 17 t ha⁻¹, em uma área cultivada de 62.000 ha, alcançando o décimo segundo lugar no “ranking” mundial em volume produzido (BOEING, 2002 e RESENDE, 2002).

No Brasil, a cebola é plantada comercialmente desde a região Sul até o Nordeste. Em 2001, a produção nacional foi de aproximadamente um milhão de toneladas, cabendo à região Sul, 62,2% do volume comercializado, seguida do Sudeste com 25,2% e do Nordeste com 12,3%. Os estados de Santa Catarina, São Paulo e Rio Grande do Sul são, atualmente, os maiores produtores nacionais (RESENDE, 2002).

O município de São José do Rio Pardo, no estado de São Paulo, é uma tradicional região produtora de cebola, cujo sistema de cultivo predominante, é o

transplante de mudas, com produtividades que dificilmente passam de 50 t ha⁻¹, mesmo nos melhores anos de cultivo¹.

2.2 Influência da população de plantas na produtividade de bulbos de cebola

O sistema de semeadura direta tem abrangido novas áreas de cultivo de cebola no Brasil, graças ao aprendizado progressivo que os produtores rurais têm adquirido com os anos de trabalho no sistema, de forma a adequar a população de plantas com as fertilizações necessárias para boas produtividades, mas de forma empírica (GUIMARÃES et al., 1997).

A população de plantas é determinante para a produção total de bulbos de cebola. SANTOS et al. (2000) estudaram a cv. Texas Grano em diferentes espaçamentos (0,05; 0,10 e 0,15 m entre plantas na linha), utilizando 0,3 m entrelinhas. Os autores observaram que a redução no espaçamento é diretamente responsável pela redução na massa do bulbo, tendo grande influência sobre a produtividade. O menor espaçamento entre as plantas na linha proporcionou maior produtividade (40,3 t de bulbos) com massa de 53,1 g por bulbo. Embora a massa do bulbo no espaçamento de 10 cm entre plantas tenha proporcionado bulbos maiores (83,4 g), a produtividade de bulbos teve uma queda de 19,35% em relação aos tratamentos mais adensados, devido a redução de 50% na população de plantas na mesma área cultivada.

DELLACECCA & LOVATO (2000), estudando três populações de plantas por semeadura direta (26,6; 40 e 80 plantas m⁻²), verificaram que a maior população de plantas proporcionou maior produtividade (31 t ha⁻¹), embora a massa do bulbo tenha apresentado o menor valor quando comparado aos demais tratamentos, sendo 105,5 g por bulbo e 189,0 g por bulbo para a maior e menor densidade de plantas, respectivamente, mas não sendo afetada a característica formato de bulbos com a elevação do número de plantas por área.

¹ Breda Junior, J. M. (Cooperativa dos Cafeicultores de Guaxupe – Filial São José do Rio Pardo) Informação Pessoal, 2005.

RUMPEL & FELCZYNSKI (2000) consideraram a alteração na população de plantas como o fator mais importante para que se tenha elevação na produtividade, através do estudo do sistema de semeadura direta, variando de 20 a 140 pl m⁻², com o plantio em canteiros de 1,35 m de largura, com quatro linhas por canteiro, sendo as melhores produtividades, 32,8 e 59,0 t ha⁻¹, utilizando 80 pl m⁻², no primeiro e no segundo ano de experimentação, respectivamente. Os autores relatam que a produção de bulbos com mais de 60 mm de diâmetro foi gradativamente decrescente com o aumento da população de plantas, sendo que os maiores bulbos foram produzidos nas densidades de 20 a 40 plantas m⁻², enquanto que o oposto foi alcançado na densidade de 140 plantas m⁻².

SIQUEIRA (2004) verificou redução na produtividade comercial de bulbos de cebola com a elevação da população de plantas de 714.285 para 1.071.428 plantas ha⁻¹, apresentando valores de 31 e 26 t ha⁻¹, respectivamente, devido redução da massa do bulbo com a elevação do número de plantas por área.

A máxima produtividade obtida em um sistema com elevada população de plantas dependerá da disponibilidade dos fatores de crescimento para as plantas na área, ou seja, há a necessidade de um acompanhamento rigoroso no fornecimento de nutrientes. Um erro na fertilização das plantas, neste sistema mais adensado, pode causar sérios prejuízos, devido à produção de bulbos pequenos (BREWSTER, 1994). Este relato é comumente presenciado em regiões produtoras de cebola que utilizam a técnica de semeadura direta, principalmente em produtores iniciantes, que utilizam a mesma adubação feita no sistema tradicional (menos adensado).

BREWSTER (1994) cita que para a obtenção de bulbos graúdos a população de plantas deve estar entre 25 a 50 plantas m⁻², e para a obtenção de bulbos entre 50 a 70 mm de diâmetro transversal, entre 50 a 100 plantas m⁻².

STOFFELLA (1996) provou que aumentando a população de plantas de 41.000 para 246.000 plantas ha⁻¹, através da alteração do espaçamento na linha e entre as plantas (0,229 à 0,457 m entrelinhas x 0,076 à 0,229 m entre plantas), há um conseqüente aumento da produtividade de bulbos de cebola, acompanhado de uma redução da massa do bulbo.

FRAPPELL (1973) estudou a distribuição espacial de duas densidades de plantas por metro quadrado (25 e 80 plantas m^{-2}) e três espaçamentos entre as linhas de cebola (18, 27 e 36 cm) e verificou que as maiores produções também foram obtidas com espaçamentos mais adensados. CHUNG (1989) observou uma alta produtividade (83 a 88 t ha^{-1}) com uma população de plantas variando entre 100 e 125 plantas m^{-2} , respectivamente, com distribuição das plantas em oito linhas sobre os canteiros.

GUIMARÃES et al. (1997) estudaram o desempenho de cultivares de cebola em Santa Catarina em sistema de semeadura direta. Os autores verificaram que a melhor população de planta para as cultivares estudadas (EMPASC 352 Seleção Crioula, EMPASC 352 Bola Precoce, Norte 14) foi de 25 sementes por metro linear com o espaçamento entrelinhas de 0,4 m, totalizando uma população de plantas aproximadamente de 625.000 plantas ha^{-1} (62 plantas m^{-2}). Foi observado que a elevação na população de plantas ocasionou redução na quantidade de bulbos comercialmente desejáveis, permitindo a conclusão de que a população de plantas da área foi determinante para a qualidade dos bulbos produzidos.

As zonas de cultivo do Sul do Brasil, que trabalham no sistema de transplante de mudas, normalmente utilizam o espaçamento de 40 cm nas entrelinhas e 10 cm entre plantas, perfazendo uma densidade populacional de 250 mil plantas por hectare, ou aproximadamente 25 plantas m^{-2} (BOEING, 2002). Em São José do Rio Pardo, alguns produtores têm trabalhado com espaçamentos mais adensados, ao redor 40 cm entrelinhas e 5 a 7 cm entre plantas (500.000 e 350.000 pl ha^{-1} , respectivamente) até 33 cm nas entrelinhas e 5 cm entre plantas, perfazendo 424.000 plantas ha^{-1} , ou aproximadamente 42 pl m^{-2} .

2.3 Efeitos do nitrogênio sobre o desenvolvimento e produtividade da cebola

O nitrogênio contribui marcadamente para a melhoria da produção de cebola, sendo absorvido em grandes quantidades, apenas superado pelo potássio (VIDIGAL et

² Breda Junior, J. M. (Cooperativa dos Cafeicultores de Guaxupé – Filial São José do Rio Pardo) Informação Pessoal, 2005.

al., 2000), estando presente na constituição de todas as moléculas de proteínas da célula. No entanto, há uma grande variação nos níveis nutricionais propostos para a cultura. Pode-se observar que a maioria dos valores está em torno de 100 kg ha^{-1} de nitrogênio, mas as respostas são variáveis conforme as condições edafo-climáticas e forma de condução da lavoura.

O N é um nutriente componente básico de proteínas, aminoácidos, vitaminas, ácidos nucléicos e da clorofila, promovendo o aumento da massa verde da planta, responsável pela produção de carboidratos que serão, posteriormente armazenados nas estruturas de reserva da planta (HEWITT & SMITH, 1975; CHAVES & PEREIRA, 1985).

VIDIGAL (2000) cita que algumas zonas de cultivo de Minas Gerais chegam a ser fertilizadas com 175 kg ha^{-1} com a cultivar Alfa Tropical, mas com baixas produtividades (20 t ha^{-1}). CHURATA-MASCA (1973) constatou respostas lineares à aplicação de N até 150 kg ha^{-1} . HASSAN (1977) e FEIGIN et al. (1980) reportam que doses de 190 kg ha^{-1} de N foram suficientes para a obtenção das maiores produtividades. Em outro experimento, HASSAN (1984) verificou aumentos na produção com a aplicação de até 90 kg ha^{-1} de N. Já AUJLA & MADAN (1992) obtiveram as melhores produtividades com a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N, durante dois anos de estudo, com doses variando de 0 a 150 kg ha^{-1} . ASIEGBU (1989) encontrou os melhores valores de produtividade com 150 kg ha^{-1} de N em solo arenoso, utilizando $500.000 \text{ plantas ha}^{-1}$.

Em solos de cerrado, é comum a aplicação de doses em torno de 120 kg ha^{-1} de N (MAGALHÃES, 1993). Para HENRIKSEN (1987), a melhor dose de N aplicada na forma de nitrato de cálcio foi 120 kg ha^{-1} de N (variando de 0 a 180 kg ha^{-1}) com uma produtividade de $61,5 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos comerciais, com a população de $80 \text{ plantas m}^{-2}$, cultivadas no sistema de transplante de mudas. As variáveis, porcentagem de florescimento, espessura do pseudocaule, incidência de doenças, descarte de bulbos e qualidade da catáfila não tiveram influência significativa das doses de nitrogênio aplicadas, mas houve maior brotamento dos bulbos durante o armazenamento entre 12

a 14 °C. A aplicação de 120 kg de N resultou no acúmulo nos bulbos (expressos por hectare) de 104 kg N, 18 kg P, 110 kg K, 30 kg Ca e 5 kg Mg.

PORWAL & SINGH (1993) conseguiram as melhores produtividades com 50 kg ha⁻¹ de N, enquanto em maior dose (150 kg ha⁻¹ de N) as produções foram menores. Da mesma forma que RANA & SHARMA (1993), altas doses de N (120 kg) não influenciaram significativamente na produção de bulbos de cebola, havendo efeito de doses até 80 kg ha⁻¹ de N.

Por outro lado, apesar da resposta positiva à fertilização nitrogenada, a aplicação inadequada pode alterar o amadurecimento das plantas, promovendo o engrossamento do pseudocaule das plantas (“pescoço grosso” ou “talo grosso”), reduzindo o valor comercial dos bulbos na comercialização (BREWSTER & BÜTLER, 1989). Além disso, tanto o excesso como a deficiência de N pode provocar a não formação de bulbos, principalmente quando o nitrogênio é aplicado na fase de crescimento do bulbo, iniciada à partir dos 60 a 75 dias após a semeadura, dependendo do material cultivado.

Além da influência direta sobre o desenvolvimento vegetativo e sobre a produtividade da lavoura (PANDE & MUNDRA, 1971), a nutrição adequada e equilibrada tem uma importante ação sobre o controle fitossanitário. MOGOR & GOTO (2000) observaram menor severidade do míldio (*Peronospora destructor*) com adubação nitrogenada e potássica.

2.4 Efeitos do potássio sobre o desenvolvimento e produtividade da cebola

Apesar da cebola extrair grandes quantidades de potássio, as respostas da cultura a este nutriente, são, de maneira geral, limitadas (MAGALHÃES, 1993), de forma contrária ao comportamento do N (BREWSTER, 1994). Este nutriente tem como papel principal a ativação enzimática das reações que ocorrem na célula (MALAVOLTA, 1980), além de ter grande importância juntamente com o nitrogênio para plantas que armazenam reservas estruturas especializada, como o bulbo (LOUÉ, 1978).

Segundo MARSCHNER (1995), o potássio participa no processo de abertura e fechamento de estômatos, respiração celular, síntese de proteínas, osmorregulação, extensão celular e balanço de cátions e ânions.

O nutriente caracteriza-se também por ser um ativador de um grande número de enzimas vegetais, principalmente dos grupos das sintetases, desidrogenases, oxirredutases, quinases e transferases, estando estreitamente relacionado com os processos de assimilação do gás carbônico e de nitrogênio, favorecendo a formação de compostos nitrogenados e na síntese, translocação e armazenamento de açúcares (MALAVOLTA & CROCOMO, 1982; CHAVES & PEREIRA, 1985).

ARAÚJO & COSTA (1975) não observaram influência do potássio nas doses de 0 a 90 kg ha⁻¹ de K₂O sobre a produtividade de cebola em solos de cerrado do Distrito Federal e da mesma forma, PANDE & MUNDRA (1971), utilizando até 89,6 kg ha⁻¹ de K₂O. LAUGHLIN (1990) também não registrou efeito do K sobre a qualidade de bulbos, apenas observou produtividade 50% superior no tratamento com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio, em solos com 250 mg dm⁻³ de K (variando teores no solo de 180 à 260 mg dm⁻³ de K).

BREWSTER (1994) relata que a maioria das recomendações de aplicação de K em cebola sugerem valores entre 50 à 250 kg ha⁻¹, apresentando resultados bastante variáveis em função da fertilidade do solo cultivado.

2.5 Acúmulo de nutrientes

A utilização de curvas de acúmulo de nutrientes para as diversas cultivares de hortaliças, como um parâmetro para a recomendação de adubação, pode ser uma indicação da necessidade de nutrientes em cada etapa do desenvolvimento da planta, apresentando a relação entre quantidades acumuladas de nutrientes e de matéria seca, auxiliando, assim, no estabelecimento de um programa de fertilização do solo para a cultura (ROBERTS & DOLE, 1985 e VILLAS BÔAS et al., 2001).

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes absorvidas. O conhecimento dessas quantidades

permite estimar as taxas que serão exportadas através da colheita da parte comercialmente desejada e as que poderão ser restituídas ao solo através dos restos culturais. As quantidades extraídas dependem da produção obtida, cultivar, nível de disponibilidade de nutrientes, manejo da cultura, condições climáticas, entre outros. Desse modo, a obtenção da marcha de acúmulo de nutrientes torna-se uma ferramenta indispensável para a recomendação de fertilização (VIDIGAL et al, 2002a).

GOTO (1983), estudando o efeito de adubos orgânicos em cebola combinado com adubação mineral, verificou a seguinte ordem de acúmulo de nutrientes: K, N, P, Ca, Mg e S na parte aérea, e N, Ca, K, Mg, P e S no bulbo. VIDIGAL et al. (2002b) observaram, ao final do ciclo, acúmulo na parte aérea de: 54,96 kg ha⁻¹ de N; 6,85 kg ha⁻¹ de P; 73,64 kg ha⁻¹ de K; 38,11 kg ha⁻¹ de Ca; 4,00 kg ha⁻¹ de Mg; 8,07 kg ha⁻¹ de S; 139,18 g ha⁻¹ de B; 300,57 g ha⁻¹ de Cu, 605,42 g ha⁻¹ de Fe; 110,30 g ha⁻¹ de Zn e 527,99 g ha⁻¹ de Mn, e no bulbo de: 69,66 kg ha⁻¹ de N; 14,50 kg ha⁻¹ de P; 57,09 kg ha⁻¹ de K; 24,67 kg ha⁻¹ de Ca; 4,47 kg ha⁻¹ de Mg; 12,07 kg ha⁻¹ de S; 150,26 g ha⁻¹ de B; 30,18 g ha⁻¹ de Cu, 749,23 g ha⁻¹ de Fe; 265,76 g ha⁻¹ de Zn e 280,08 g ha⁻¹ de Mn.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área

O experimento foi conduzido no município de São José do Rio Pardo-SP (localizado a 170 km de Jaboticabal-SP), na Fazenda Rio Doce com latitude Sul 21°37'16", longitude Oeste 46°53'15" e altitude de, aproximadamente, 900 m.

3.2 Delineamento experimental, tratamentos e parcela

O experimento ocupou uma área total aproximada de 3.000 m², sendo que cada parcela teve o comprimento total de 2,5 m.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com os tratamentos em esquema fatorial 2 x 4 x 4 x 4, com quatro repetições. Os fatores avaliados foram: dois híbridos (Optima e Superex); quatro populações de plantas (60, 76, 92 e 108 plantas m⁻²); quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N) e quatro doses de potássio (0, 75, 150 e 225 kg ha⁻¹ de K₂O).

Os dois híbridos simples utilizados são de dias curtos, com formato do bulbo arredondado, sabor suave e com ciclo de 120 dias (AGRISTAR, 2006 e TAKII, 2006). O híbrido Optima é comercializado pela empresa Agristar do Brasil Ltda, e o híbrido Superex pela empresa Takii do Brasil Ltda.

3.3 Clima

De acordo com a classificação internacional de Köppen, a área encontra-se em transição entre os tipos climáticos Aw e Cwa. A condição Aw é caracterizada por clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A estação seca nesta região ocorre entre os meses de maio a setembro, sendo os meses de julho e agosto os meses em que atinge maior intensidade. O índice pluviométrico varia entre 1.100 e

1.300 mm. A condição Cwa é caracterizada por clima mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C. O total das chuvas do mês mais seco não ultrapassa 30 mm. O índice pluviométrico deste tipo climático varia entre 1.100 à 1.700 mm (descritos por VIANELLO & ALVES, 1991).

As informações sobre temperatura, precipitação e umidade relativa do período experimental, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas mínima e máxima, precipitação e umidade relativa mínima e máxima durante o período de experimentação. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Datas	T°C Mínima	T°C Máxima	Precipitação	UR Mínima	UR Máxima
01/03/04	16,00	19,30		80,00	87,00
02/03/04	17,70	30,80		45,00	84,00
03/03/04	18,10	31,30		38,00	86,00
04/03/04	19,20	32,30	0,25	40,00	84,00
05/03/04	19,30	27,50	1,01	54,00	86,00
06/03/04	19,60	23,90	0,76	66,00	82,00
07/03/04	18,70	23,70	2,27	68,00	88,00
08/03/04	17,60	26,70		57,00	86,00
09/03/04	16,30	29,30		41,00	85,00
10/03/04	18,40	30,20		47,00	85,00
11/03/04	17,60	31,40	1,52	49,00	89,00
12/03/04	18,40	30,70		44,00	85,00
13/03/04	18,80	28,00	18,28	54,00	89,00
14/03/04	20,90	27,90		54,00	69,00
15/03/04	20,00	24,20	2,78	67,00	88,00
16/03/04	16,40	28,40	2,03	55,00	89,00
17/03/04	15,10	29,70		40,00	87,00
18/03/04	16,40	29,60		43,00	87,00
19/03/04	18,00	30,80	0,25	39,00	80,00
20/03/04	17,80	27,10	11,17	60,00	89,00
21/03/04	14,10	24,90	16,25	57,00	90,00
22/03/04	12,40	27,20	0,25	43,00	88,00
23/03/04	12,20	27,10		36,00	87,00
24/03/04	12,50	26,90		40,00	90,00
25/03/04	13,90	28,20		36,00	88,00
26/03/04	14,30	28,40		41,00	86,00
27/03/04	15,20	26,60		56,00	85,00
28/03/04	15,70	27,80		46,00	87,00
29/03/04	14,90	27,20	0,50	45,00	87,00
30/03/04	15,40	27,90		50,00	87,00
31/03/04	13,90	29,20		39,00	85,00
01/04/04	14,40	19,40		73,00	84,00
02/04/04	13,90	29,60		36,00	84,00
03/04/04					
04/04/04					
05/04/04					
06/04/04	13,90	29,60		36,00	89,00
07/04/04					
08/04/04	16,40	28,00	0,50	57,00	89,00
09/04/04	17,60	29,70		43,00	88,00
10/04/04	17,60	28,70	2,54	53,00	89,00
11/04/04	18,00	27,90		53,00	85,00
12/04/04	18,70	27,20		53,00	85,00
13/04/04	17,00	27,60	0,76	54,00	88,00
14/04/04	19,60	25,80		59,00	84,00
15/04/04	17,40	23,70	11,18	70,00	89,00
16/04/04	17,60	26,70	44,19	62,00	90,00
17/04/04	17,80	27,40	25,14	59,00	89,00
18/04/04	17,10	28,30	9,39	52,00	90,00
19/04/04	17,30	28,70	0,76	54,00	90,00
20/04/04	17,50	29,60	4,58	53,00	90,00
21/04/04	18,90	27,60	0,25	62,00	88,00
22/04/04	19,70	28,60		54,00	84,00

Fonte: Estação Meteorológica da Cooperativa dos Cafeicultores de Guaxupé – Filial São José do Rio Pardo, SP.

Tabela 1. Temperaturas... (Continuação).

Datas	T°C Mínima	T°C Máxima	Precipitação	UR Mínima	UR Máxima
23/04/04	17,30	27,60		49,00	82,00
24/04/04	17,40	28,70		45,00	85,00
25/04/04	17,90	28,60		51,00	88,00
26/04/04	17,10	26,70	1,00	59,00	89,00
27/04/04	15,90	24,80		55,00	84,00
28/04/04	14,80	23,30	0,25	61,00	89,00
29/04/04	15,60	25,00		49,00	79,00
30/04/04	11,80	25,50		34,00	81,00
01/05/04	10,60	16,30		72,00	84,00
02/05/04	13,80	26,60		30,00	76,00
03/05/04	14,10	26,50		46,00	84,00
04/05/04	14,80	29,40		34,00	82,00
05/05/04	14,70	29,10	0,25	41,00	88,00
06/05/04	15,20	27,40	6,60	54,00	89,00
07/05/04	17,40	23,50	6,60	71,00	90,00
08/05/04	13,70	19,80	10,16	80,00	91,00
09/05/04	9,90	18,80	0,50	78,00	90,00
10/05/04	9,20	21,30	0,25	48,00	91,00
11/05/04	9,40	24,00	0,25	53,00	90,00
12/05/04	10,60	25,70		33,00	86,00
13/05/04	14,60	27,70		45,00	88,00
14/05/04	15,30	25,80		61,00	87,00
15/05/04	16,50	22,40		69,00	89,00
16/05/04	13,00	19,90	52,82	82,00	90,00
17/05/04	6,10	20,20	0,25	53,00	88,00
18/05/04	6,80	24,40	0,25	52,00	88,00
19/05/04	11,40	19,90	3,29	72,00	91,00
20/05/04	12,00	24,80	1,77	56,00	92,00
21/05/04	13,30	22,70	0,25	69,00	91,00
22/05/04	13,20	23,30	13,96	55,00	91,00
23/05/04	14,10	23,10		60,00	87,00
24/05/04	15,70	22,50		60,00	84,00
25/05/04	16,00	25,20	36,58	57,00	90,00
26/05/04	13,70	25,20	11,42	65,00	90,00
27/05/04	7,80	15,20	2,53	69,00	90,00
28/05/04	5,60	17,60	0,25	54,00	90,00
29/05/04	6,30	21,50		39,00	90,00
30/05/04	14,10	21,60	0,25	61,00	86,00
31/05/04	14,10	24,80	20,83	57,00	88,00
01/06/04	14,70	16,60	0,25	83,00	89,00
02/06/04	12,30	21,20	0,25	68,00	89,00
03/06/04	13,60	22,30	5,84	65,00	90,00
04/06/04	12,70	19,60	17,78	74,00	90,00
05/06/04	10,80	20,20	0,25	58,00	90,00
06/06/04	7,60	20,40	0,25	62,00	89,00
07/06/04	7,70	23,40		42,00	87,00
08/06/04	8,20	22,80		42,00	85,00
09/06/04	10,20	24,80		32,00	82,00
10/06/04	13,30	24,40		52,00	82,00
11/06/04	14,70	25,40		47,00	85,00
12/06/04	12,30	25,30		42,00	86,00

Fonte: Estação Meteorológica da Cooperativa dos Cafeicultores de Guaxupé – Filial São José do Rio Pardo, SP.

Tabela 1. Temperatura... (Continuação).

Datas	T°C Mínima	T°C Máxima	Precipitação	UR Mínima	UR Máxima
13/06/04	7,80	23,70	5,58	55,00	88,00
14/06/04	8,20	19,30		54,00	90,00
15/06/04	13,10	19,90	0,25	62,00	86,00
16/06/04	10,80	20,80	4,31	61,00	89,00
17/06/04	8,80	23,30		52,00	86,00
18/06/04	10,70	24,20	0,25	52,00	89,00
19/06/04	10,90	24,80		40,00	83,00
20/06/04	11,20	23,50		38,00	81,00
21/06/04	11,80	23,60		43,00	82,00
22/06/04	11,80	22,50		48,00	85,00
23/06/04	9,70	25,20		35,00	86,00
24/06/04	11,20	24,80		37,00	83,00
25/06/04	13,40	23,90		55,00	85,00
26/06/04	15,90	24,60		50,00	81,00
27/06/04	13,30	25,20		43,00	84,00
28/06/04	13,70	25,40		42,00	84,00
29/06/04	12,90	24,70		48,00	89,00
30/06/04	12,90	24,50		47,00	89,00
01/07/04	13,30	24,90		46,00	83,00
02/07/04	11,90	24,70	0,25	45,00	88,00
03/07/04	12,20	26,60		42,00	88,00
04/07/04	11,30	27,00		40,00	87,00
05/07/04	10,70	27,10		37,00	88,00
06/07/04	11,30	26,60		36,00	86,00
07/07/04	11,40	26,60		38,00	88,00
08/07/04	13,30	27,60		36,00	85,00
09/07/04	15,40	26,30	2,03	47,00	88,00
10/07/04	13,20	20,80	0,25	70,00	91,00
11/07/04	16,00	22,20	35,78	70,00	90,00
12/07/04	12,30	21,40		70,00	89,00
13/07/04	15,20	19,80		63,00	79,00
14/07/04	13,20	23,50		54,00	84,00
15/07/04	14,70	24,40		53,00	82,00
16/07/04	12,30	26,70		41,00	89,00
17/07/04	12,70	26,70	1,52	40,00	88,00
18/07/04	12,90	22,70	0,25	64,00	88,00
19/07/04	13,00	19,70	0,75	63,00	87,00
20/07/04	11,90	18,40	8,38	69,00	91,00
21/07/04	8,70	19,00	0,25	66,00	87,00
22/07/04	8,30	21,10		47,00	79,00
23/07/04	4,30	19,70		33,00	86,00
24/07/04	4,30	19,20		37,00	80,00
25/07/04	4,90	20,10		31,00	88,00
26/07/04	5,40	20,10		39,00	86,00
27/07/04	8,10	21,10		40,00	80,00
28/07/04	7,80	21,90		32,00	83,00
29/07/04	7,90	21,30		39,00	85,00
30/07/04	9,40	21,10		43,00	81,00
31/07/04	9,40	24,90		29,00	81,00

Fonte: Estação Meteorológica da Cooperativa dos Cafeicultores de Guaxupé – Filial São José do Rio Pardo, SP.

Tabela 1. Temperatura... (Continuação).

Datas	T°C Mínima	T°C Máxima	Precipitação	UR Mínima	UR Máxima
01/08/04	9,40	14,20		70,00	83,00
02/08/04	9,00	25,60		37,00	82,00
03/08/04	10,40	27,10		34,00	84,00
04/08/04	12,50	28,30		29,00	79,00
05/08/04					
06/08/04	10,40	24,10		24,00	79,00
07/08/04	9,60	24,20		39,00	85,00
08/08/04	8,30	24,70		33,00	82,00
09/08/04	9,00	25,20		35,00	88,00
10/08/04	7,20	23,30		39,00	86,00

Fonte: Estação Meteorológica da Cooperativa dos Cafeicultores de Guaxupé – Filial São José do Rio Pardo, SP.

3.4 Solo

Foram retiradas sub-amostras de solo do local do experimento antes da implantação da cultura à profundidade de 0 a 20 cm. A análise do solo coletado foi feita pelo Departamento de Solos e Adubos da UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, cujos resultados encontram-se nas Tabelas 2 e 3. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa (EMBRAPA, 1999).

Tabela 2. Atributos químicos do solo da área experimental. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

pH	MO	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----					-----	%
5,2	25	24	1,4	31	10	28	42,4	70,4	60

MO = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; CTC = capacidade de troca catiônica; SB = soma de bases; V = saturação de bases.

Tabela 3. Análise granulométrica do solo da área experimental. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Classe textural				
Argila	Limo	Areia		
		Fina	Grossa	
-----g kg ⁻¹ -----				
410	150	200	240	Argilosa

3.5 Instalação e condução do experimento

O preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira operação realizada para a incorporação do calcário dolomítico (PRNT 90%), cuja dose foi calculada visando elevar a 70% a saturação por bases.

A aplicação do fósforo e de boro foram feitas seguindo as recomendações técnicas do Boletim nº 100, do Instituto Agrônomo Campinas (TRANI et al., 1996), sendo aplicada toda a dose sobre os canteiros e incorporada com auxílio de encanteiradora tratorizada. O fertilizante utilizado para o fornecimento de P foi o superfosfato simples na quantidade de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 1,5 kg ha⁻¹ de B, como bórax.

Dois dias antes da semeadura, foi aplicado 30 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, em todos os tratamentos, com exceção da testemunha. Em seguida, procedeu-se uma leve incorporação com o auxílio de enxada e irrigação com lâmina de 10 mm. O restante foi parcelado aos 30, 45 e 60 DAS (dias após a semeadura), distribuído em área total da parcela, realizando-se irrigação logo após cada adubação de cobertura. Foram utilizados os fertilizantes cloreto de potássio e nitrato de amônio para fornecimento de K e N, respectivamente.

A semeadura foi realizada de 7 a 9 de março de 2004. Para auxiliar na implantação do fator população de plantas, a semeadura foi feita em pequenas covas de 3 cm de profundidade, abertas com o auxílio de um quadro furador metálico. Este furador era composto por um quadro de metal com 1,10 m de largura com cinco barras

de ferro soldadas, distanciadas em 27,5 cm entre cada uma delas (espaçamento entre linhas). Em cada barra de ferro foram soldados ferros 3/12" de 3 cm de comprimento para marcação das covas, distanciados em 6,92, 5,46, 4,51, 3,84 cm para a população de planta de 60, 76, 92 e 108 pl m⁻². Em cada cova aberta foram colocados cerca de cinco a sete sementes de cebola, sendo realizado um posterior desbaste para estabelecer o devido espaçamento entre plantas para cada parcela. Durante a semeadura, manteve-se o solo umedecido para que as covas permanecessem abertas. Após a semeadura as covas foram cobertas com terra do próprio canteiro de forma a manter o canteiro uniforme em seu nível.

A emergência das plântulas iniciou-se no dia 17 de março de 2004. Aproximadamente 15 dias após a emergência das plântulas, foi feito o desbaste para estabelecer o número correto de plantas para cada tratamento.

As irrigações foram diárias durante as primeiras semanas após a semeadura e a cada quatro dias em complementação às precipitações pluviais, nos períodos subseqüentes, sendo o sistema utilizado o de aspersão convencional, com a aplicação de uma lâmina média de 10 mm.

3.6 Características avaliadas

Procedimentos para avaliação das características:

- 1 *Altura de plantas* (cm): obtida pela medição da distância entre o nível do solo e a extremidade da última folha completamente desenvolvida ou estendida;
- 2 *Número de folhas*: através da contagem do número de folhas fotossinteticamente ativas e completamente desenvolvidas, sendo desconsiderado as folhas secas e apodrecidas;
- 3 *Diâmetro do pseudocaule* (mm): obtido pela medição do diâmetro desta estrutura da planta logo abaixo das folhas, com o auxílio de uma régua;
- 4 *Comprimento do pseudocaule* (mm): obtido pelo comprimento desta estrutura, com o auxílio de régua;

5 Massa seca da parte aérea (mg planta^{-1}): folhas e pseudocaule da planta foram secas em estufa com circulação forçada de ar quente à 65°C por 96 h;

6 Massa seca do bulbo (mg planta^{-1}): realizada a partir do início de formação do bulbo (70 dias) até a colheita final. O bulbo foi anteriormente picado em fragmentos pequenos para facilitar e acelerar o processo de secagem nas estufas;

As características altura de plantas, número de folhas, diâmetro e comprimento do pseudocaule foram avaliadas dos 30, 50, 70, 90 e 110 DAS. A massa seca da parte aérea e do bulbo foram avaliadas também aos 130 e 150 DAS.

7 Ciclo (dias): foi calculado pelo número de dias que compreendeu o desenvolvimento das plantas, desde a semeadura até o estalo ou amadurecimento;

O ponto de colheita foi determinado visualmente quando 60% das plantas da parcela “estalaram”. Este percentual encontra-se dentro da faixa citada por FINGER & CASALI (2002), que é de 50 a 80 % de estalo. A colheita foi iniciada no dia 27 de julho de 2004 e finalizada em 08 de agosto de 2004. As plantas foram arrancadas e deixadas sobre os canteiros com as folhas distribuídas sobre os bulbos para que ficassem protegidos do sol. Após quatro dias de cura no campo, os bulbos foram retirados do local e encaminhados para o laboratório onde foram feitas as avaliações subseqüentes, após a eliminação da parte aérea e das raízes.

8 Massa do bulbo (g bulbo^{-1}): foi calculado pela divisão da massa total de bulbos pelo número total de bulbos colhidos;

9 Análise de crescimento:

Foram coletadas três plantas em cada parcela para as avaliações de crescimento, deixando-se a primeira planta subseqüente como bordadura para a próxima coleta.

O estudo das características massa seca da parte aérea foi feito graficamente por modelo Logístico não linear com quatro parâmetros, com emprego do programa gráfico 'Origin 6.0', descrito abaixo:

$$Y = a_2 + \frac{a_1 - a_2}{1 + \left(\frac{x}{x_0} \right)^p}$$

Onde:

Y = valor médio da característica avaliada;

a_1 = valor inicial (assíntota inferior) ou seja, o valor mínimo da variável Y ;

a_2 = valor final (assíntota superior) ou seja, o valor máximo que a variável Y irá atingir;

x_0 = centro (valor de X cujo $Y = (a_1 + a_2)/2$);

p = potência (relacionada com a taxa de crescimento da variável Y).

A análise do crescimento para as características altura de plantas, número de folhas, diâmetro e comprimento do pseudocaule e massa seca do bulbo foram ajustadas a equações de regressão polinomial.

10 Estimativa da produtividade total (t ha⁻¹): a partir da pesagem dos bulbos colhidos nas três linhas centrais (deixando-se uma linha de bordadura de cada lado da parcela) um metro para cada linha avaliada na parcela. Foi calculada a produtividade com base na consideração de que em um hectare haviam 59 canteiros de 1,2 m de topo com 100 m de comprimento;

11 Classificação (%): os bulbos colhidos foram classificados pelo maior diâmetro transversal, adaptando a classificação da COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO. CEAGESP (2001). Os bulbos foram classificados em Classe 0 ou refugo: <15 mm; Classe 1: 15 a 35 mm; Classe 2: 35 a 50 mm; Classe 3: 50 a 70 mm; Classe 4: 70 a 90 mm, com os resultados expressos em porcentagem da produção total;

12 Bulbos duplos (%): representa a porcentagem do total de bulbos colhidas em cada parcela que apresenta início ou formação total da duplicação de bulbos, segundo a classificação da CEAGESP (2001), que considera a ocorrência como defeito leve.

13 Acúmulo e exportação de macronutrientes na parte aérea e no bulbo:

Foram coletadas três plantas em cada parcela para as avaliações de acúmulo e exportação de macronutrientes, deixando-se a primeira planta subsequente como bordadura para a próxima coleta.

Depois de colhidas, as plantas de cebola foram levadas para o Laboratório do Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais da UNESP, *Campus* Jaboticabal, onde foram lavadas obedecendo a seguinte ordem: 1º) água corrente; 2º) água deionizada + 5 ml L⁻¹ de detergente neutro; 3º) água deionizada + 0,01 mol L⁻¹ de HCl; 4º) água deionizada; e 5º) água deionizada novamente. Em seguida, bulbo e parte aérea foram separados e secos em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C ± 1°C, por cinco dias, até massa constante.

Procedeu-se a moagem dos materiais secos em moinho de aço inoxidável tipo Wiley, com peneira de malha 1 mm. O material moído foi digerido conforme metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983) para a determinação dos teores de macronutrientes na parte aérea e no bulbo.

O nitrogênio total foi extraído por digestão ácida à quente, seguida de destilação em aparelho semi-micro Kjeldahl e titulação (BREMNER, 1965), no Laboratório do Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais da UNESP, *Campus* Jaboticabal. Os macronutrientes P, K, Ca, Mg e S, foram extraídos por digestão nitro-perclórica, no Laboratório de Análise Química de Plantas, do Instituto Agrônomo, em Campinas. O P foi determinado por colorimetria de molibdato vanadato; o K por fotometria de chama; o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; o S por turbidimetria de sulfato de bário (SARRUGE & HAAG, 1974).

Foram pesados 1000 mg (com precisão de 1 mg) do material vegetal seco e moído em becker (Pyrex) de 20 mL e incinerado por 3 horas a 500°C. Após resfriar, foram adicionados 5,0 mL de solução de HCl 6 mol L⁻¹ (certificando-se que toda a cinza tenha sido umedecida), evaporando a solução em chapa elétrica. O resíduo foi então

dissolvido com duas porções de 10 mL cada de solução de HCl 2 mol L⁻¹ e transferido para balão volumétrico de 50 mL, lavando o becker com diversas porções de água. Depois de frio, o volume final foi completado com água e a solução filtrada em papel de filtro (faixa azul), lavado em ácido.

As determinações por ICP-AES foram feitas em um espectrômetro de emissão atômica da marca Jobin Yvon, modelo JY 50P simultâneo, com sistema de correção de fundo e acoplado a um amostrador automático Gilson. As linhas espectrais, em nm, para cada elemento determinado foram: P, 178,225; Ca, 317,933; Mg, 279,940 e S, 180,672.

O teor dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S contidos na massa seca da parte aérea e na massa seca de bulbo foram analisados para cada dose de nitrogênio na combinação com 0 kg ha⁻¹ de K₂O e na população de planta de 60 pl m⁻² para cada data de coleta de plantas. Para tanto, inicialmente foi construída uma curva de crescimento para a massa seca da parte aérea e do bulbo para cada data de coleta, considerando as doses de nitrogênio estudadas combinadas com 0 kg ha⁻¹ de K₂O e a população de planta de 60 pl m⁻². Posteriormente, através das equações das regressões polinomiais adequadas para cada gráfico construído, foram calculados valores estimados de massa seca da parte aérea e do bulbo para as doses de nitrogênio, sem a aplicação de potássio, que conferiram 90% da produtividade máxima para cada cultivar, encontradas, por sua vez, nos gráficos de superfície de resposta que consideram os fatores doses de nitrogênio e doses de potássio em combinação. De posse desses valores estimados de massa seca da parte aérea e bulbos foram calculados o acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo da cultura através da multiplicação desses valores com os dados estimados de teores de nutrientes calculados da mesma forma realizada para os dados de massa seca.

Calculou-se a quantidade dos macronutrientes na planta mediante o produto entre o teor e a massa seca correspondente a cada parte da planta e época avaliada. O total acumulado pela planta correspondeu à soma das quantidades presentes na parte aérea e no bulbo, e refletiu a exigência nutricional da cebola em macronutrientes.

O estudo do acúmulo de nutrientes na massa seca da parte aérea e massa seca do bulbo foi feito graficamente por modelo Logístico não linear, com emprego do programa gráfico 'Origin 6.0', descrito abaixo:

$$Y = \frac{a}{1 + e^{-k(x-x_c)}}$$

Onde:

Y = valor médio da característica avaliada;

a = máximo assintótico (acúmulo ou crescimento máximo);

e = base do logaritmo neperiano;

k = taxa média de crescimento;

x = tempo (dias);

x_c = tempo necessário para atingir metade do crescimento máximo.

A população de plantas escolhida para as análises dos teores dos nutrientes foi a que possibilitou obter a maior produtividade de bulbos com diâmetro entre 50 a 70 mm (tamanho do bulbo preferido pelo mercado consumidor).

Considerou-se como exportação, as quantidades de macronutrientes presentes no bulbo. Os valores das quantidades de nutrientes foram expressos em mg planta⁻¹ e kg ha⁻¹.

Para cálculo da quantidade exportada por área, considerou-se 5.900 m² efetivamente cultivados em um hectare, correspondente a 354.000 plantas, com 60 plantas m⁻².

3.7 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância (teste F), segundo o delineamento proposto, pelo programa estatístico Estat (Aplicativo Fator 4) (UNESP-FCAV). Para identificar tratamentos com melhor resposta foram realizadas as comparações pelo teste de Tukey (5%). Para complementar o estudo das diferenças entre os tratamentos realizaram-se análises de superfície de resposta polinomial quadrática, quando houve interação significativa entre os fatores.

Para tanto, utilizaram-se os programas estatísticos Statistica, para confecção dos gráficos, e SAS (Sistemas de Análises Estatísticas) para as demais análises. Os dados de classificação de bulbos (expressos em porcentagem) foram transformados em arcseno $\{\text{raiz}[(x+\alpha)/100]\}$, visando tornar a distribuição dos valores uma normalidade, para as análises de variância. Para as análises das equações das regressões polinomiais ou regressões múltiplas os dados de classificação não foram transformados.

Para as regressões polinomiais, os modelos de regressão (linear, quadrático ou cúbico) foram escolhidos pelo maior coeficiente de determinação (R^2), que tenha apresentado maior significância pelo teste F.

As equações que regem as regressões polinomiais múltiplas nas superfícies de resposta de segunda ordem seguem o modelo:

$$Y = b_0 + b_1 (\text{Fator 1}) + b_2 (\text{Fator 2}) + b_3 (\text{Fator 1})^2 + b_4 (\text{Fator 1}) * (\text{Fator 2}) + b_5 (\text{Fator 2})^2$$

Sendo,

b_0 = intercepto;

b_1 = coeficiente linear para o fator 1;

b_2 = coeficiente linear para o fator 2;

b_3 = coeficiente quadrático para o fator 1;

b_4 = coeficiente da interação entre os fatores 1 e 2;

b_5 = coeficiente quadrático para o fator 2;

Fator 1 = qualquer um dos fatores estudados que se deseja combinar com um outro fator;

Fator 2 = qualquer um dos fatores estudados que se deseja combinar com o fator 1.

A palavra inglesa “above” que aparece em todas superfícies de resposta e isolinhas representa os valores médios acima do limite registrado na legenda de cada figura.

Este modelo foi utilizado para o cálculo das variáveis estudadas nas combinações entre os fatores “Doses de nitrogênio” e “Doses de potássio” ou “Doses de nitrogênio” e “População de plantas”.

Para as características altura de plantas, número de folhas, diâmetro e comprimento do pseudocaule, foram feitas regressões polinomiais para os fatores

estudados em função das datas de coleta ou avaliação, visando verificar o comportamento das plantas ao longo do tempo.

Para a expressão dos fatores estudados nas tabelas de análises de variância, foram consideradas as nomenclaturas Cv, N, K e PP, respectivamente para cultivares, doses de nitrogênio, doses de potássio e população de plantas.

O acúmulo de massa seca da parte aérea e o acúmulo de nutrientes foram feitos graficamente por modelo Logístico não linear, com emprego do programa gráfico 'Origin 6.0', anteriormente descrito.

A análise do crescimento e acúmulo de massa seca do bulbo foram ajustadas a equações de regressão polinomial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento da cebola

Na Tabela 4 são apresentadas as análises de variância para as características altura da planta, número de folhas, comprimento e diâmetro do pseudocaule e massa seca da parte aérea, aos 110 dias após a semeadura (DAS).

Tabela 4. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para a altura de plantas, número de folhas, comprimento e diâmetro do pseudocaule e massa seca da parte aérea (MSPA), aos 110 dias após a semeadura, segundo os fatores avaliados. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Fatores	Altura da planta	Número de folhas	Comprimento do pseudocaule	Diâmetro do pseudocaule	MSPA
Cultivares (Cv)	4,2229*	0,4857 ns	2,2502 ns	7,7847**	11,2693**
Nitrogênio (N)	265,2992**	119,8565**	114,7832**	26,4097**	97,4722**
Potássio (K)	8,9912**	0,9086 ns	10,4466**	0,3526 ns	4,3156**
População (PP)	2,4744 ns	2,4682 ns	0,5426 ns	18,9201**	14,1613**
Cv x N	0,9625 ns	0,8029 ns	0,5638 ns	0,5234 ns	1,8406 ns
Cv x K	1,4217 ns	2,1774 ns	0,1815 ns	0,4949 ns	0,6198 ns
Cv x PP	1,1851 ns	0,5650 ns	1,3879 ns	1,6341 ns	0,3066 ns
N x K	0,6757 ns	0,7148 ns	1,5001 ns	0,6087 ns	1,2218 ns
N x PP	1,0106 ns	0,4416 ns	1,1776 ns	1,8237 ns	3,9445**
K x PP	2,0947*	0,8293 ns	2,5380**	0,2574 ns	0,8400 ns
Desvios	0,8956 ns	0,7833 ns	1,2236 ns	0,9431 ns	1,0990 ns
CV (%)	9,30	6,67	17,93	18,14	31,52

ns, *, **: respectivamente, não significativo a 5% de probabilidade, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F.

A aplicação de nitrogênio promoveu incrementos na altura das plantas de cebola, passando de 58,8 cm sem a aplicação de N para, aproximadamente, 80 cm com a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N (Figura 1). O mesmo foi observado para o comprimento

do pseudocaule, havendo resposta linear a fertilização nitrogenada, apresentando valores de 95,1 e 139,9 mm, respectivamente para 0 e 150 kg ha⁻¹ de N (Figura 2).

O número de folhas das plantas foi maior com incremento nas doses de nitrogênio. A aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N promoveu aumento de uma folha (7 folhas) em relação à testemunha (Figura 3).

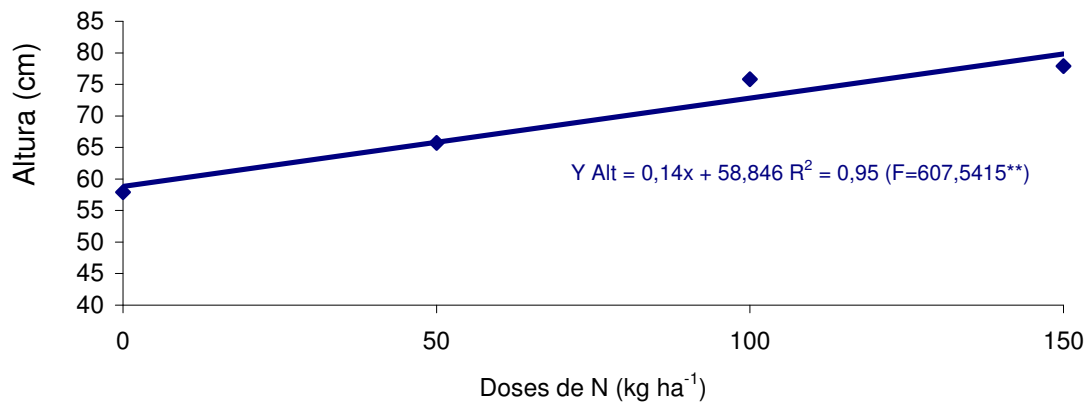


Figura 1. Efeito da aplicação de nitrogênio sobre a altura da planta de cebola aos 110 dias após a semeadura. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

A interação entre doses de K e população de plantas (Tabela 4) para altura e comprimento do pseudocaule mostrou respostas diferenciadas da planta ao aumento da dose de K.

Nas populações de 92 e 108 plantas m⁻² verificou-se aumento da altura até 146 e 163 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, reduzindo a partir de então (Figura 4). Para 60 e 76 plantas m⁻² não houve ajuste da altura às doses de K.

Para o comprimento do pseudocaule (CP), somente houve ajuste da resposta da planta às doses de K na maior população avaliada (Figura 5). Semelhante ao observado para altura, constatou-se que o CP aumentou até 144 kg ha⁻¹ de K₂O, decrescendo a partir desta dose.

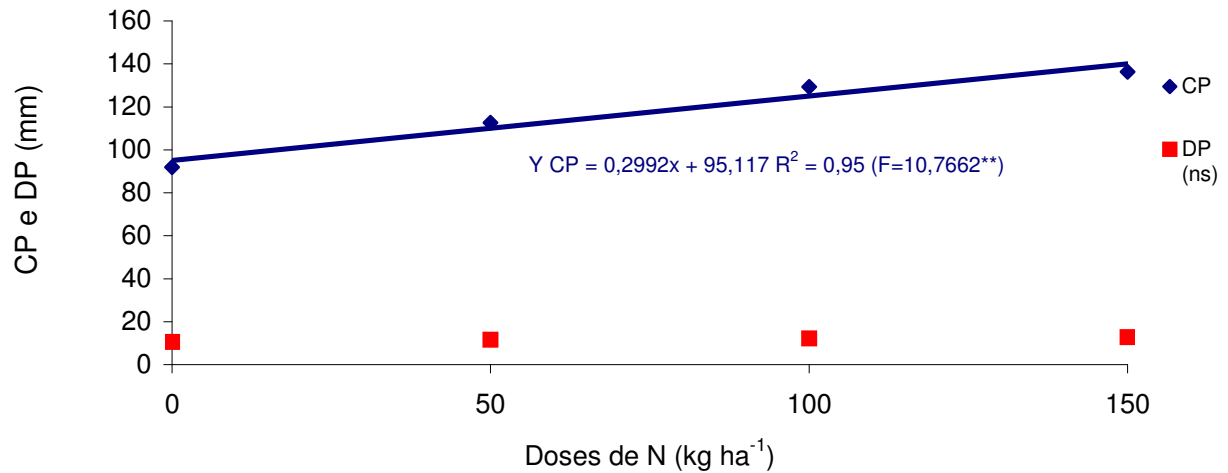


Figura 2. Efeito da aplicação de nitrogênio sobre o comprimento do pseudocaule (CP) e diâmetro do pseudocaule (DP) de plantas de cebola aos 110 dias após a semeadura. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

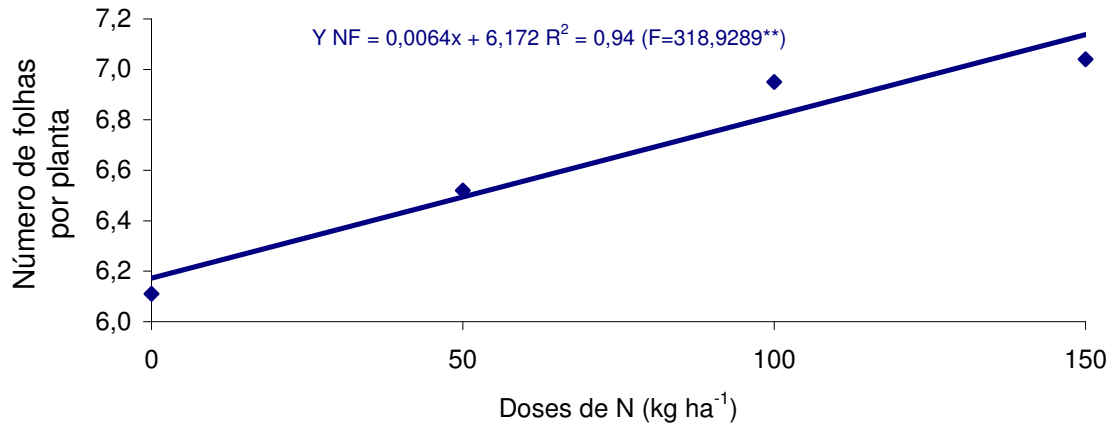


Figura 3 Efeito da aplicação de nitrogênio sobre o número de folhas de plantas de cebola aos 110 dias após a semeadura. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

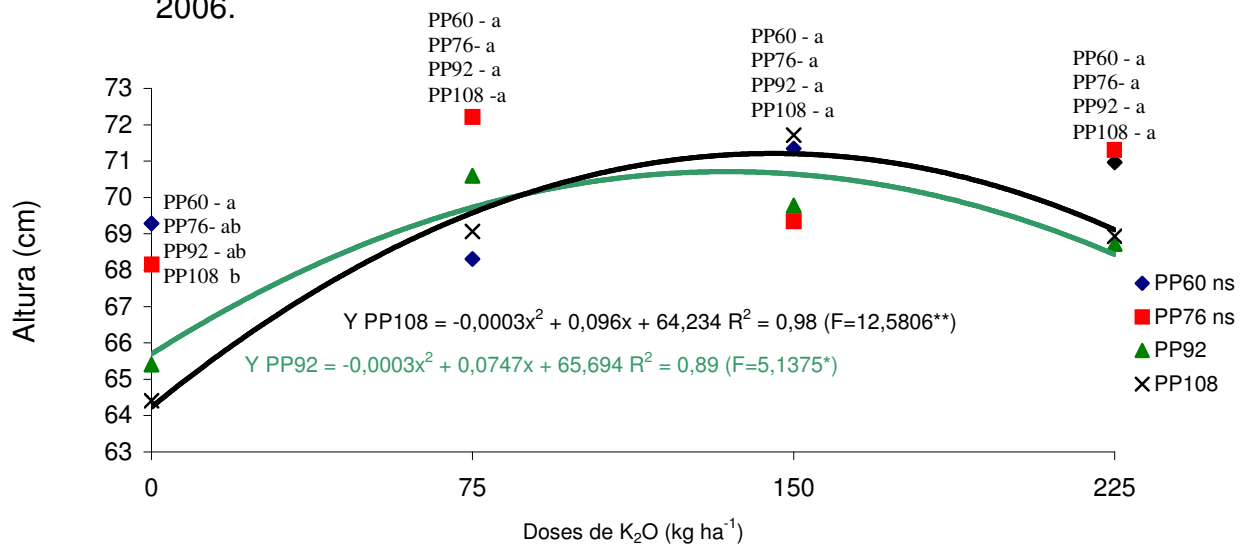


Figura 4. Efeito da aplicação de potássio para cada população de plantas sobre a altura da planta de cebola aos 110 dias após a semeadura. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

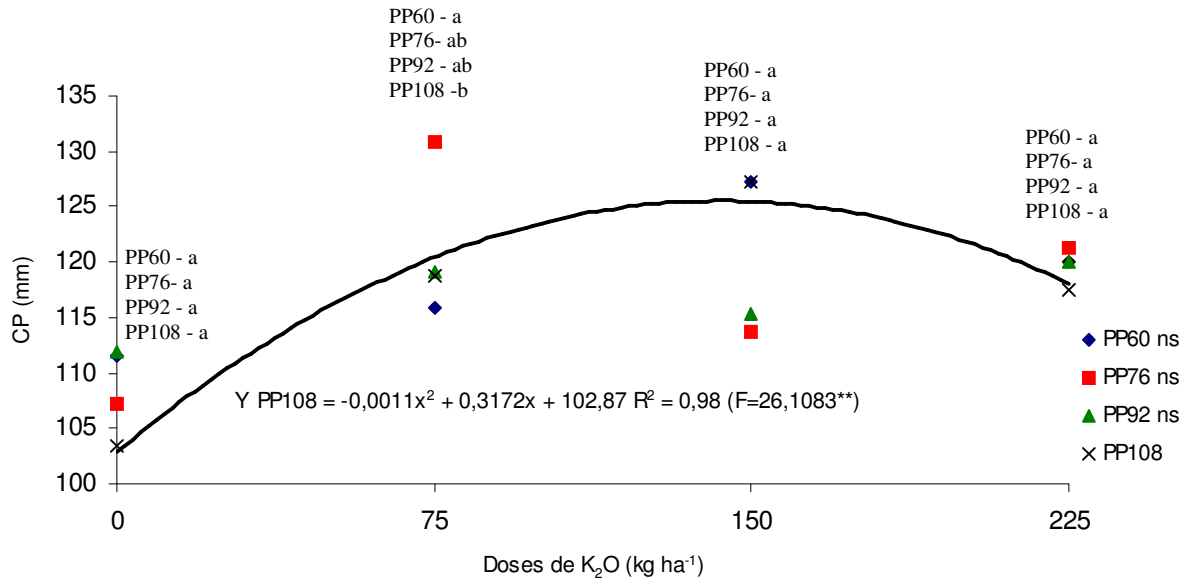


Figura 5. Efeito da aplicação de potássio para cada população de plantas sobre o comprimento do pseudocaule (CP) de cebola aos 110 dias após a semeadura. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

O diâmetro do pseudocaule avaliado aos 110 DAS teve redução linear à medida que aumentou a população de plantas (Figura 6). Na população de 108 pl m⁻² o diâmetro do pseudocaule foi 15% menor (10,8 mm) comparativamente às plantas cultivadas na população de 60 pl m⁻² (12,7 mm).

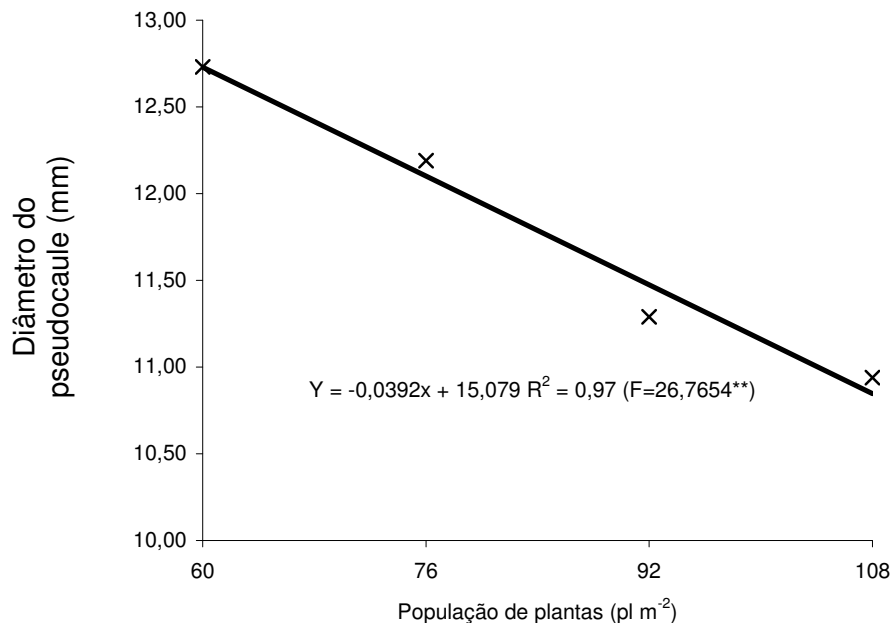


Figura 6. Efeito da população de plantas sobre o diâmetro do pseudocaule de plantas de cebola aos 110 dias após a semeadura. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Na Figura 7 verifica-se o efeito da aplicação do potássio no desenvolvimento da parte aérea. Doses acima de 114 kg ha^{-1} de K_2O promoveram redução na massa seca da parte aérea, partindo de valores próximos de $5.151,07$ para $5.095,09 \text{ mg planta}^{-1}$ para 114 e 150 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente, demonstrando efeito prejudicial do potássio quando em altas doses.

O efeito da interação entre as doses de N e população de plantas sobre o acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) pode ser compreendido pela Figura 8. Exceção à população de 60 pl m^{-2} , houve ajuste linear para acúmulo de MSPA com incremento desta mediante aumento da dose de N aplicado.

O aumento de 0 para 150 kg ha^{-1} de N promoveu acréscimos de 46, 52 e 38% na MSPA de plantas de cebola cultivadas, respectivamente, com 76, 92 e 108 pl m^{-2} (Figura 8). Estes incrementos podem ser atribuídos ao efeito positivo do N sobre a altura, número de folhas e comprimento do pseudocaule.

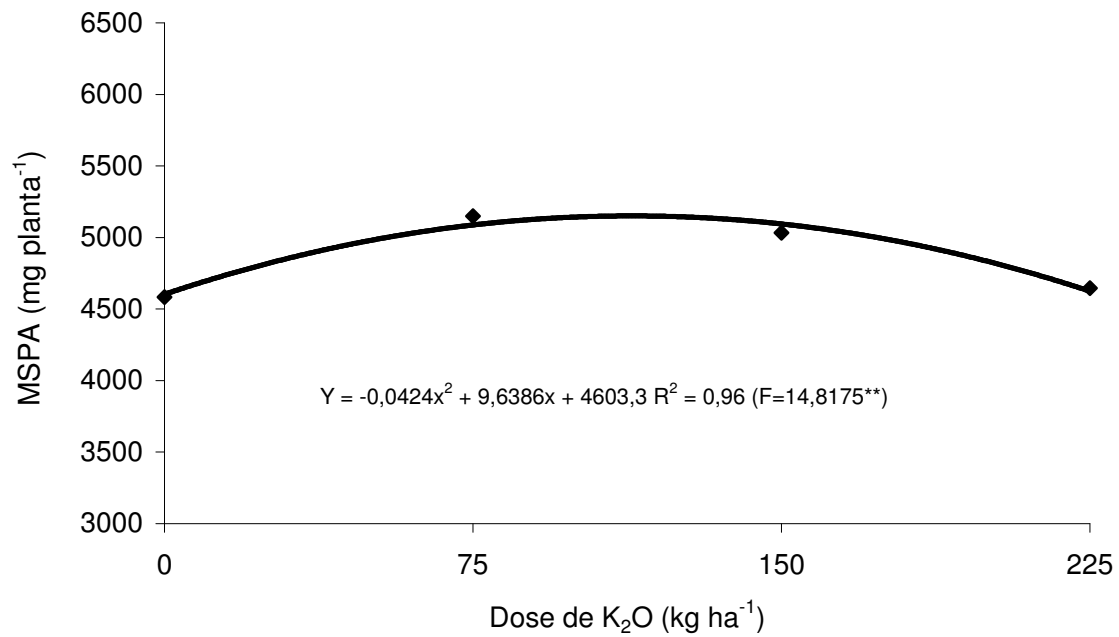


Figura 7. Efeito da aplicação de potássio sobre a massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas cebola aos 110 dias após a semeadura. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

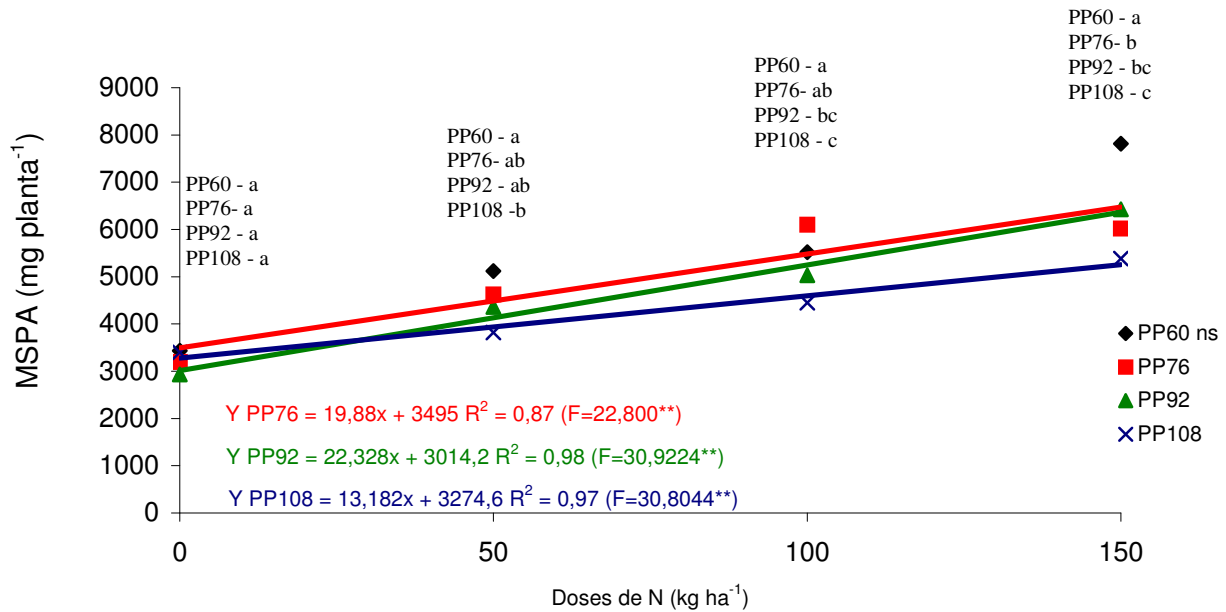


Figura 8. Efeito da aplicação de nitrogênio para cada população de plantas estudada sobre a massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas cebola aos 110 dias após a semeadura. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Se por um lado houve similaridade de resposta às doses de K, por outro, foram distintas as respostas para acúmulo de MSPA dentro de cada dose de N. Quando não foi realizada a adubação nitrogenada, o acúmulo de MSPA não diferiu nas diferentes populações de planta. No entanto, a partir de 50 kg ha⁻¹ de N, as diferenças foram acentuando-se. A massa seca da parte aérea de cebola obtida com 60 pl m⁻², que foi superior apenas à obtida com 108 pl m⁻², na dose de 50 kg ha⁻¹ de N, foi maior que a obtida com 92 pl m⁻², na dose de 100 kg ha⁻¹ de N, e maior que a MSPA obtida com 76 pl m⁻² na maior dose de N, 150 kg ha⁻¹ (Figura 8).

4.2 Ciclo das plantas

A análise dos dados obtidos para o ciclo da cultura mostrou haver efeito significativo de todos os fatores isoladamente e interação apenas entre os fatores cultivares e doses de nitrogênio (Tabela 5).

O ciclo das duas cultivares de cebola reduziu linearmente à medida que maiores foram as doses de N aplicadas (Figura 9). Na maior dose (150 kg ha^{-1} de N), a 'Optima' apresentou 140 dias de ciclo, enquanto a 'Superex', 143,6 dias. Entre as doses de 0 e 150 kg ha^{-1} de N, a redução no ciclo das cultivares Optima e Superex foi de 10 e 5,7 dias, respectivamente. Com o fornecimento de N em doses superiores a $26,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, a cv. Optima mostrou-se mais responsiva no sentido de atingir mais rapidamente o ponto de colheita.

Tabela 5. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação da análise de variância para o ciclo das plantas, segundo os fatores avaliados. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Fatores	Ciclo
Cultivares (Cv)	7,4593**
Nitrogênio (N)	46,6386**
Potássio (K)	8,2370**
População (PP)	5,3617**
Cv x N	4,1850**
Cv x K	1,0642 ns
Cv x PP	1,4223 ns
N x K	1,6713 ns
N x PP	1,6065 ns
K x PP	1,0096 ns
Desvios	0,7765 ns
CV (%)	3,91

ns, *, **: respectivamente, não significativo a 5% de probabilidade, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F.

Ciclo (dias)

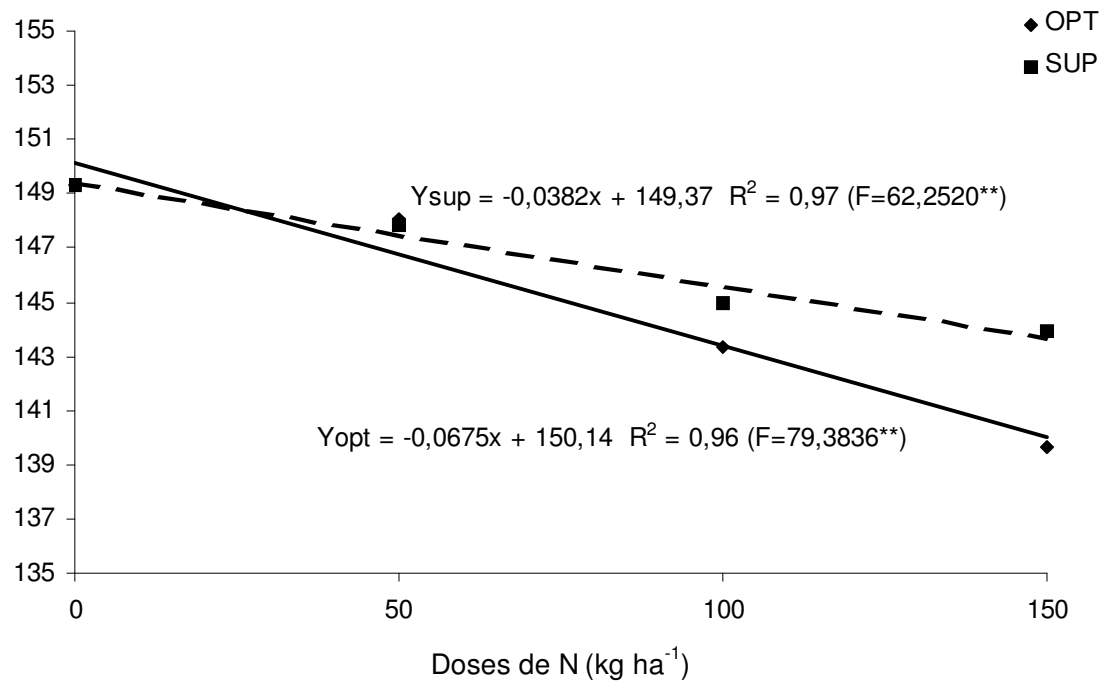


Figura 9. Ciclo das cultivares Optima (OPT) e Superex (SU) em função da dose de nitrogênio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

LOPES (1989) cita que as plantas deficientes em nitrogênio têm seu crescimento bastante prejudicado, levando a maior lentidão no desenvolvimento devido à menor atividade metabólica. HENRIKSEN (1987) cita que há um adiantamento na maturação de plantas de cebola com a aplicação de nitrogênio comparativamente às plantas não fertilizadas.

MAIER et al. (1990), estudando doses de nitrogênio (0, 15, 40, 90, 190, 290, 390 e 590 kg ha⁻¹ de N), em solos arenosos da Austrália, observaram o mesmo desempenho do N em plantas de cebola. Os autores verificaram que a aplicação de N acelerou a senescência das plantas, enquanto a deficiência provocou a desuniformidade de “estalo” (amadurecimento). Os autores informam que algumas plantas permaneceram verdes e eretas até a colheita, quando doses foram inferiores a 100 kg ha⁻¹ de N.

Em São José do Rio Pardo-SP, o ciclo das lavouras comerciais no sistema convencional de transplante de mudas varia de 120 à 130 dias³, dos quais de 30 a 40 dias para a produção das mudas em canteiros e 90 dias de cultivo em campo após o transplante.

VIDIGAL (2000) obteve um ciclo de 130 a 159 dias da semeadura à colheita em um estudo de parcelamento da adubação nitrogenada para a cultivar Alfa Tropical em sistema de transplante de mudas no norte do Estado de Minas Gerais.

A aplicação de potássio também promoveu redução no ciclo das plantas em quatro dias na dose de 150 kg ha⁻¹ de K₂O, comparativamente a testemunha, cujo ciclo foi de 148 dias (Figura 10). Isso pode ser devido ao fato das plantas quando nutridas em potássio terem seu metabolismo mais acelerado, conforme ocorreu com a fertilização com nitrogênio.

³ Breda Junior, J. M. (Cooperativa dos Cafeicultores de Guaxupé – Filial São José do Rio Pardo) Informação Pessoal, 2006.

Com o aumento da população, o ciclo foi menor, atingindo uma diferença de quase três dias entre a maior e menor população de plantas estudadas. Provavelmente, este resultado se deve a maior competição que aumentou com o incremento na população de plantas, pelos fatores de crescimento (Figura 11).

McGEARY (1985) obteve a mesma resposta quando estudou a população de plantas na produção de cebolas para conserva. Constatou alongamento do ciclo com a diminuição do número de plantas por metro quadrado. Da mesma forma, BREWSTER & BUTLER (1989) esclarecem que esse comportamento do ciclo das plantas mediante alterações na população de plantas é freqüentemente observado na maioria das pesquisas que envolvem este fator. RUMPEL & FELCZYNSKI (2000), estudando o sistema de semeadura direta, com populações de 20 a 140 pl m⁻², verificaram maior precocidade (8 a 10 dias) das plantas cultivadas no maior adensamento, quando comparada àquelas cultivadas com a população de 20 pl m⁻², em razão da maior competição entre plantas.

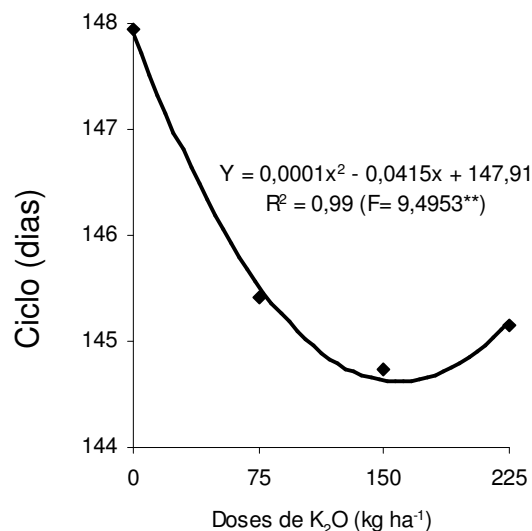


Figura 10. Ciclo das plantas de cebola em função da dose de potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

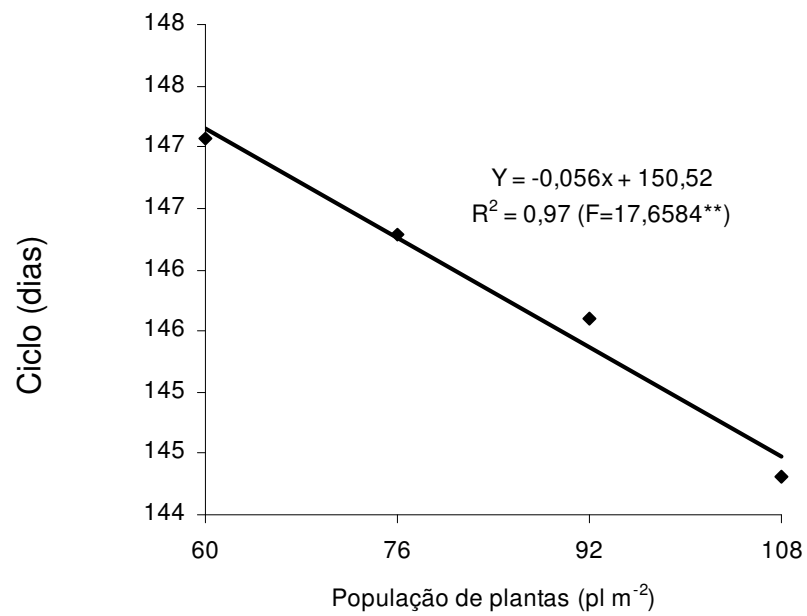


Figura 11. Ciclo das plantas de cebola em função da população de plantas.
UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

4.3 Massa do bulbo

Houve efeitos significativos para todos os fatores isoladamente, exceto para cultivares, sobre a massa do bulbo. Também foram constatadas interações significativas entre cultivares e doses de nitrogênio, cultivares e doses de potássio e doses de nitrogênio e população de plantas (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para a massa do bulbo, segundo os fatores avaliados. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Fatores	Massa do bulbo
Cultivares (Cv)	2,4324 ns
Nitrogênio (N)	326,6457**
Potássio (K)	15,2319**
População (PP)	123,0989**
Cv x N	6,4001**
Cv x K	4,2583**
Cv x PP	0,8184 ns
N x K	1,4104 ns
N x PP	3,8790**
K x PP	0,8579 ns
Desvios	1,1830 ns
CV (%)	21,86

ns, *, **: respectivamente, não significativo a 5% de probabilidade, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F.

Nas Figuras 12 a 27 são apresentadas as superfícies de resposta e suas respectivas isolinhas para a massa do bulbo em função das doses de N x K, para cada cultivar estudada e população de plantas, uma vez que houve interação significativa entre os fatores doses de nitrogênio e população de plantas.

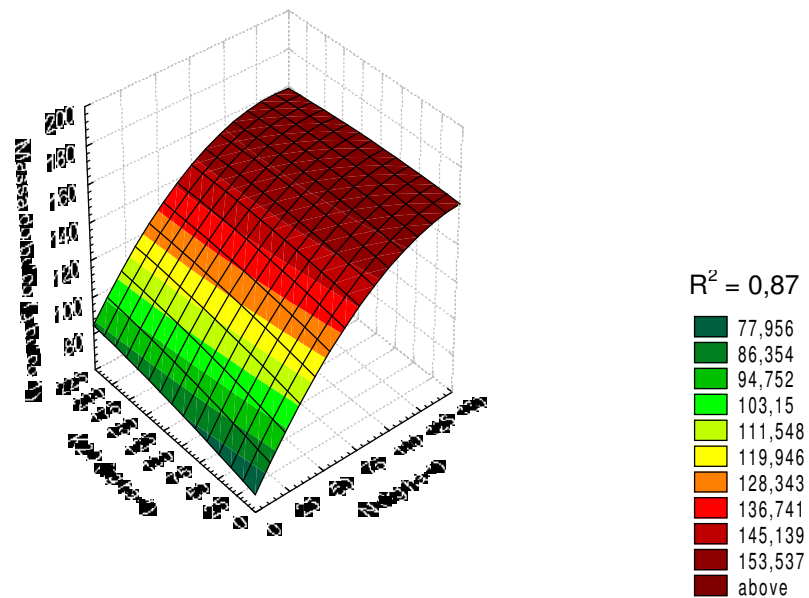


Figura 12. Superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Optima na população de plantas de 60 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

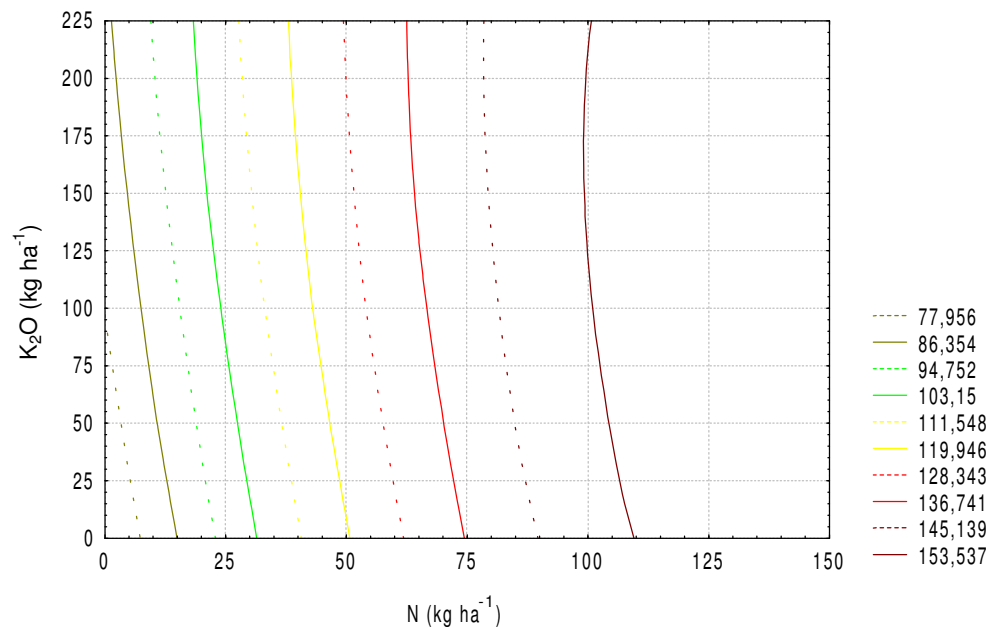


Figura 13. Isolinas da superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Optima na população de plantas de 60 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

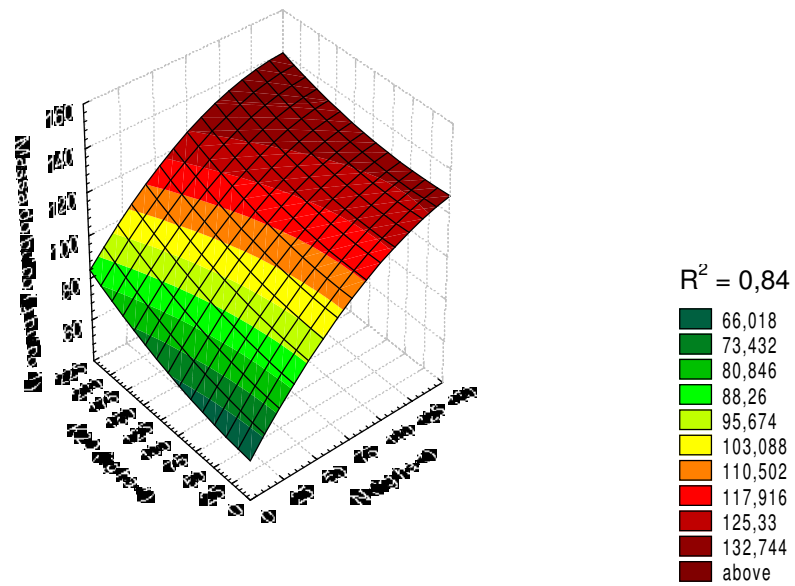


Figura 14. Superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Optima na população de plantas de 76 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

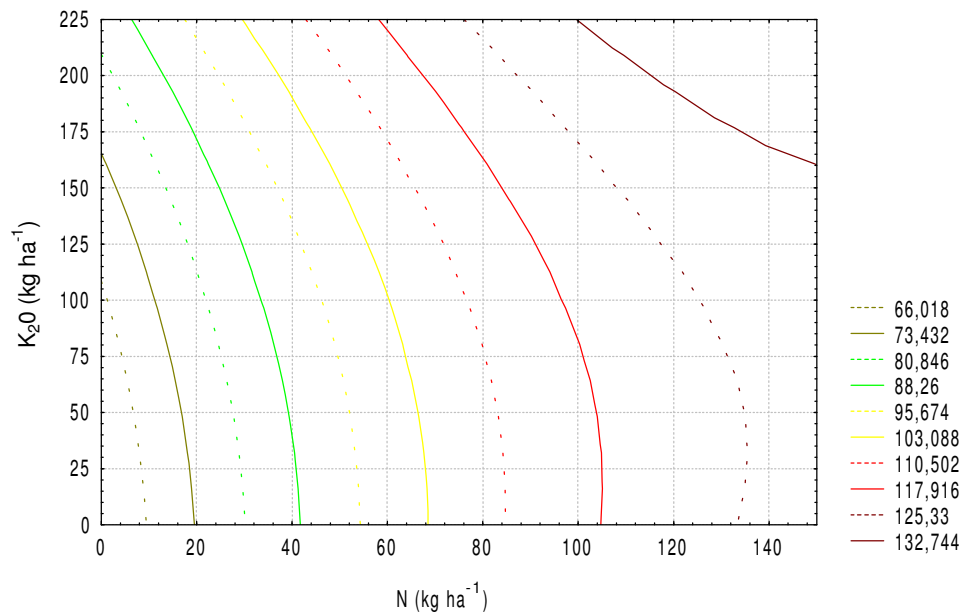


Figura 15. Isolinas da superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Optima na população de plantas de 76 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

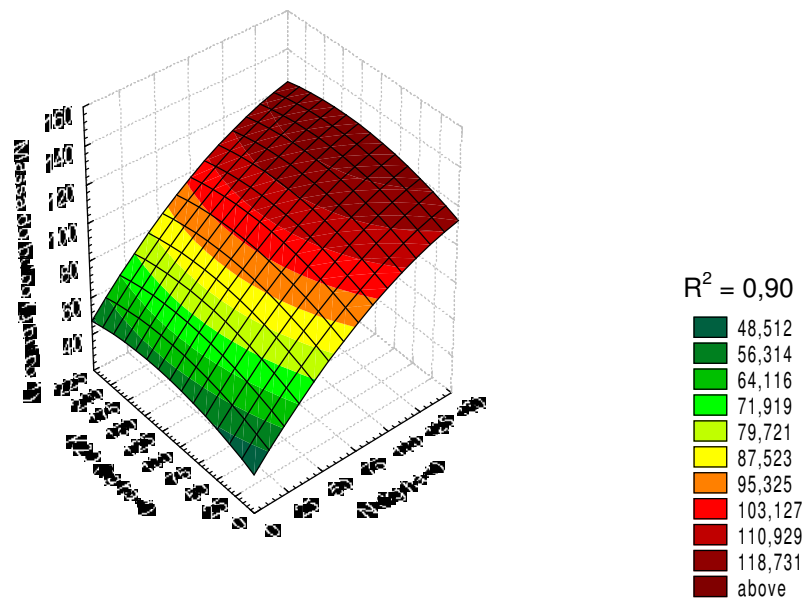


Figura 16. Superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Optima na população de plantas de 92 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

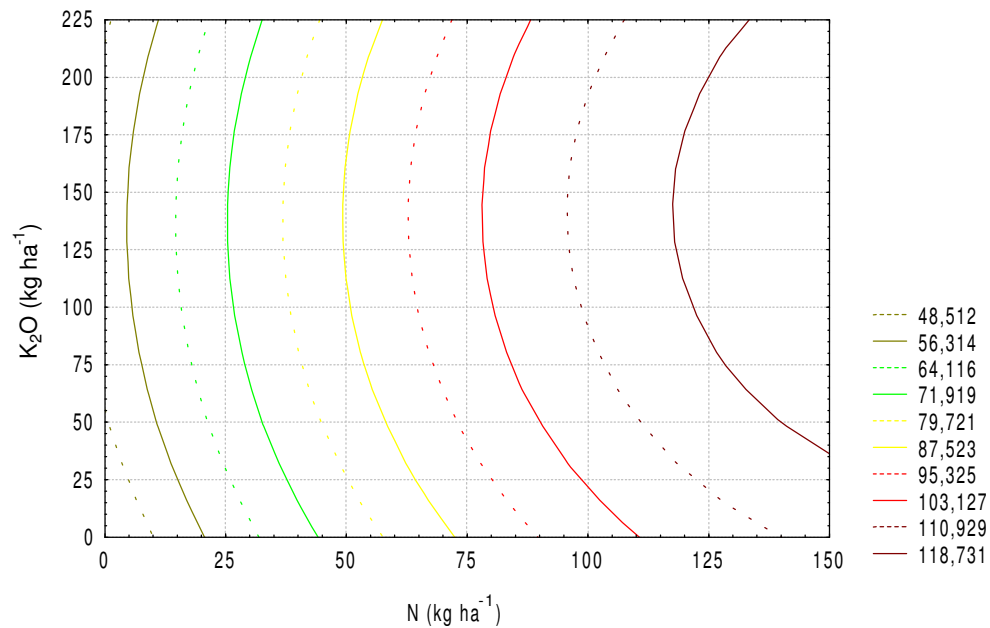


Figura 17. Isolinas da superfície de resposta para a massa do bulbo na população de plantas de 92 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

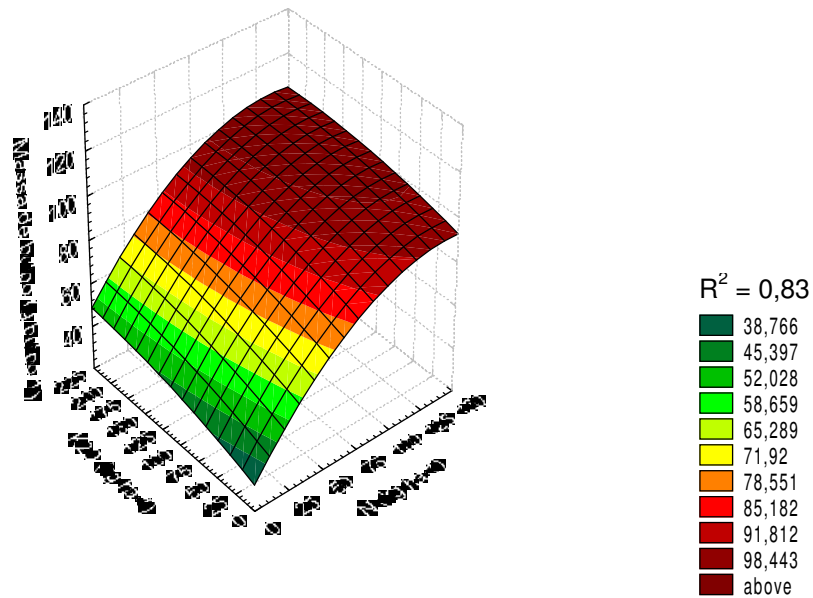


Figura 18. Superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Optima na população de plantas de 108 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

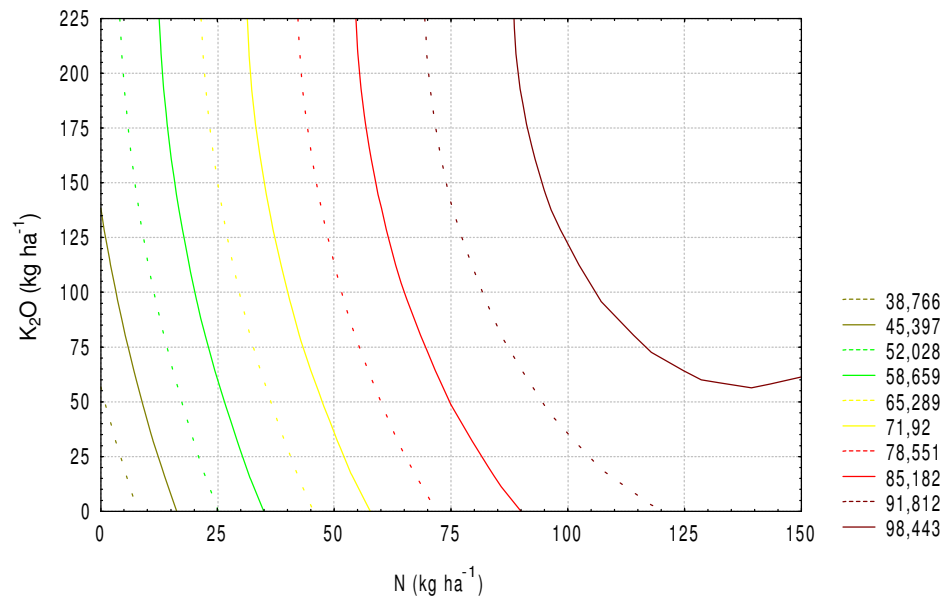


Figura 19. Isolinas da superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Optima na população de plantas de 108 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

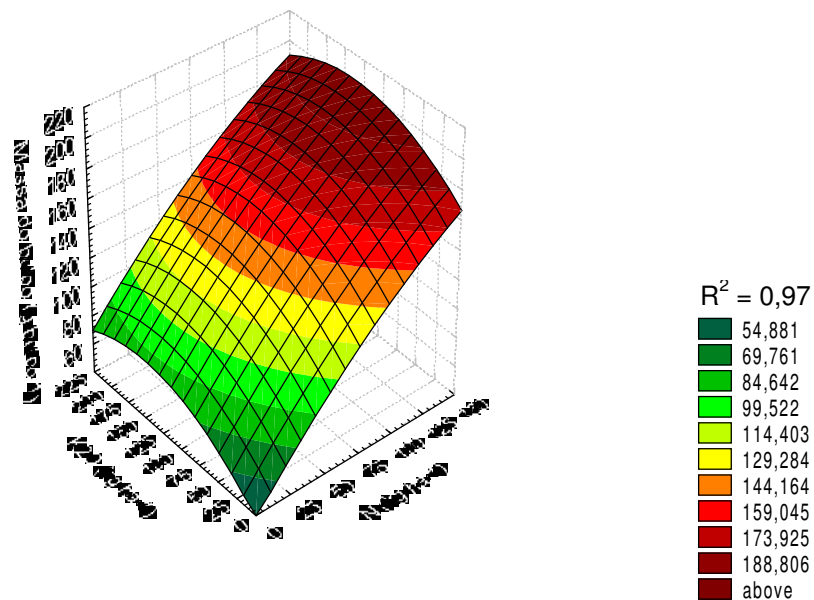


Figura 20. Superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Superex na população de plantas de 60 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

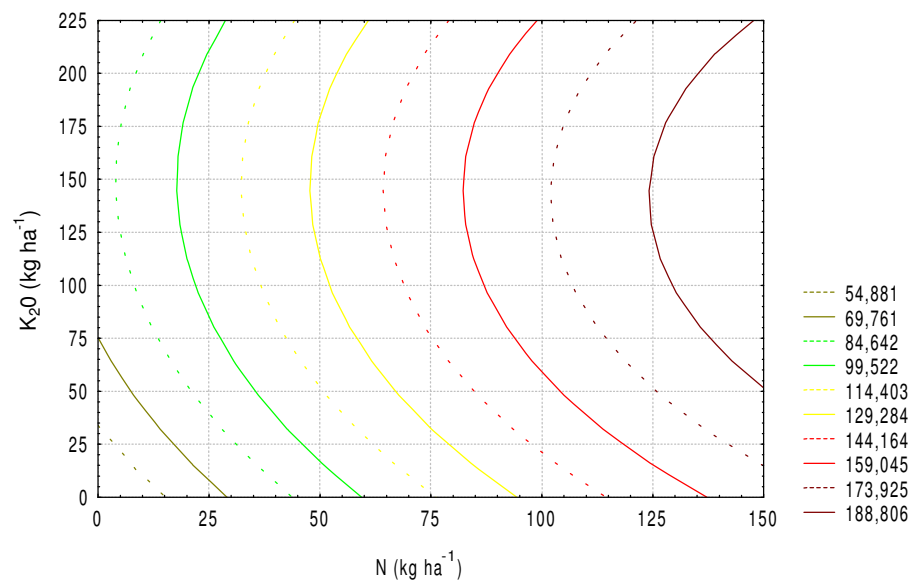


Figura 21. Isolinhas da superfície de resposta para a massa do bulbo na população de plantas de 60 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio aplicadas para a cultivar Superex. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

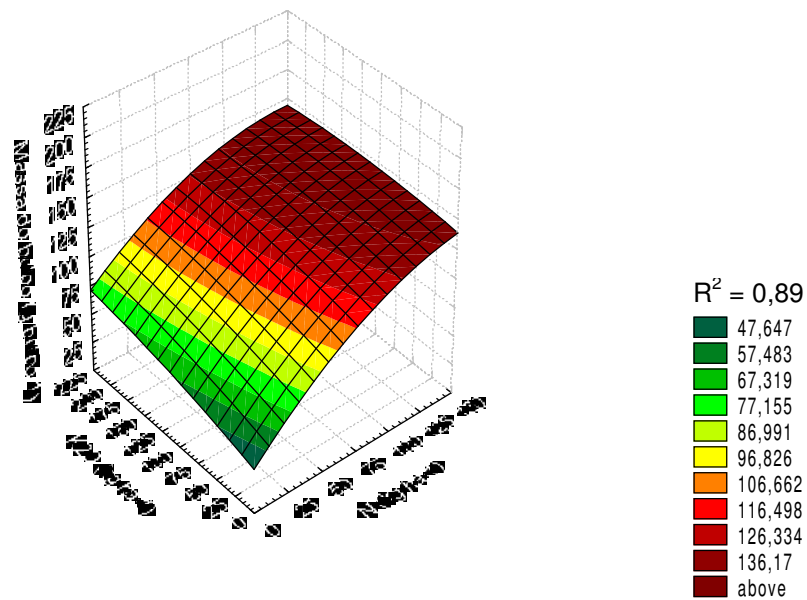


Figura 22. Superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Superex na população de plantas de 76 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

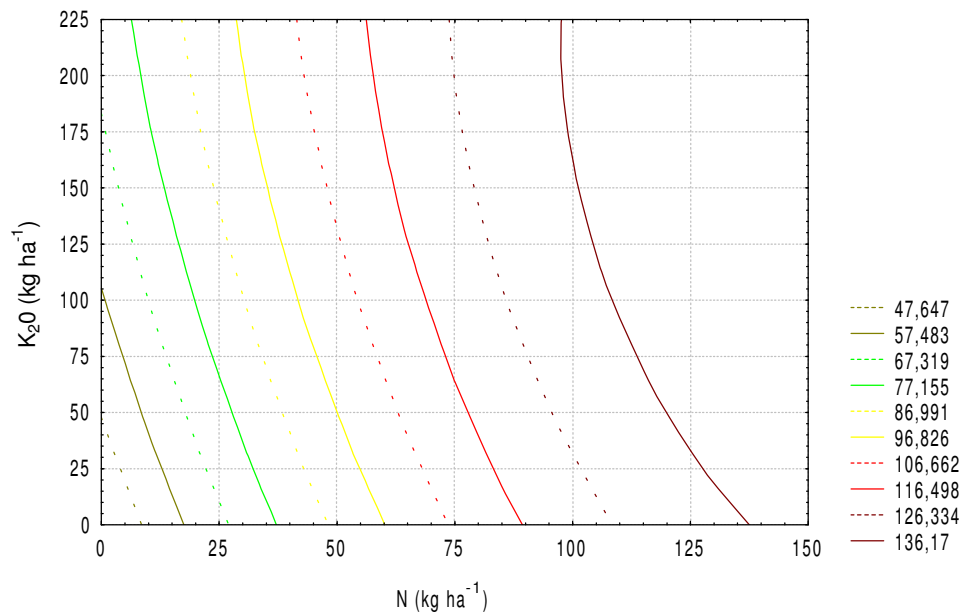


Figura 23. Isolinhas da superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Superex na população de plantas de 76 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

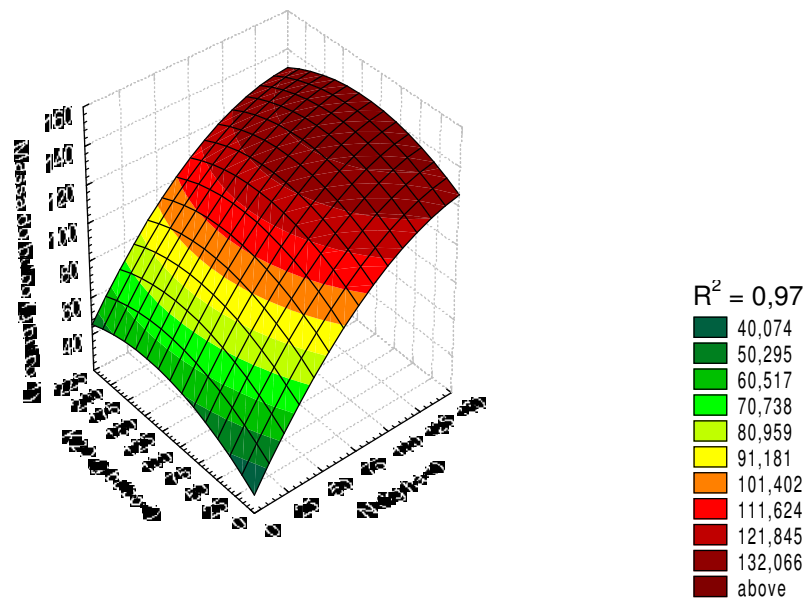


Figura 24. Superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Superex na população de plantas de 92 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

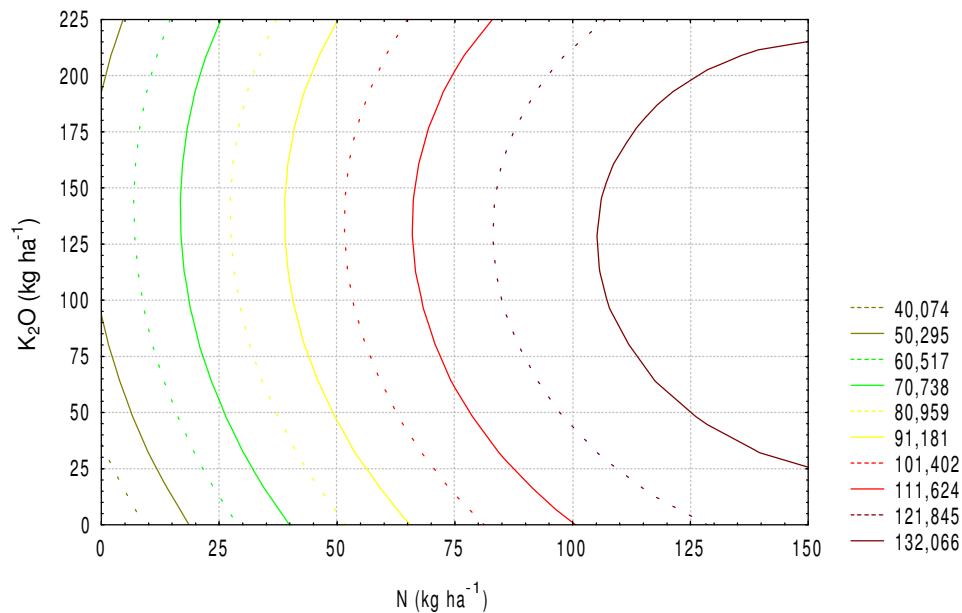


Figura 25. Isolinhas da superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Superex na população de plantas de 92 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

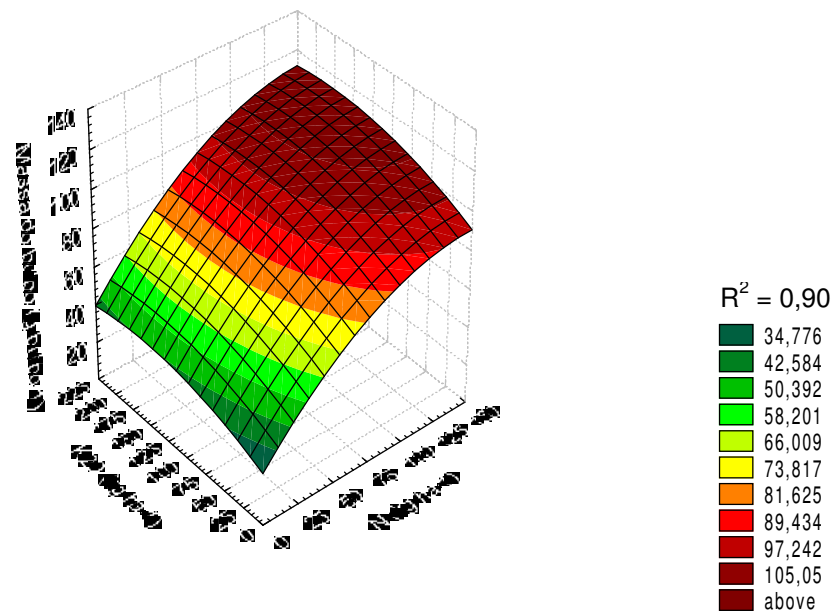


Figura 26. Superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Superex na população de plantas de 108 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

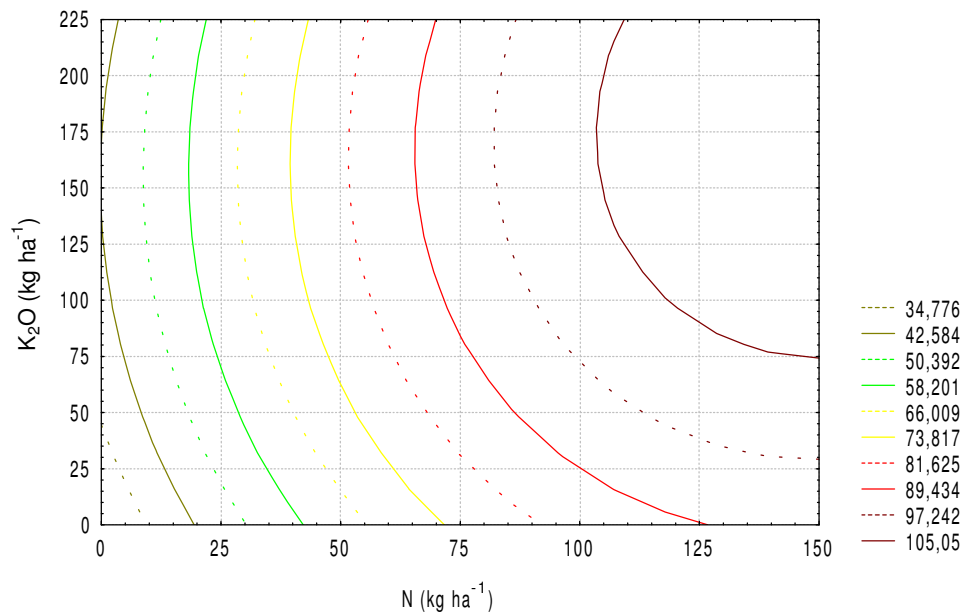


Figura 27. Isolinhas da superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Superex na população de plantas de 108 pl m⁻², em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

O fator doses de potássio não promoveu incrementos tão expressivos na massa do bulbo, assim como verificado para o nitrogênio. Para as populações de plantas avaliadas, houve maior requerimento de nitrogênio do que potássio para se atingir maior massa do bulbo.

Foram observadas respostas similares para as duas cultivares, obtendo-se bulbos de menores massas com aumento da população de plantas. Nas populações 60, 76, 92 e 108 pl m⁻², as massas de bulbo da 'Superex' foram, respectivamente, 188,81, 136,17, 132,07 e 105,05 g bulbo⁻¹, maiores que as verificadas para a cultivar Optima, nas mesmas populações, respectivamente, 153,54, 132,74, 118,73 e 98,44 g bulbo⁻¹.

Para a 'Optima', quando cultivada com população de plantas de 60 pl m⁻², a aplicação de doses de N acima de 100 kg ha⁻¹ associada com até 225 kg ha⁻¹ de K₂O ou 110 kg ha⁻¹ de N sem a aplicação de K, proporcionaram bulbos com massa acima de 150 g (Figura 13). Para a 'Superex', a aplicação de N acima de 125 kg ha⁻¹ de N combinada com 75 kg ha⁻¹ de K₂O ou 150 kg ha⁻¹ de N com 52 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou bulbos com mais de 188 g, na população de 60 pl m⁻² (Figura 21).

Observando as Figuras 12 a 27, que ilustram as superfícies de resposta e as isolinhas entre as diferentes combinações N e K para cada população de plantas, maiores quantidades de N são necessárias para que se mantenha a massa do bulbo nos máximos valores, para as duas cultivares estudadas. Na população de 108 pl m⁻², a 'Optima', mesmo com aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N com 60 kg ha⁻¹ de K₂O não foram suficientes para a produção de bulbos com massa igual a 98,44 g (Figura 19). Já a 'Superex', a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N e 75 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionaram bulbos com massa de 105,5 g (Figura 27).

IKAWA (1972) cita que a população de plantas influencia diretamente na produção de bulbos. Com a elevação do número de plantas por área, há uma redução na massa do bulbo por planta. O autor observou que o transplante de mudas na população de 600.000 plantas por hectare (0,20 x 0,07 m com 5 fileiras por canteiro), proporcionou bulbos com 80 g bulbo⁻¹.

KANTON et al. (2002) verificaram que a menor população de plantas estudada em sistema de produção de cebola transplantada (37,04 plantas m⁻²) produziu bulbos

com massa 128% maior, comparativamente às plantas conduzidas na população de 156,25 plantas m^{-2} . Houve redução significativa da produtividade, passando de 37,95 t ha^{-1} de bulbos na maior população para 22,27 t ha^{-1} de bulbos na menor. Os autores citam que para a produção de bulbos com massa ao redor de 80 g, a população de plantas mais adequada foi de 100 plantas m^{-2} (76,29 g bulbo $^{-1}$).

SANTOS et al. (2000) verificaram redução significativa na massa do bulbo com o aumento do número de plantas por área. No entanto, os autores também encontraram reflexos negativos na produtividade quando o espaçamento entre plantas foi aumentado. Houve incrementos na massa do bulbo de até 57% associado a uma queda de 19,35% na produtividade total quando o espaçamento entre plantas passou de 0,05 m para 0,10 m, fixando em 0,3 m entrelinhas.

Nas Figuras 28 a 31 são ilustradas as superfícies de respostas e suas isolinhas em função da dose de nitrogênio e população de plantas para cada uma das cultivares. As maiores massas do bulbo foram obtidas na população de plantas de 60 pl m^{-2} com a dose de 150 kg ha^{-1} de N, apresentando valores de 150,36 e 168,78 g bulbo $^{-1}$ para as cultivares Optima e Superex, respectivamente.

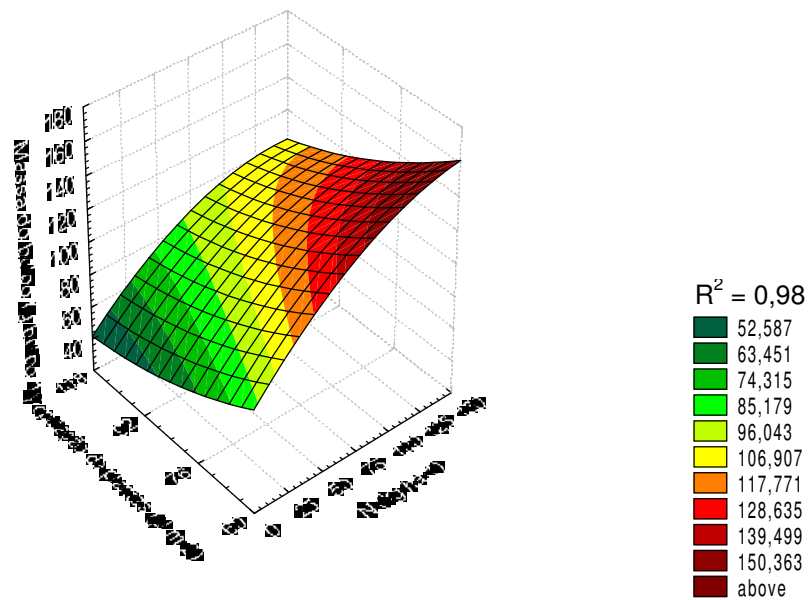


Figura 28. Superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Optima em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

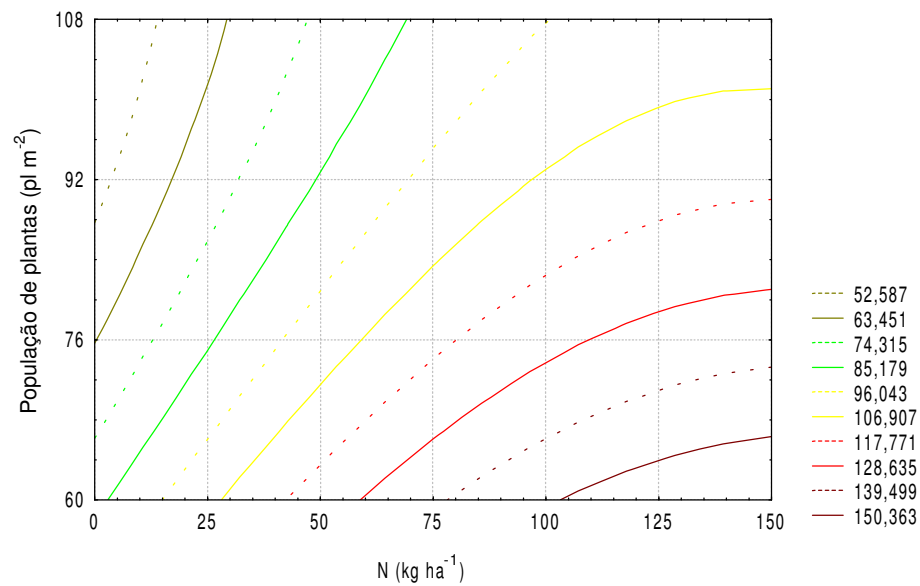


Figura 29. Isolinhas da superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Optima em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

RUMPEL & FELCZYNSKI (2000) estudaram a população de plantas no sistema de semeadura direta em cebola (com variação de 20 a 140 plantas m^{-2}) com a semeadura em canteiros de 1,35 m de largura (quatro linhas por canteiro). Verificaram que para alcançar as maiores produtividades (32,8 e 59,0 t ha^{-1} no primeiro e no segundo ano de experimentação, respectivamente), a melhor população de plantas foi de 80 plantas m^{-2} . Os autores relatam que a produção de bulbos graúdos foi gradativamente decrescente com o aumento da população de plantas, sendo que os maiores bulbos foram produzidos nas populações de 20 a 40 plantas m^{-2} , enquanto os menores bulbos foram obtidos na população de 140 plantas m^{-2} .

Pode-se observar pelas isolinhas da superfície de resposta para cada cultivar (Figuras 37 e 39) que para uma mesma massa do bulbo têm-se doses diferentes de nitrogênio dentro de uma faixa de população de plantas. Fixando a dose de N em um determinado ponto, a massa do bulbo diminui com o incremento na população de plantas.

A redução da massa seca parte aérea das plantas com elevação da população de plantas (Figura 8) pode ser uma razão para a menor massa do bulbo quando a população é maior, devido a menor produção de fotoassimilados pela parte aérea das plantas.

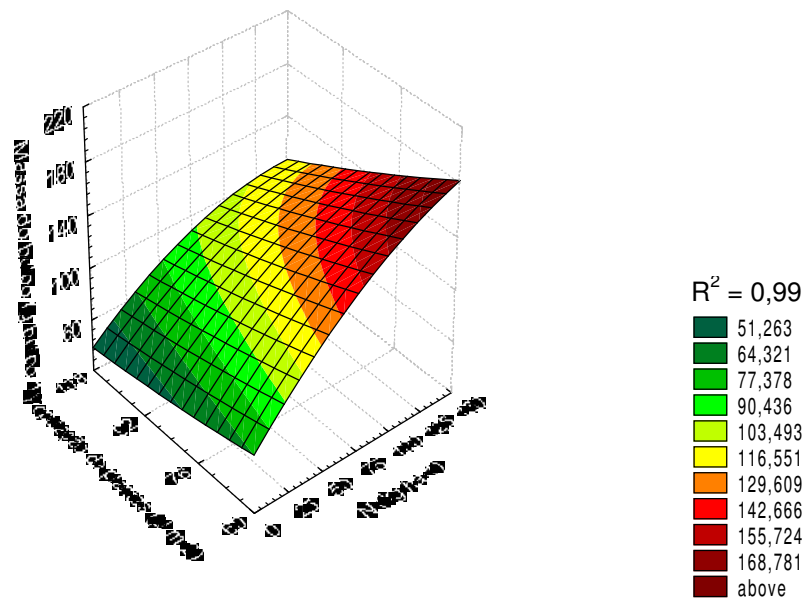


Figura 30. Superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Superex em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

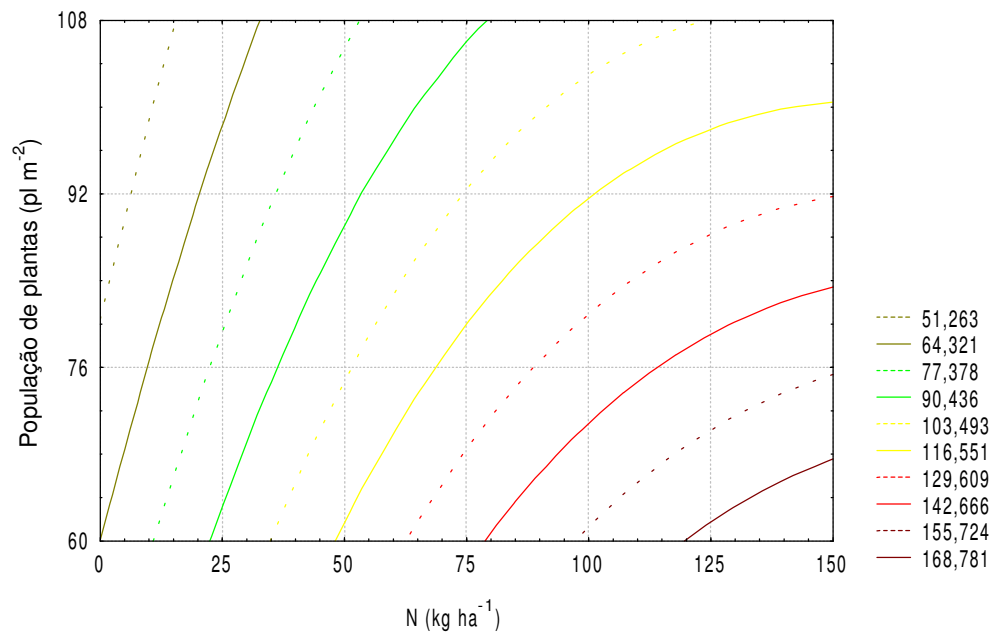


Figura 31. Isolinhas da superfície de resposta para a massa do bulbo da cultivar Superex em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

As duas cultivares tiveram um comportamento bastante similar quanto às tendências das regressões múltiplas expressadas nas superfícies de respostas e suas respectivas isolinhas. Para a 'Optima', com a elevação das doses de 104 kg ha⁻¹ até 150 kg ha⁻¹ de N a massa do bulbo não foi alterada com população de plantas entre 60 e 66 pl m⁻², permanecendo na isolinha de maior massa, podendo haver um reflexo em produtividade. Já para a 'Superex', de 120 a 150 kg ha⁻¹ de N a massa do bulbo permaneceu a mesma quando o referido intervalo foi combinado com a população de plantas entre 60 e 67 pl m⁻², permanecendo na isolinha de maior massa (Figuras 29 e 31).

4.4 Análise de crescimento

Nas coletas realizadas aos 30, 50, 70, 90, 110, 130 e 150 DAS, somente constatou-se efeito significativo dos fatores isoladamente, ou seja, dose de N ou K, população de plantas e cultivar sobre as características altura de planta, número de folhas por planta, comprimento e diâmetro do pseudocaule, massa seca da parte aérea e do bulbo. Assim, as curvas que descrevem a evolução das características ao longo do ciclo foram elaboradas em função de cada fator avaliado.

As maiores doses de nitrogênio (100 e 150 kg ha⁻¹ de N) promoveram maior crescimento vegetativo da parte aérea, resultando em maiores alturas de plantas, o que refletiu na expressão da massa seca da parte aérea. Para as cultivares Optima e Superex, foram observadas alturas de 69,93 e 68,76 cm, respectivamente, aos 110 DAS.

Houve início de redução da altura das plantas a partir dos 101, 107, 103 e 99 DAS, respectivamente, para as doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N, denotando um início de senescência da parte aérea a partir dessas datas (Figura 32).

Aos 110 DAS, diferentes alturas foram observadas para cada dose de N aplicada, sendo maiores quando maior foi a dose de N (Figura 32)

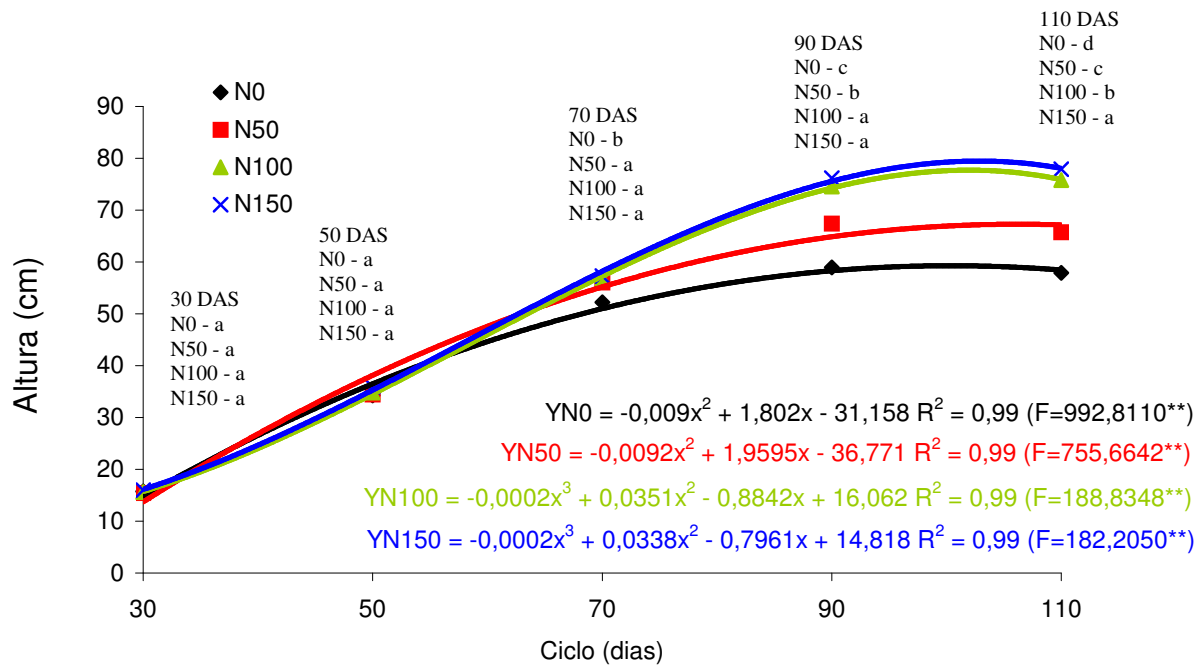


Figura 32. Efeito da aplicação de nitrogênio sobre a altura das plantas de cebola durante o seu desenvolvimento. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

As doses de potássio pouco influenciaram a altura da planta, conforme observa-se Figura 33. Apenas notou-se que as plantas não fertilizadas apresentaram alturas relativamente menores às demais, principalmente aos 110 dias.

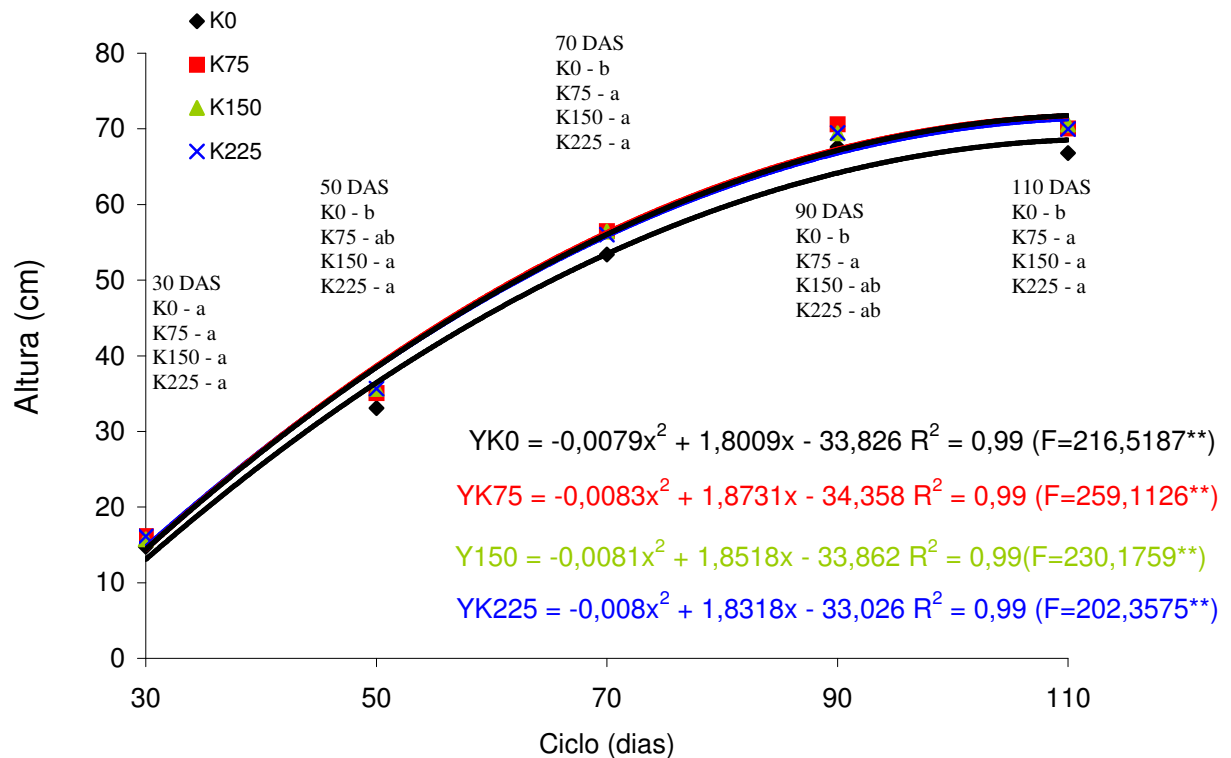


Figura 33. Efeito da aplicação de potássio sobre a altura das plantas de cebola durante o seu desenvolvimento. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Na Figura 34, observa-se que a aplicação de nitrogênio contribuiu para aumentar o número de folhas das plantas a partir dos 30 dias após a semeadura, refletindo, da mesma forma que para a característica altura de plantas, na massa seca da parte aérea. Aos 90 e 110 DAS, o número médio de folhas foi estatisticamente semelhante entre as doses 100 e 150 kg ha⁻¹ de N. No entanto, apresentaram aproximadamente uma folha a mais que a testemunha, o que conferiu a planta maior área fotossinteticamente ativa, capaz de refletir nas maiores produtividades alcançadas nestas doses.

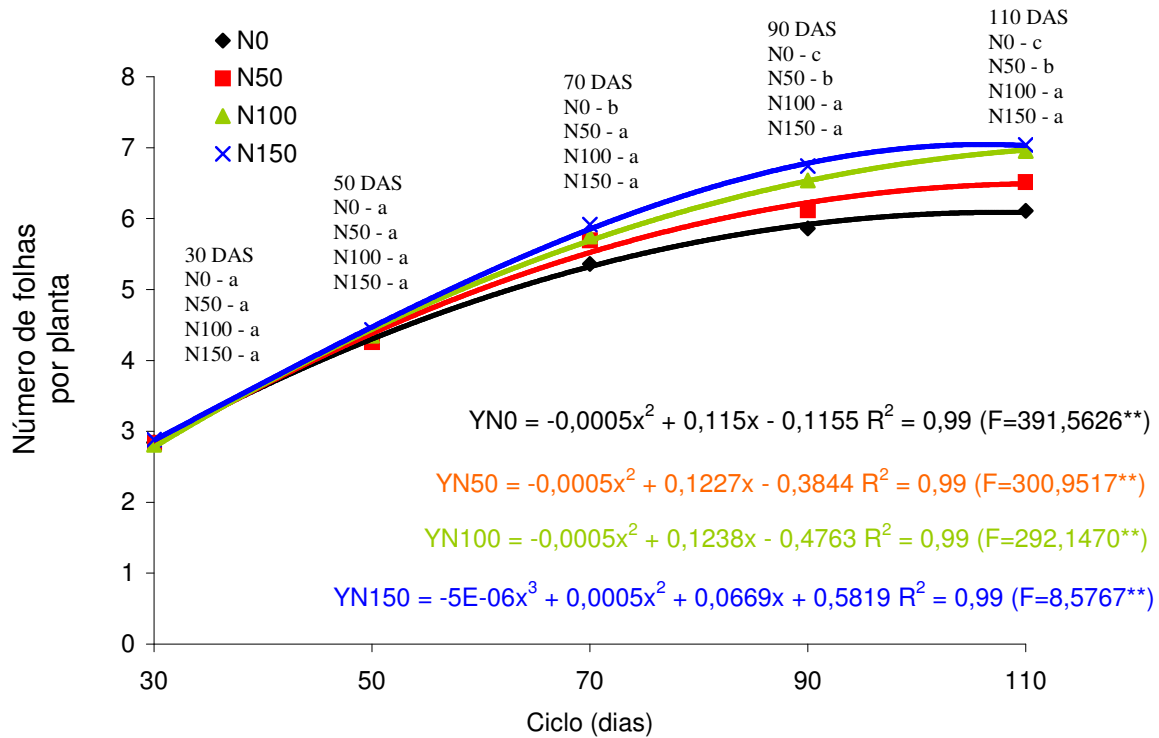


Figura 34. Efeito da aplicação de nitrogênio sobre o número de folhas da planta de cebola durante o seu desenvolvimento. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

O diâmetro do pseudocaule aumentou progressivamente ao longo do ciclo, sendo maiores quando maior foi a dose de N aplicada (Figura 35). Conforme BREWSTER & BÜTLER (1989), a aplicação de doses mais elevadas de nitrogênio pode provocar o aparecimento de “talo ou pescoço grosso”, depreciando o valor do produto no mercado consumidor.

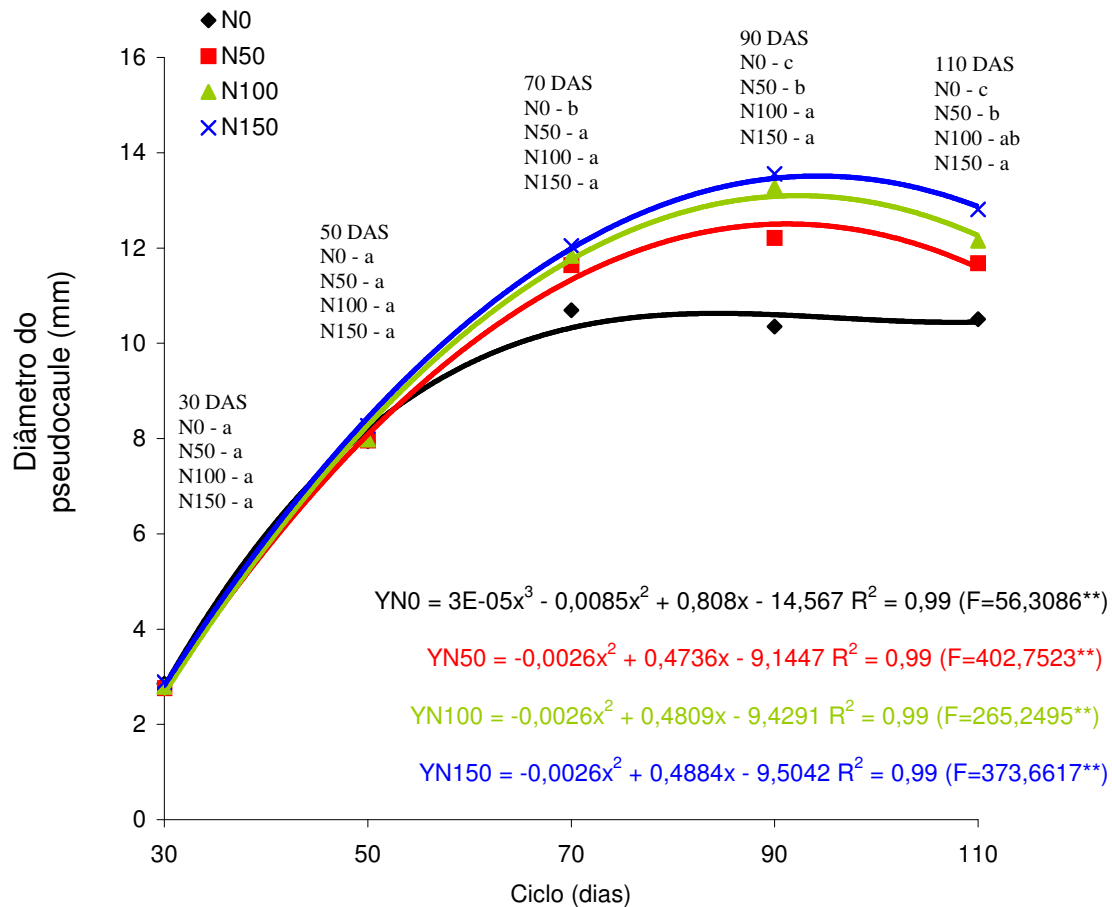


Figura 35. Efeito da aplicação de nitrogênio sobre o diâmetro do pseudocaule das plantas de cebola durante o seu desenvolvimento. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

A cultivar Optima apresentou um diâmetro do pseudocaule de 12,05 mm e a cultivar Superex 11,52 mm, estatisticamente diferente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, aos 110 dias após a semeadura.

A aplicação de nitrogênio promoveu incremento no diâmetro em relação a testemunha, embora as duas maiores doses não diferiram estatisticamente entre si, aos 110 DAS (Figura 35).

A Figura 36 ilustra as regressões polinomiais para a característica diâmetro do pseudocaule para cada população de plantas em função das datas de coleta de plantas. Observa-se que quanto menor a população de plantas, maior foi o diâmetro do pseudocaule, devido a menor competição entre as plantas pelos fatores de crescimento.

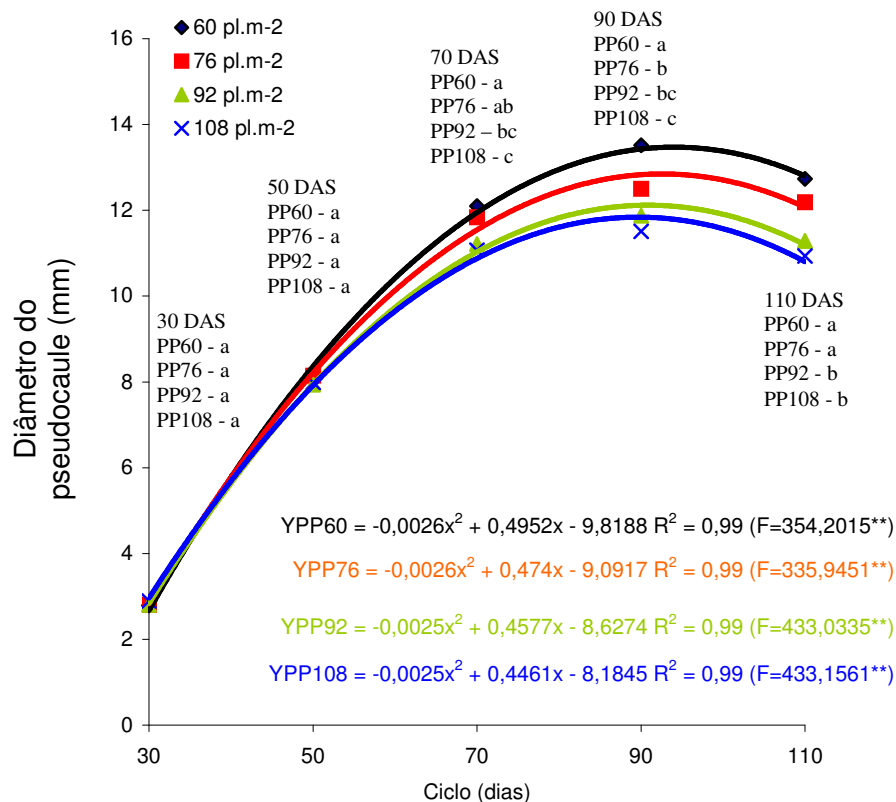


Figura 36. Efeito da população de plantas sobre o diâmetro do pseudocaule das plantas de cebola durante o seu desenvolvimento. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

A aplicação de nitrogênio promoveu incrementos progressivos no comprimento do pseudocaule a partir da terceira coleta de plantas (70 dias após a semeadura), apresentando incrementos significativos nos valores médios com elevação das doses de nitrogênio aplicadas, passando de 39,3 para 195,5 mm com a aplicação de 0 e 150 kg ha⁻¹ de N aos 110 DAS, respectivamente, segundo as regressões polinomiais de

cada curva (Figura 37), demonstrando grande influência do nitrogênio sobre a característica avaliada.

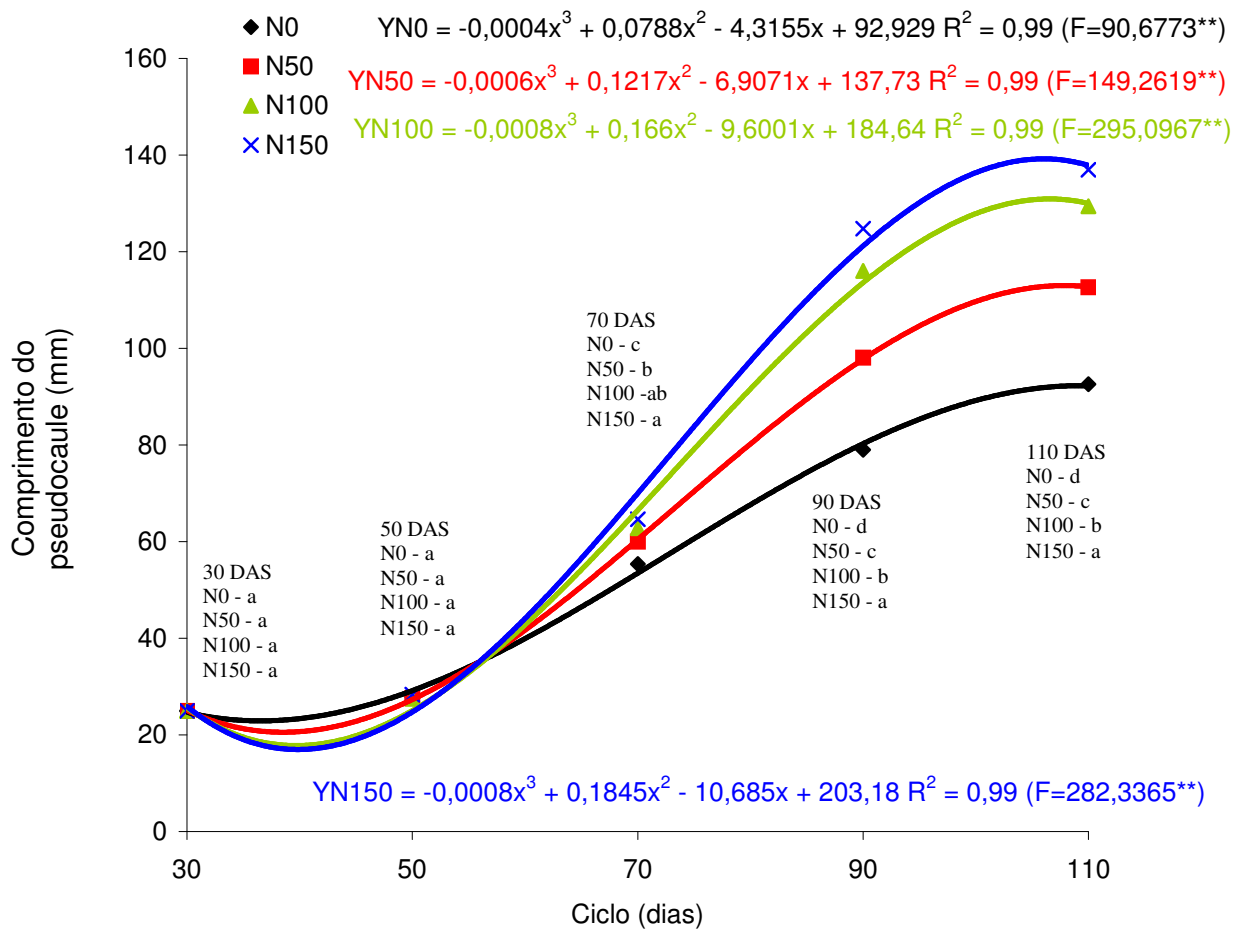


Figura 37. Efeito da aplicação de nitrogênio sobre o comprimento do pseudocaule das plantas de cebola durante o seu desenvolvimento. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Não houve diferenças estatisticamente significativas, entre as doses de potássio aplicadas na expressão do comprimento do pseudocaule, no entanto observa-se diferença significativa em relação à testemunha sem a aplicação do nutriente (Figura 38).

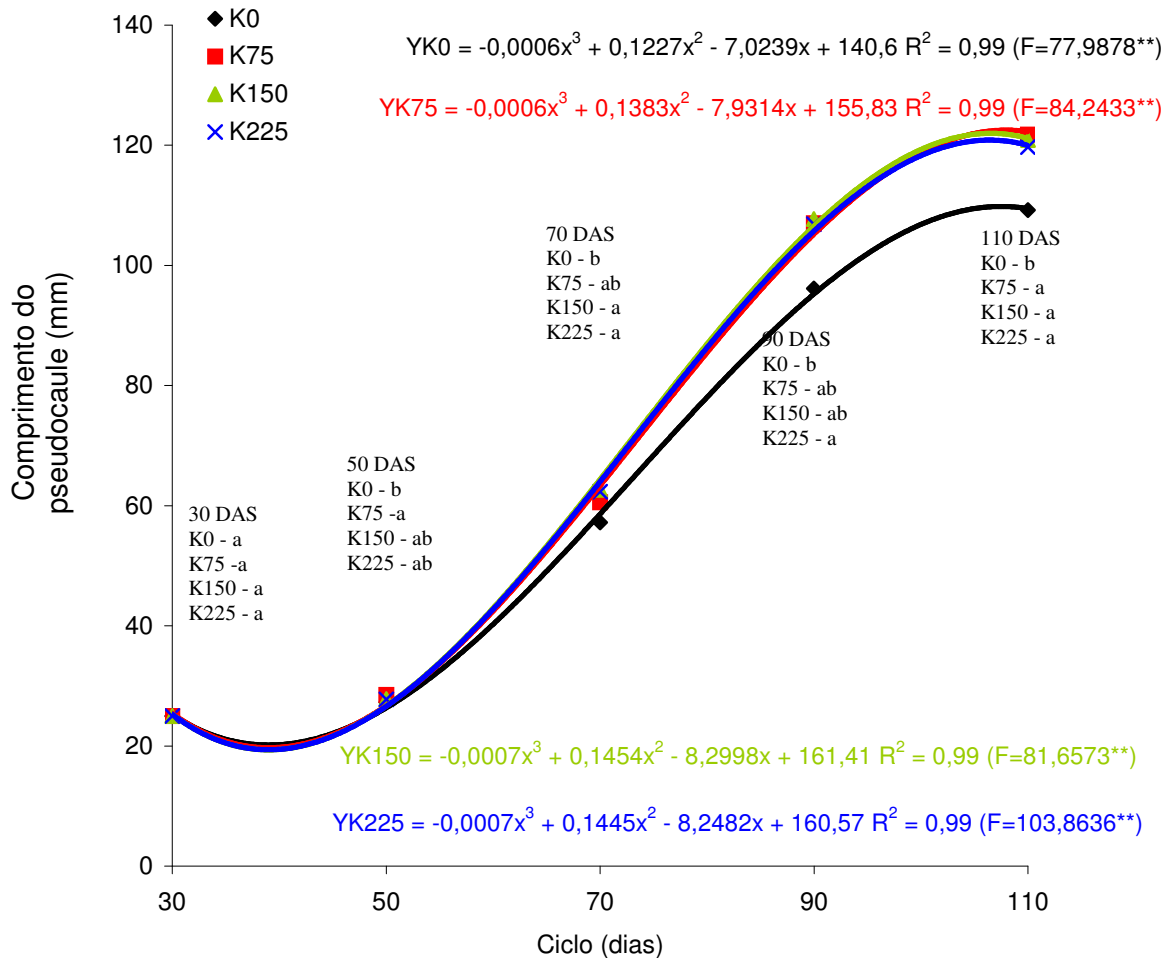


Figura 38. Efeito da aplicação de potássio sobre o comprimento do pseudocaule das plantas de cebola durante o seu desenvolvimento. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

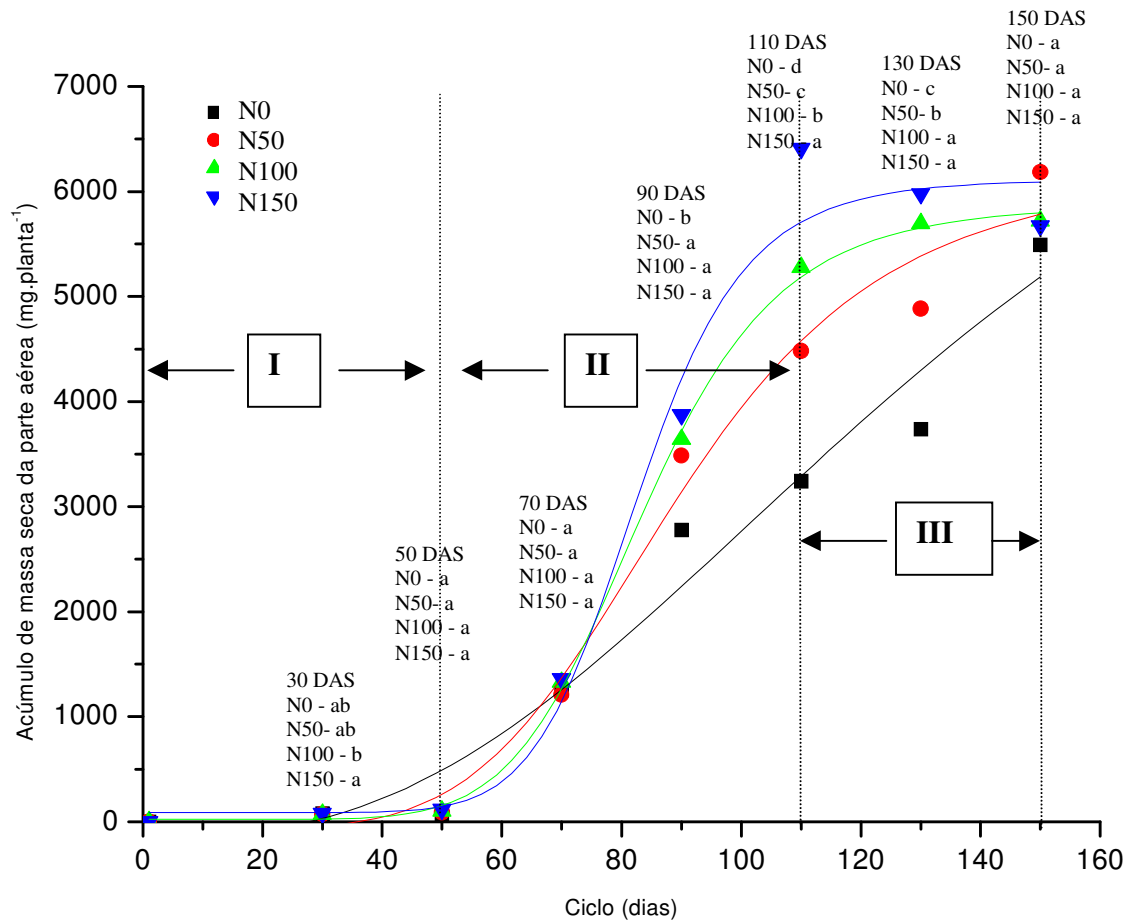
A aplicação de nitrogênio afetou positivamente todas as características relacionadas à análise de crescimento das plantas de cebola ao longo do ciclo. As maiores doses do nutriente foram capazes de promover um desenvolvimento mais vigoroso da parte aérea, afetando o desenvolvimento dos bulbos e, conseqüentemente a produtividade. O aumento na população de plantas não provocou grandes alterações no desempenho das plantas comparativamente àquelas conduzidas em menores

populações, ocorrendo apenas uma alteração marcante no diâmetro do pseudocaule, principalmente para a cultivar Superex, que já aos 110 DAS apresentou valores menores comparativamente à outra cultivar estudada. A 'Optima' foi a que apresentou maior diâmetro do pseudocaule, maior altura de plantas e maior massa seca da parte aérea aos 110 dias após a semeadura, de forma geral em todos os tratamentos, mas esse maior vigor das plantas retratado pelas características citadas não refletiu em produtividade de bulbos comparativamente a 'Superex', mesmo na maior dose de N estudada (150 kg ha^{-1} de N). O potássio afetou muito pouco as características analisadas, teve apenas alguma influência sobre a massa seca da parte aérea e o comprimento do pseudocaule, com uma pequena diferença positiva sobre o desenvolvimento com a aplicação de qualquer dose do nutriente em relação à testemunha.

Houve efeito significativo para os fatores isolados nas diferentes datas de coleta, mas não houve interação entre os fatores estudados ao longo do ciclo de cultivo para a característica massa seca da parte aérea. Assim, para compreender os efeitos dos fatores estudados foram construídos gráficos de acúmulo de massa seca da parte aérea ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas (Figuras 39 a 44).

Com a elevação das doses de nitrogênio houve um incremento na produção de massa seca da parte aérea das plantas a partir dos 50 DAS (Figura 39). Até esta data, as plantas apresentaram um crescimento lento (Fase I), havendo um crescimento exponencial logo após essa fase, com exceção da testemunha, que teve um crescimento mais lento, evidenciado pela inclinação da curva de acúmulo. A partir de 50 DAS houve um crescimento exponencial da massa seca da parte aérea até 110 DAS, caracterizada pela Fase II da Figura 39.

Houve tendência à estabilização da produção de massa seca da parte aérea a partir de 130 DAS (Fase III, Figura 39), com exceção da testemunha, que teve o seu crescimento retardado em razão da menor taxa de crescimento desde o início da condução do experimento, apresentando um ciclo mais longo comparativamente aos demais tratamentos, conforme discutido anteriormente.



$$Y_{N0} = 9401,40245 + (-144,38791 - 9401,40245) / \left(1 + \left(\frac{x}{137,09027} \right)^{2,6133} \right)$$

$$Y_{N50} = 6221,08803 + (-68,27878 - 6221,08803) / \left(1 + \left(\frac{x}{89,29749} \right)^{4,99176} \right)$$

$$Y_{N100} = 5876,67016 + (22,30247 - 5876,67016) / \left(1 + \left(\frac{x}{83,63679} \right)^{7,34528} \right)$$

$$Y_{N150} = 6116,05516 + (86,81099 - 6116,05516) / \left(1 + \left(\frac{x}{82,75801} \right)^{9,23206} \right)$$

$R^2=0,99$

Figura 39. Acúmulo de massa seca da parte aérea de plantas de cebola no decorrer do ciclo, em função da dose de nitrogênio aplicada, através do modelo logístico não linear. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

O patamar superior das curvas resultantes do modelo logístico utilizado para análises do acúmulo de massa seca da parte aérea pode ser retratado como a estabilização normal no crescimento das folhas de cebola em razão do crescimento do bulbo. Quando as plantas cessam o crescimento da parte aérea, não há mais lançamento de novas folhas, notando-se a ausência de folha nova na parte interna do pseudocaule. No entanto, nesse mesmo período, o processo de bulbificação é intenso, conforme se verifica na Figura 42.

A não aplicação de nitrogênio promoveu menores incrementos na massa seca da parte aérea, proporcionando um crescimento mais lento das plantas. Aos 90, 110 e 130 DAS houve diferença nas médias de massa seca da parte aérea em relação à testemunha. No entanto, aos 150 DAS a massa seca da parte aérea foi similar para as doses de nitrogênio estudadas (Figura 39).

Apesar da testemunha ter alcançado os mesmos valores de massa seca da parte aérea aos 150 DAS comparativamente aos demais tratamentos com aplicação de nitrogênio, a massa do bulbo das plantas não fertilizadas foi baixa (Figura 42), uma vez que a massa da parte aérea das plantas nessas condições de fertilização, durante a fase de bulbificação, principalmente dos 90 aos 130 DAS, foi inferior aos demais tratamentos fertilizados, não havendo, portanto, uma alta produção de fotossintetizados capaz de promover altas produções de bulbos, nessa etapa de alta exigência metabólica da planta.

Apenas aos 110 DAS houve diferenças mais marcantes entre as doses de nitrogênio estudadas. Durante praticamente todo o ciclo houve uma certa similaridade de acúmulo de massa seca da parte aérea, principalmente para as doses de 100 e 150 kg ha⁻¹ de N. Apenas foi notado maior amarelecimento das plantas com 0 e 50 kg ha⁻¹ de N, principalmente após o início de bulbificação.

VIDIGAL et al. (2002b) esclarecem que essa redução do crescimento da parte aérea após a fase exponencial da curva de acúmulo de massa seca, possivelmente é decorrente da maior translocação de fotoassimilados e redistribuição de nutrientes e outros compostos para os bulbos, em função da maturação destes.

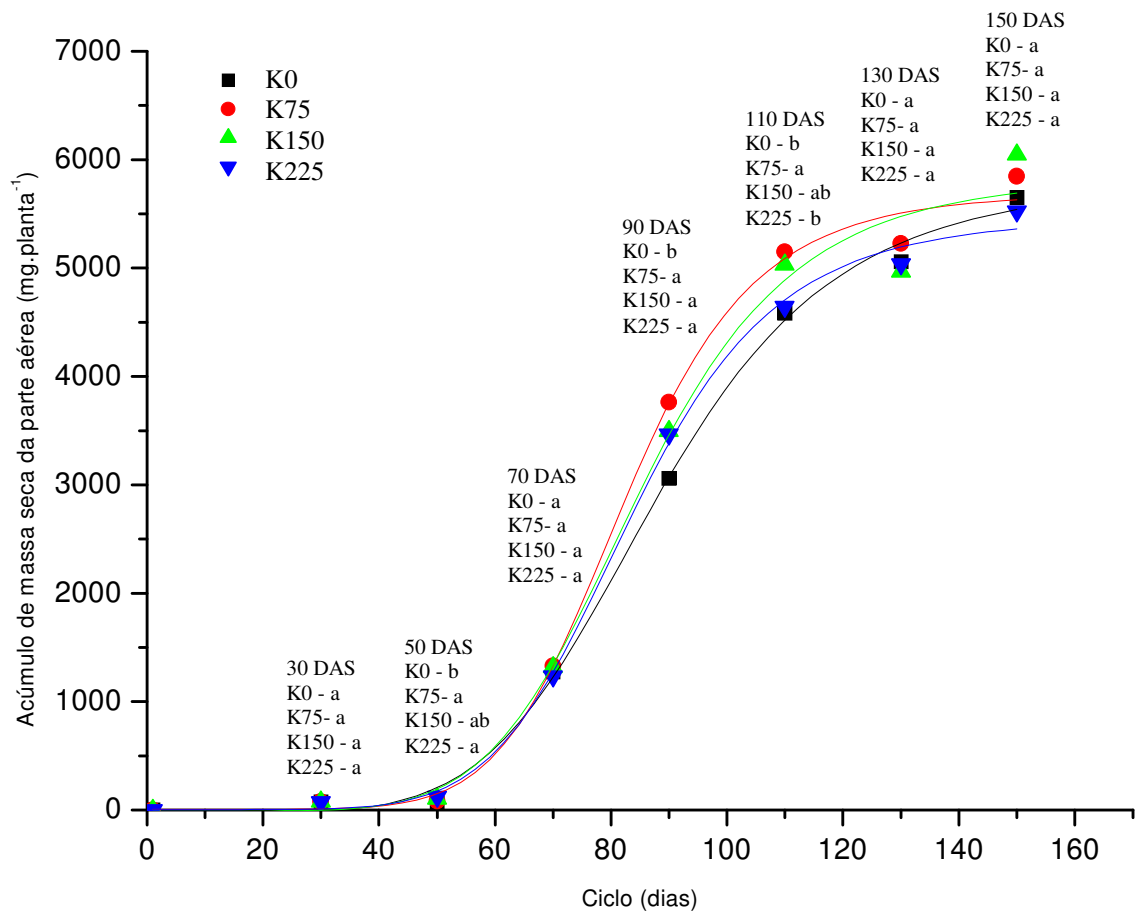
MENGEL & KIRKBY (1979) informam que plantas que acumulam reservas em alguma estrutura especializada são especialmente diferentes de outras espécies vegetais, pois há uma competição interna pelos carboidratos produzidos pela parte aérea para o crescimento vegetativo em uma primeira etapa do desenvolvimento vegetal e o armazenamento nestes órgãos específicos. O início dessa translocação de substâncias de reserva ocorre devido à indução por alguns hormônios vegetais que estimulam e desencadeiam o processo, sendo a citocinina um dos principais hormônios envolvidos.

Com relação ao fator doses de potássio (Figura 40) nota-se que a influência das doses na expressão da característica não foi tão importante quanto para o fator doses de nitrogênio, com pequena influência do incremento nas doses de K_2O no crescimento da massa seca da parte aérea. O fato pode ser explicado pelo nitrogênio ser o nutriente que mais exerce influência sobre o desenvolvimento da parte aérea de um vegetal.

Verifica-se na Figura 39 a presença de três fases do desenvolvimento bem definidas. A primeira delas retrata pequenos incrementos na massa seca da parte aérea (MSPA) até os 50 DAS, para todas as doses de N. No entanto, a partir dessa data há um crescimento exponencial da parte aérea da planta, até os 110 DAS (Fase II). A partir dos 70 DAS, a aplicação do nitrogênio, em qualquer dose estudada, promoveu incrementos na MSPA superiores à testemunha, sendo que aos 90 DAS, embora apresentem crescimento exponencial, a aplicação de doses acima de 50 kg ha^{-1} de N, não diferiram entre si para a massa seca da parte aérea. Contudo, aos 110 DAS as diferenças entre as curvas aumentaram, demonstrando maiores incrementos na MSPA, quanto maior a dose de N aplicada. A partir dos 110 DAS, há início de estabilização do acúmulo de MSPA para as doses acima de 50 kg ha^{-1} de N (Fase III). Para a testemunha, sem a aplicação de N, não ocorreu à mesma estabilização, havendo incrementos constantes da MSPA, no entanto com menor velocidade de acúmulo de massa das plantas nessas condições. Isso pôde ser observado pelo ciclo mais prolongado das plantas não fertilizadas, conforme discutido anteriormente (Figura 9). Aos 150 DAS observou-se que a quantidade acumulada de massa seca na parte aérea foi semelhante para qualquer dose de N estudada.

FARUQ et al. (2003) citam que quanto maior a atividade fotossintética da planta, seja através do maior número de folhas da planta ou crescimento vegetativo mais vigoroso, maior é o acúmulo de fotossintatos, afetando a produção de bulbos.

Na Figura 41, verifica-se clara tendência de maior acúmulo de massa seca da parte aérea das plantas de cebola com a menor população de plantas. O maior crescimento da parte aérea das plantas com a menor população de plantas se deve a menor competição entre as plantas pelos fatores de crescimento. Assim sendo, com alterações na competição por água, luz e nutrientes, o tamanho dos bulbos e a produtividade total variam, conforme a população de plantas na área (NICHOLS, 1967).



$$Y_{N0} = 5812,12837 + (-21,37741 - 5812,12837) / \left(1 + \left(\frac{x}{88,1001} \right)^{5,66372} \right)$$

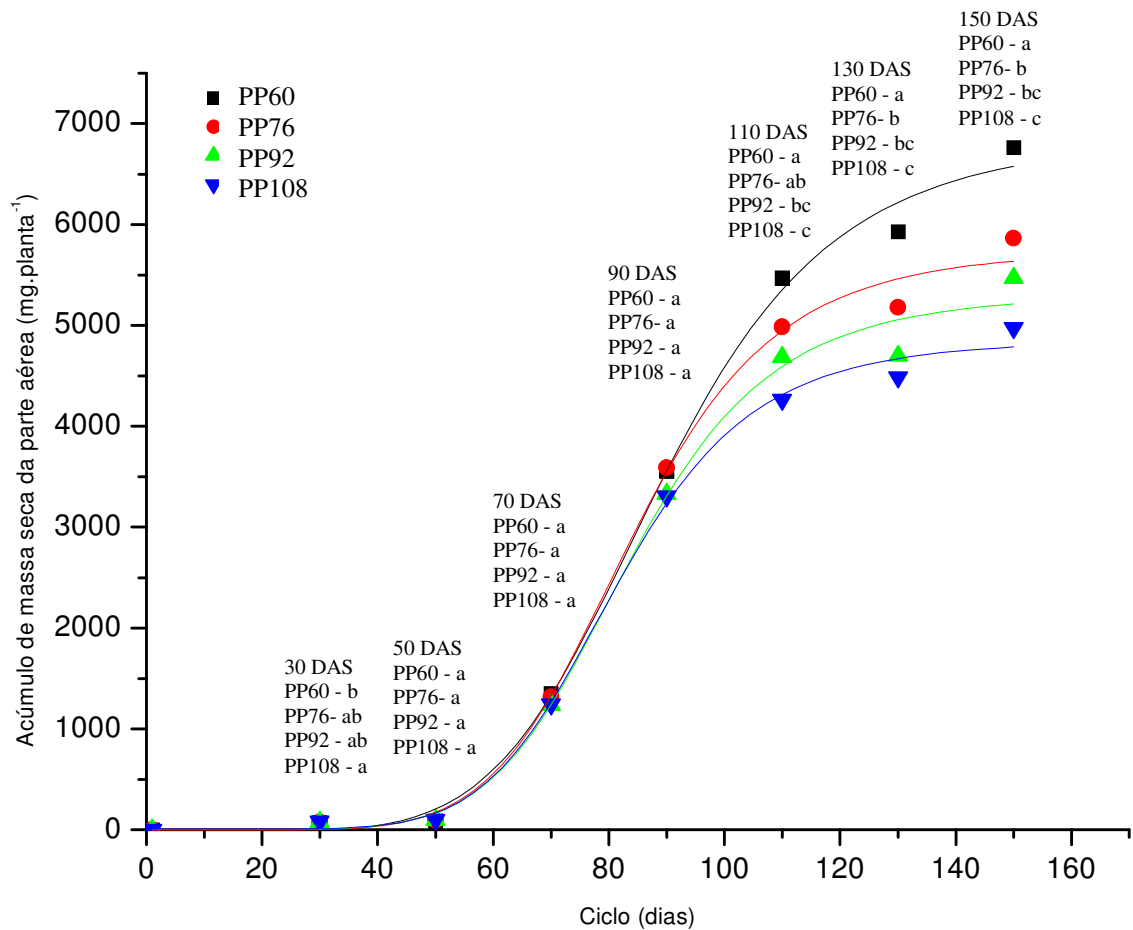
$$Y_{N50} = 5701,12538 + (7,51329 - 5701,12538) / \left(1 + \left(\frac{x}{82,38004} \right)^{7,33677} \right)$$

$$Y_{N100} = 5,852,31134 + (-10,32713 - 5852,31134) / \left(1 + \left(\frac{x}{84,84515} \right)^{6,28249} \right)$$

$$Y_{N150} = 5470,72244 + (4,84809 - 5470,72244) / \left(1 + \left(\frac{x}{83,75402} \right)^{6,67477} \right)$$

$R^2=0,99$

Figura 40. Acúmulo de massa seca da parte aérea de plantas de cebola no decorrer do ciclo, em função da dose de potássio aplicada, através do modelo logístico não linear. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.



$$Y_{PP60} = 6876,05904 + (-18,36621 - 6876,05904) / \left(1 + \left(\frac{x}{2,04865} \right)^{5,9168} \right)$$

$$Y_{PP76} = 5753,67069 + (-4,64368 - 5753,67069) / \left(1 + \left(\frac{x}{83,76952} \right)^{6,67453} \right)$$

$$Y_{PP92} = 5313,95264 + (2,67679 - 5313,95264) / \left(1 + \left(\frac{x}{83,51789} \right)^{6,73436} \right)$$

$$Y_{PP108} = 4856,52679 + (5,87618 - 4856,52679) / \left(1 + \left(\frac{x}{81,43818} \right)^{6,91148} \right)$$

$R^2=0,99$

Figura 41. Acúmulo de massa seca da parte aérea de plantas de cebola no decorrer do ciclo, em função da população de plantas, através do modelo Logístico não linear. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

KANTON et al. (2002) também verificaram reduções significativas na massa seca da parte aérea de plantas de cebola cultivadas com populações de plantas mais elevadas. Os autores estudaram cebolas transplantadas nas populações de plantas de 37,04, 44,44, 51,28, 55,56, 66,67, 76,92, 100 e 156,25 plantas m^{-2} e observaram um aumento de 20% na massa seca da parte aérea com a redução na população de plantas a níveis inferiores a 76 plantas m^{-2} . Os autores também explicam que esse comportamento foi decorrente da maior competição pelos fatores de crescimento quanto maior foi a população de plantas na área.

Não houve uma tendência de redução do acúmulo de massa seca da parte aérea a partir dos 110 DAS para o fator doses de potássio (Figura 40), como o que foi observado para o nitrogênio.

Observa-se nitidamente que as plantas cultivadas em menores populações de plantas apresentaram maior vigor da parte aérea até o final do experimento, devido à competição entre as plantas pelos fatores de crescimento quando em situação de maior população de plantas na área.

Houve efeito significativo para os fatores isolados nas diferentes datas de coleta, mas não houve interação entre os fatores estudados ao longo do ciclo de cultivo para a característica massa seca do bulbo. Assim, da mesma forma como foi feito para a massa seca da parte aérea, para compreender os efeitos dos fatores estudados foram construídos gráficos de acúmulo de massa seca do bulbo ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas.

O nitrogênio influenciou marcadamente o crescimento dos bulbos de cebola, com elevação da massa seca de bulbos em cada data de coleta com o incremento nas doses de nitrogênio (Figura 42). As doses de 100 e 150 $kg\ ha^{-1}$ de N tiveram desempenho bastante similar durante o ciclo de desenvolvimento das plantas até os 150 DAS.

Acúmulo de massa
seca (mg planta^{-1})

70 DAS
N0 - a
N50- ab
N100 - b
N150 - ab

90 DAS
N0 - ab
N50- a
N100 - b
N150 - ab

110 DAS
N0 - b
N50- a
N100 - a
N150 - a

130 DAS
N0 - c
N50- b
N100 - a
N150 - a

150 DAS
N0 - c
N50- b
N100 - a
N150 - a

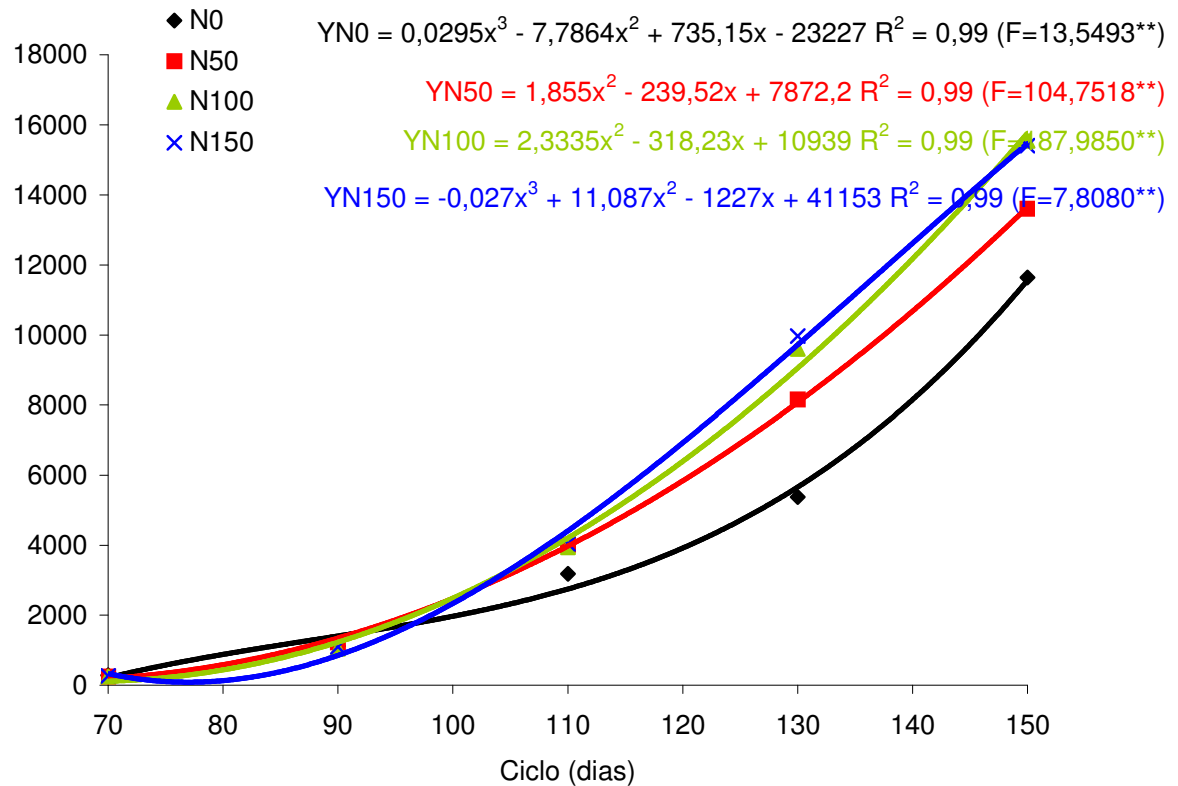


Figura 42. Acúmulo de massa seca de bulbos de plantas de cebola no decorrer do ciclo, em função da dose de nitrogênio aplicada. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

O início de bulbificação somente foi observado para todos os tratamentos a partir dos 70 DAS.

O potássio não influenciou tanto a expressão da característica, não se observando diferenças entre as curvas de crescimento de bulbos para todas as doses estudadas, com exceção da testemunha sem aplicação de potássio que teve um acúmulo de massa seca de bulbos abaixo dos demais, a partir dos 70 DAS (Figura 43).

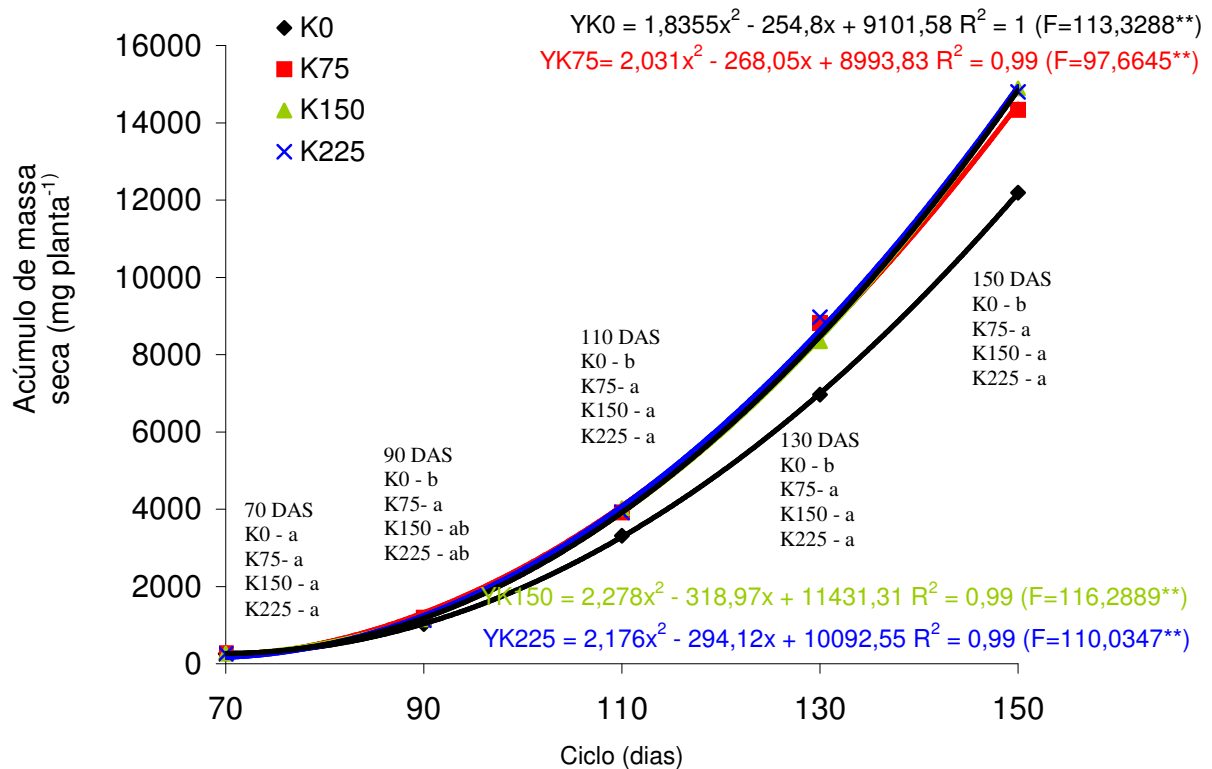


Figura 43. Acúmulo de massa seca do bulbo de plantas de cebola no decorrer do ciclo, em função da dose de potássio aplicada. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Os maiores acúmulos da massa seca de bulbos foram observados para as menores populações de plantas (60 e 76 pl m⁻²), e acúmulos semelhantes para as populações de 92 e 108 pl m⁻² (Figura 44), explicando o porquê da maior massa do bulbo alcançada nas menores populações de plantas.

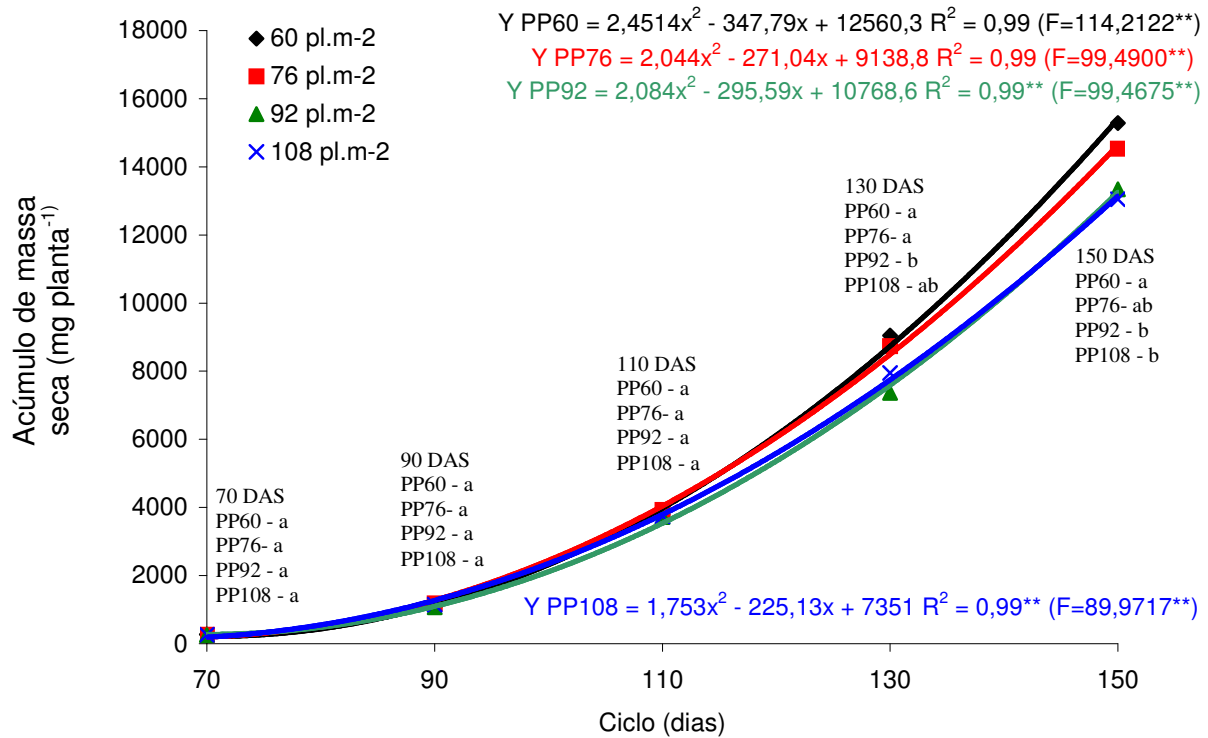


Figura 44. Acúmulo de massa seca do bulbo de plantas de cebola no decorrer do ciclo, em função da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

4.5 Produtividade de bulbos

Houve efeito significativo de doses de nitrogênio e doses de potássio isoladamente, não havendo efeito de cultivares e da população de plantas sobre a produtividade da cebola. Também foi constatada interação significativa dos fatores doses de nitrogênio e doses de potássio com o fator cultivares (Tabela 7).

Tabela 7. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para a produtividade, segundo os fatores avaliados. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Fatores	Produtividade
Cultivares (Cv)	2,8735 ns
Nitrogênio (N)	350,0458**
Potássio (K)	15,6064**
População (PP)	2,3700 ns
Cv x N	5,5632**
Cv x K	2,7800*
Cv x PP	1,2236 ns
N x K	1,1523 ns
N x PP	1,2984 ns
K x PP	0,7619 ns
Desvios	1,1414 ns
CV (%)	22,21

ns, *, **: respectivamente, não significativo a 5% de probabilidade, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F.

Para melhor interpretar os resultados obtidos para a produtividade das cultivares de cebola e expressá-las numa combinação de doses N e K foram construídas superfícies de respostas. Para as duas cultivares, o efeito da aplicação de nitrogênio foi mais expressivo sobre a produtividade do que o do potássio (Figuras 45 a 48) uma vez que a inclinação da superfície foi muito mais acentuada com o incremento de N.

As máximas produtividades obtidas neste trabalho, 72,02 t ha⁻¹ para a ‘Optima’ e 78,91 t ha⁻¹ para a ‘Superex’, foram superiores àquelas tradicionalmente obtidas pelos produtores de São José do Rio Pardo, no sistema de transplante de mudas, que está ao redor de 45 t ha⁻¹ de bulbos⁴ e aquelas alcançadas no estado de São Paulo com o sistema de semeadura direta, 36 t ha⁻¹ (VILELA et al., 2002). A máxima produtividade alcançada em 2004 em sistema de semeadura direta em São José do Rio Pardo foi 63 t ha⁻¹ de bulbos⁵.

⁴ Breda Junior, J. M. (Cooperativa dos Cafeicultores de Guaxupé – Filial São José do Rio Pardo) Informação Pessoal, 2005.

⁵ Breda Junior, J. M. (Cooperativa dos Cafeicultores de Guaxupé – Filial São José do Rio Pardo) Informação Pessoal, 2005.

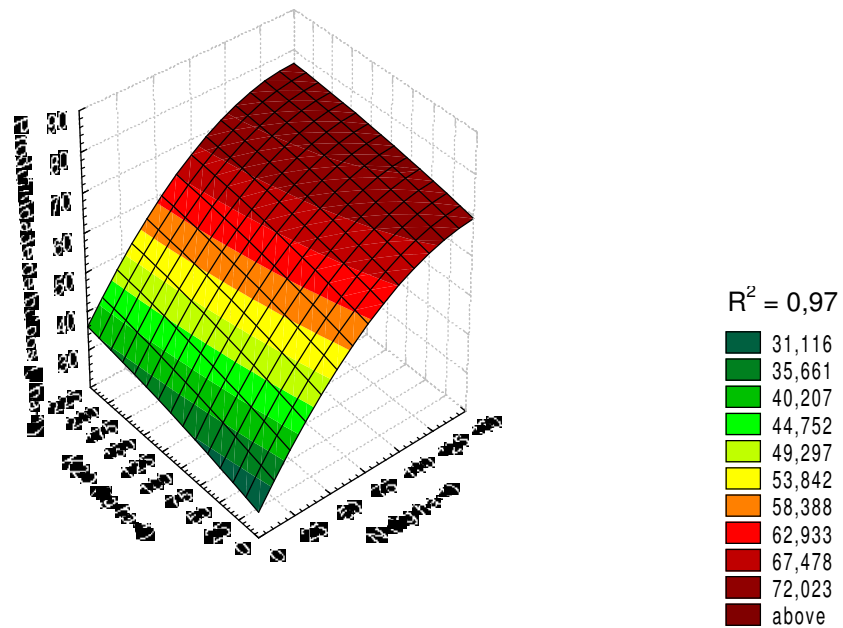


Figura 45. Superfície de resposta para a produtividade total da cultivar Optima em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

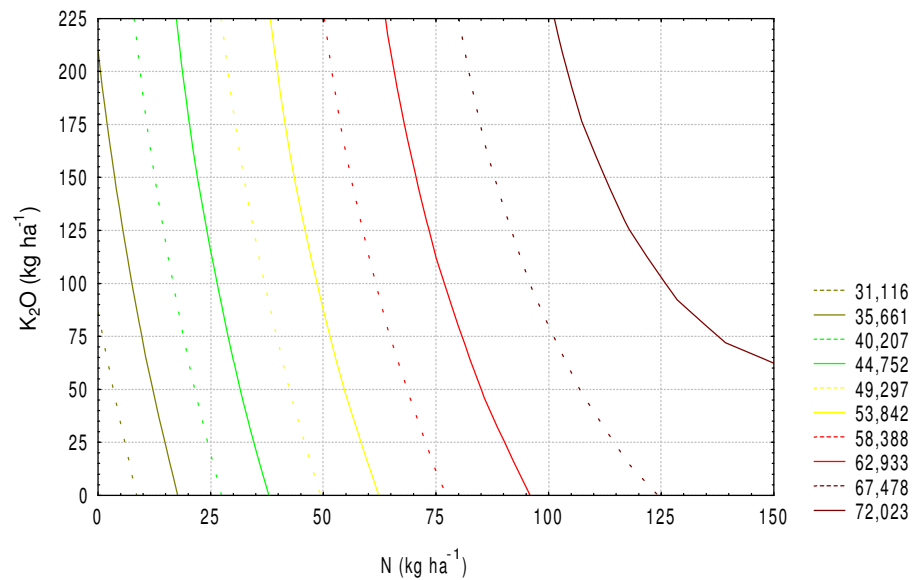


Figura 46. Isolinhas da superfície de resposta para a produtividade total da cultivar Optima em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Conforme as isolinhas da superfície de resposta (Figuras 47 e 49) para uma mesma produtividade existem inúmeras combinações N x K possíveis. Observa-se também que, considerando 90% da produtividade máxima, há redução significativa das doses de N e K necessárias. Neste sentido, para se obter 64,8 t ha⁻¹ de bulbos na cultivar Optima (90% da produção total), se não for realizada a aplicação de potássio, são necessários 105 kg ha⁻¹ de N. Para a cultivar Superex, objetivando 90% da produtividade máxima (71 t ha⁻¹), com zero de potássio, deve-se aplicar 125 kg ha⁻¹ de N. Assim, há redução de 30 e 17% na necessidade de fertilizantes, respectivamente para a 'Optima' e 'Superex', com pequena diminuição na produtividade almejada, além de dispensar a aplicação de K, para as condições de fertilidade original do solo estudado, cujo teor de nutriente obtido na análise de solo era ao redor de 1,4 mmol_c dm⁻³. Embora este teor de K no solo seja considerado médio por TRANI et al. (1996) na proposta de adubação para a cultura da cebola, observa-se nas Figuras 46 e 48, que o incremento na produtividade da cultura em resposta ao aumento nas doses de potássio foi pequeno, quando comparado ao N.

MAIER et al. (1990) relatam que, para a obtenção de 95% da produção máxima (70 a 80 t ha⁻¹), a aplicação de N deve estar entre 299 e 358 kg ha⁻¹, não havendo efeito negativo sobre a produção de bulbos com doses acima de 590 kg ha⁻¹.

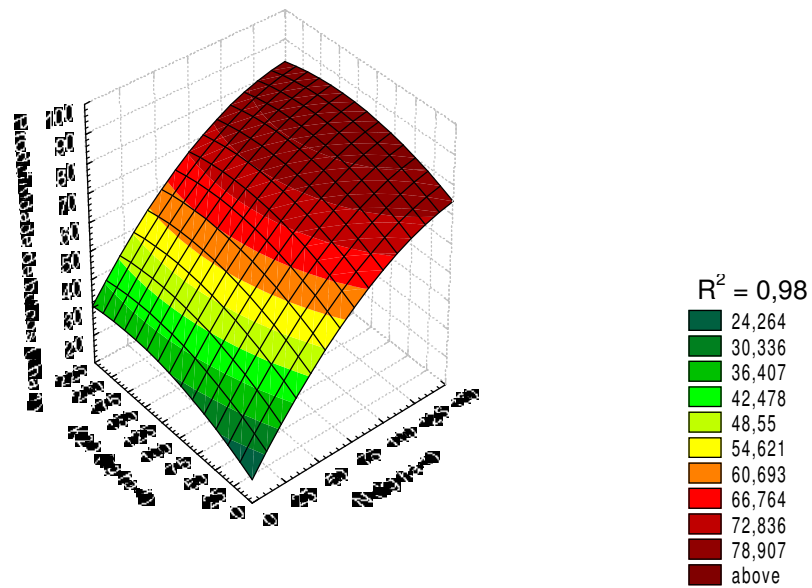


Figura 47. Superfície de resposta para a produtividade total da cultivar Superex em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

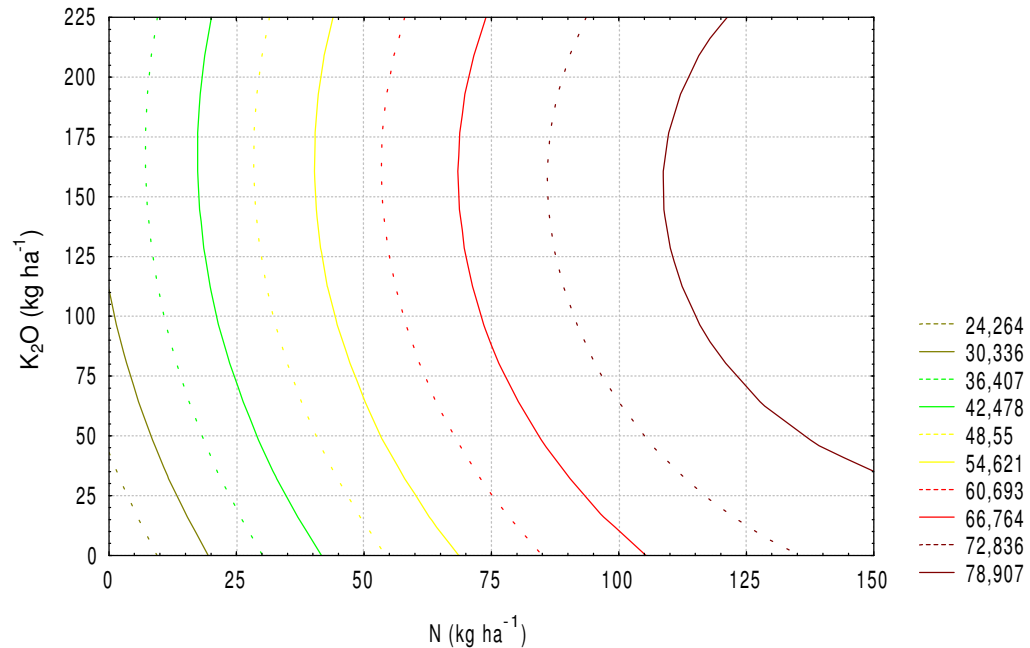


Figura 48. Isolinhas da superfície de resposta para a produtividade total da cultivar Superex em função doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Considerando a isolinha de produtividade de $67,48 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos para a 'Optima', seria suficiente a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N e 76 kg ha^{-1} de K_2O . No entanto para se obter a produtividade máxima da cultivar ($72,02 \text{ t ha}^{-1}$) aplicando-se a mesma quantidade de N (100 kg ha^{-1}), seriam necessários cerca de 225 kg ha^{-1} de K_2O . Contudo, a produtividade máxima poderia ser alcançada, também, com a aplicação de 125 kg ha^{-1} de N e 103 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 46). Para a 'Superex', considerando o mesmo raciocínio, para obter $72,83 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos, seria suficiente a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N e 62 kg ha^{-1} de K_2O . No entanto, conforme a Figura 48, mesmo com aplicação da máxima dose de K estudada (225 kg ha^{-1} de K_2O), associado a 100 kg ha^{-1} de N, a produtividade máxima para a cultivar Superex ($78,91 \text{ t ha}^{-1}$) não seria alcançada, sem alteração na quantidade aplicada de N. Entretanto, com a aplicação da mesma quantidade de K (62 kg ha^{-1} de K_2O) e 28 kg ha^{-1} de N, a produtividade seria a máxima.

Para a cultivar 'Optima', diferentes combinações N: K_2O (entre elas 105:0; 88:75; 77:150 e 70:225 kg ha^{-1}), possibilitam obter $64,8 \text{ t ha}^{-1}$ (90% da máxima) para a cultivar Optima. Para a cultivar Superex, diferentes combinações N: K_2O (entre elas 125:0; 90:75; 80:150 e 87:225 kg ha^{-1}), possibilitam obter 71 t ha^{-1} (90% da máxima).

A grande influência do nitrogênio sobre a produtividade de bulbos está relacionada ao maior crescimento vegetativo verificado nas plantas fertilizadas com altas doses do nutriente. A maior altura de plantas (Figura 1), número de folhas (Figura 3) e massa seca da parte aérea avaliadas aos 110 DAS (Figura 8) proporcionaram às plantas fertilizadas maior capacidade de produção de fotoassimilados, refletindo na produtividade de bulbos.

Embora aos 150 DAS a massa seca da parte aérea tenha sido a mesma entre as doses de N (Figura 39), não houve reflexo em produtividade, uma vez que o acúmulo de MSPA no início da bulbificação (aos 70 DAS - Figura 49) passou a ser menor quanto mais baixa foi a dose de N aplicada. Assim, na condição de ausência de fertilização, os bulbos tiveram crescimento prejudicado, uma vez que a parte aérea não tinha

capacidade fotossintética ativa para fornecer fotoassimilados para os bulbos, resultando em baixa produtividade das plantas submetidas a essas condições, mesmo que a MSPA aos 150 DAS tenha sido semelhante às plantas fertilizadas, pois foi necessário um desenvolvimento contínuo da parte aérea ao longo do ciclo para que houvesse resposta à fertilização nitrogenada.

Os valores preditos no ponto crítico para a 'Optima' e 'Superex' para a característica produtividade estão acima da faixa de fertilização estudada em razão do tipo de ponto crítico (máximo). Supõem-se, portanto, que possa existir alguma resposta dessas cultivares quando fertilizadas em níveis superiores ao estudado (Tabelas 1A e 2A).

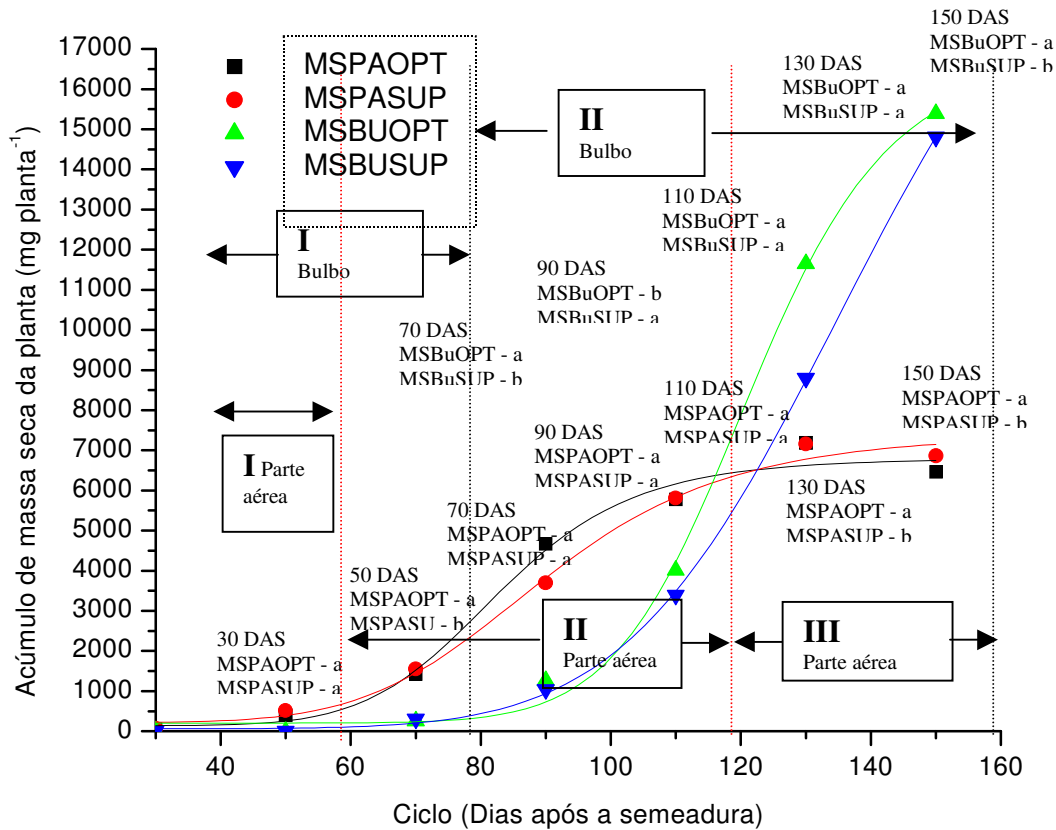
A população de plantas não influenciou a produtividade de bulbos. Atribui-se a esse resultado o efeito compensatório da massa do bulbo, ou seja, com redução da população de plantas houve incrementos na massa do bulbo (Figuras 29 e 31), não alterando a produtividade.

Considerando-se que as doses de N necessárias para obter 90% da máxima produção foram 105 e 125 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, para as cultivares Optima (Figura 46) e Superex (Figura 48), e que a massa do bulbo preferido no mercado, atualmente, é de 150 g; então, deve-se plantá-las nas populações de 66 e 76 pl m⁻², respectivamente (Figuras 29 e 31).

A população de plantas obtida como sendo a mais adequada para a cultivar Superex, visando 90% da máxima produtividade conjugada com massa do bulbo mais próxima da preferência do mercado consumidor (SILVA et al., 1991), foi maior do que aquela obtida para a cultivar Optima, estabelecendo as mesmas necessidades. Verifica-se, portanto, que a 'Optima' não teve a mesma capacidade produtiva da cultivar anteriormente citada, ou seja, mesmo aumentando a população de plantas para a cultivar Optima, não haverá resposta em produtividade, pois têm-se redução acentuada da massa do bulbo com o aumento do número de plantas por hectare.

A Figura 49 ilustra o desenvolvimento de cada cultivar estudada para obter 90% da produtividade máxima. As duas cultivares apresentaram crescimento bastante similar desde o início do ciclo, mostrando diferença entre as cultivares aos 50, 130 e

150 DAS, com maior acúmulo da massa seca da parte aérea para a cultivar Optima. O processo de bulbificação foi iniciado aos 70 DAS, para ambas, com crescimento intenso até a colheita, de forma exponencial. A 'Optima' apresentou maior acúmulo de massa seca no bulbo aos 150 DAS, mas sem reflexos em produtividade.



$$Y_{MSPAOPT} = 6806,25023 + (138,05775 - 6806,25023) / \left(1 + \left(\frac{x}{82,93495} \right)^{7,92725} \right)$$

$$Y_{MSPASUP} = 7433,90334 + (213,49381 - 7433,90334) / \left(1 + \left(\frac{x}{90,01983} \right)^{6,26976} \right)$$

$$Y_{MSBUOPT} = 16852,42984 + (203,66267 - 16852,42984) / \left(1 + \left(\frac{x}{121,65481} \right)^{11,36359} \right)$$

$$Y_{MSBUSUP} = 23535,9488 + (63,23953 - 23535,9488) / \left(1 + \left(\frac{x}{139,69724} \right)^{7,39188} \right)$$

$$R^2 = 0,99$$

Figura 49. Acúmulo estimado de massa seca da parte aérea e dos bulbos ao longo do tempo, sem a aplicação de K, na população de plantas de 60 pl m⁻² para as doses de 105 e 125 kg ha⁻¹ de N almejando 90% da produtividade máxima, respectivamente para as cultivares Optima e Superex, através do modelo Logístico não linear. UNESP-FCAV, Campus Jaboticabal, 2006.

O acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) apresentou três fases distintas; mas com diferenças quanto aos comprimentos das fases bem como na magnitude do acúmulo de massa, sobretudo na segunda fase, enquanto a massa do bulbo (MSBu) apresentou apenas duas fases distintas (Figura 49).

Na primeira fase da marcha de acúmulo de MSPA (Fase I) (Figura 49), houve acúmulo pequeno em relação ao máximo acumulado. O comprimento desse período para MSPA foi de 20 dias (30 a 50 DAS).

TEI et al. (1996) verificaram que o acúmulo de massa seca de cebola, em três cultivos sem limitações de água e nutrientes, foi pequeno. Observaram ao redor de 4,4 mg planta⁻¹ próximo aos 40 dias após a emergência (DAE), e ao final do ciclo, 150 DAE, o acúmulo de 31,6 g planta⁻¹.

Para a massa seca do bulbo (MSBu), a fase inicial correspondeu aos 70 DAS, caracterizada por um crescimento mais lento que o retratado para a MSPA. No entanto, a partir dos 50 e 70 DAS, para a MSPA e MSBu respectivamente, ambas as curvas apresentaram um crescimento exponencial, representada graficamente pela fase II na Figura 49. Contudo, para a MSBu essa fase, iniciada aos 70 DAS, perdurou até o final do ciclo (150 DAS). Já para a MSPA, a fase II foi até os 110 DAS, sendo seguida por uma fase de estabilização desse segmento da planta de cebola (Fase III), que se estendeu até 150 DAS, embora pôde-se observar que a 'Superex' continuou tendo um incremento suave de MSPA, mesmo após os 110 DAS, passando os valores registrados para a MSPA da 'Optima'.

A terceira fase de acúmulo de MSPA foi caracterizada por pequeno acúmulo de massa e durou 40 dias (110 a 150 DAS). Nessa fase, há praticamente supressão do crescimento da parte aérea e forte aceleração no incremento da MSBu, justificado pela perda da posição de dreno principal para o bulbo. A partir dos 110 DAS, embora esteja caracterizada dentro da Fase II do acúmulo de MSBu (fase exponencial), foram verificados as maiores taxas de incremento na massa seca desse segmento da planta para ambas as cultivares (Tabelas 8 e 9).

Nas Tabelas 8 e 9, são apresentadas as taxas de acúmulo de MSPA e MSBu e massa seca da planta toda (somatório da MSPA e MSBu) para as cultivares Optima e Superex.

Tabela 8. Taxa de acúmulo de massa seca na parte aérea, no bulbo e total (parte aérea + bulbo) em cebola 'Optima', sem a aplicação de K, na população de plantas de 60 pl m⁻², para a dose de 105 kg ha⁻¹ de N almejando 90% da produtividade máxima. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Período (DAS)	Parte aérea			Bulbo			Total		
	mg planta ⁻¹	mg planta ⁻¹ dia ⁻¹	g ha ⁻¹ dia ⁻¹	Mg planta ⁻¹	mg planta ⁻¹ dia ⁻¹	g ha ⁻¹ dia ⁻¹	mg planta ⁻¹	mg planta ⁻¹ dia ⁻¹	g ha ⁻¹ dia ⁻¹
0-30	147,33	4,91	579,50	0,00	0,00	0,00	147,33	4,91	579,50
30-50	278,28	6,55	115,89	212,81	10,64	188,34	491,09	17,19	304,23
50-70	1456,91	58,93	1043,09	212,81	0,00	0,00	1669,72	58,93	1043,09
70-90	4599,90	157,15	2781,55	802,12	29,47	521,54	5402,02	186,62	3303,09
90-110	6171,40	78,58	1390,78	4403,47	180,07	3187,19	10574,87	258,64	4577,97
110-130	6629,75	22,92	405,64	11606,16	360,13	6374,38	18235,91	383,05	6780,02
130-150	6760,71	6,55	115,90	15469,40	193,16	3418,97	22230,11	199,71	3534,87

Tabela 9. Taxa de acúmulo de massa seca na parte aérea, no bulbo e total (parte aérea + bulbo) em cebola 'Superex', sem a aplicação de K, na população de plantas de 60 pl m⁻², para a dose de 125 kg ha⁻¹ de N almejando 90% da produtividade máxima. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Período (DAS)	Parte aérea			Bulbo			Total		
	mg planta ⁻¹	mg planta ⁻¹ dia ⁻¹	g ha ⁻¹ dia ⁻¹	mg planta ⁻¹	mg planta ⁻¹ dia ⁻¹	g ha ⁻¹ dia ⁻¹	mg planta ⁻¹	mg planta ⁻¹ dia ⁻¹	g ha ⁻¹ dia ⁻¹
0-30	147,33	4,91	579,50	0,00	0,00	0,00	147,33	4,91	579,50
30-50	409,24	13,10	231,79	212,81	10,64	188,34	622,05	23,74	420,13
50-70	1456,91	52,38	927,19	212,81	0,00	0,00	1669,72	52,38	927,19
70-90	3876,63	120,99	2141,45	998,55	39,29	695,38	4875,18	160,27	2836,83
90-110	5844,00	98,37	1741,12	3552,24	127,68	2260,02	9396,24	226,05	4001,14
110-130	6760,70	45,84	811,28	8659,60	255,37	4520,01	15420,30	301,20	5331,29
130-150	7219,06	22,92	405,65	14814,64	307,75	5447,21	22033,70	330,67	5852,86

Para a MSPA da 'Optima' (Tabela 8), a maior taxa de acúmulo de massa seca ocorreu de 70 a 90 DAS, sendo acumulado 157,15 mg planta⁻¹ dia⁻¹ de MSPA, o que correspondeu a 68% do total acumulado na parte aérea da cebola. E para a 'Superex'

(Tabela 9), no mesmo período, a taxa de acúmulo foi de $120,99 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de MSPA, o que correspondeu a 53,7% do total acumulado na parte aérea da cebola.

No bulbo, o período de maior acúmulo de massa seca foi de 110 a 130 DAS, para a 'Optima' e de 130 a 150 DAS para a 'Superex' (Tabela 8 e 9). A 'Optima' apresentou menor taxa de acúmulo de MSBu na fase inicial (70 a 90 DAS), $29,47 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, comparada com a 'Superex', $39,29 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. No entanto, a partir dos 90 DAS até os 130 DAS, a 'Optima' apresentou maiores taxas de acúmulo comparada a outra cultivar, mas a partir dos 130 DAS, a 'Superex' apresentou valores acumulados superiores ($307,75 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$).

Na massa seca da planta toda, a massa seca do bulbo contribuiu com 70 e 67% para a 'Optima' e 'Superex', respectivamente, entre os 130 e 150 DAS.

4.6 Classificação de bulbos

Os fatores avaliados afetaram significativamente a porcentagem da produção de bulbos classificada como Classe 0. Também se constatou significância da interação entre os fatores doses de nitrogênio e população de plantas (Tabela 10).

Tabela 10. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para porcentagem da produção de bulbos na Classe 0 (<15 mm), segundo os fatores avaliados. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Fatores	Classe 0
Cultivares (Cv)	5,2856*
Nitrogênio (N)	83,2769**
Potássio (K)	5,9977**
População (PP)	14,1422**
Cv x N	0,0608 ns
Cv x K	1,4343 ns
Cv x PP	0,9035 ns
N x K	1,3128 ns
N x PP	2,2699 *
K x PP	1,8284 ns
Desvios	1,5969 ns
CV (%)	98,68

ns, *, **: respectivamente, não significativo a 5% de probabilidade, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F.

As cultivares Optima e Superex produziram 13,15 e 10,75% dos bulbos distribuídos na Classe 0, respectivamente. Em quase a totalidade dos casos, a presença de grandes quantidades de bulbos dessa classificação é descontada no valor total pago ao produtor.

A aplicação de potássio reduziu significativamente a quantidade de bulbos distribuídos na Classe 0 até a dose de 150 kg ha⁻¹ de K₂O, com pequeno crescimento entre esta dose e 225 kg ha⁻¹ de K₂O. Isso demonstra que este nutriente contribuiu para a melhoria da qualidade dos bulbos, proporcionando uma redução da quantidade destes classificados como “refugo”. A aplicação de quantidades maiores de potássio pode promover um resultado contrário ao reportado, embora tenham ocorrido pequenos incrementos na quantidade de refugo com a aplicação de doses superiores a 150 kg ha⁻¹ de K₂O, denunciando algum efeito não benéfico quando em altas doses (Figura 50).

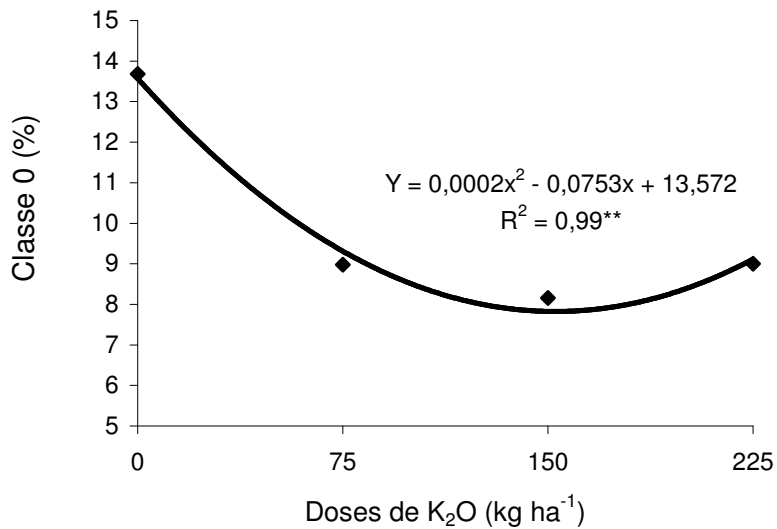


Figura 50. Porcentagem da produção de bulbos de cebola classificada como Classe 0 em função da dose de potássio. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Nas Figuras 51 a 54 observa-se que a aplicação de nitrogênio tende a reduzir as quantidades produzidas de bulbos distribuídos na Classe 0, mesmo nas mais altas populações de plantas. No entanto, as menores percentagens de Classe 0 apresentadas foram obtidas com menores populações de plantas combinadas às altas doses de nitrogênio. As maiores percentagens de bulbos Classe 0 foram observadas na cultivar Optima (29,4%), com valor 26,6% superior à 'Superex' (23,2%) para a máxima produção de bulbos nessa categoria. Pode ser observado que o nitrogênio foi mais efetivo na redução das quantidades produzidas de bulbos da Classe 0 do que a população de plantas. Isto foi observado, principalmente na cultivar Optima pois, quando se fez a aplicação de altas doses de N (150 kg ha⁻¹), a variação na porcentagem de bulbos na Classe 0 foi pequena mediante a alteração na população de plantas. Por outro lado, essa diferença foi grande quando se reduziu a dose de N aplicada (Figura 52).

As menores percentagens de bulbos Classe 0 (2,9%) foram obtidas, para a cultivar Optima (Figura 52), com aplicação de 115 kg ha⁻¹ de N e 108 plantas m⁻² até

150 kg ha⁻¹ de N com mais de 103 pl m⁻², ou entre as doses de 50 a 150 kg ha⁻¹ de N combinadas com população de plantas de 60 a 70 pl m⁻². Já para a cultivar Superex (1,3%), os menores valores foram alcançados para doses de N superiores a 85 kg ha⁻¹ combinadas com população de plantas de 60 e 80 pl m⁻².

Comparando os resultados obtidos para a característica Classe 0 (%) com aqueles anteriormente relatados para a massa do bulbo, verificou-se uma grande coerência, uma vez que as maiores massas do bulbo foram observadas nas menores populações de plantas.

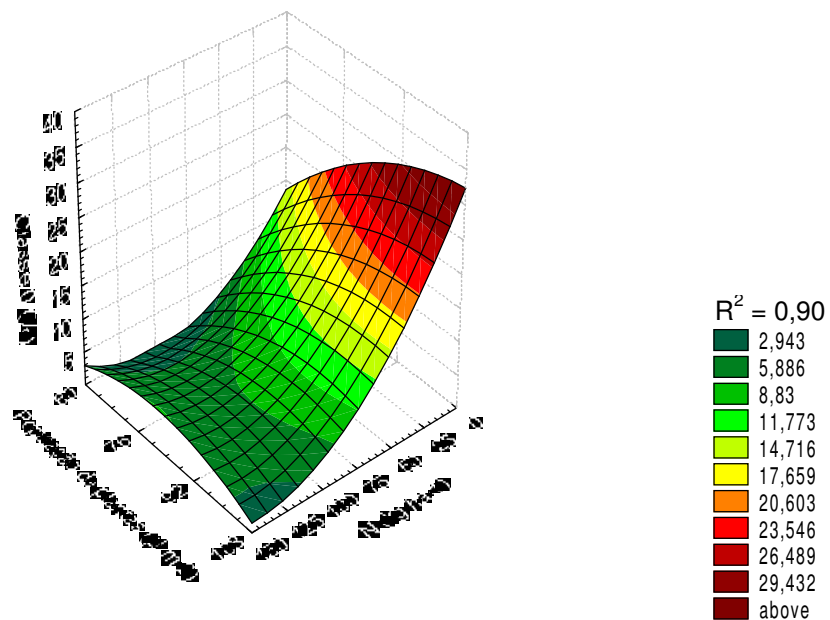


Figura 51. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 0, em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

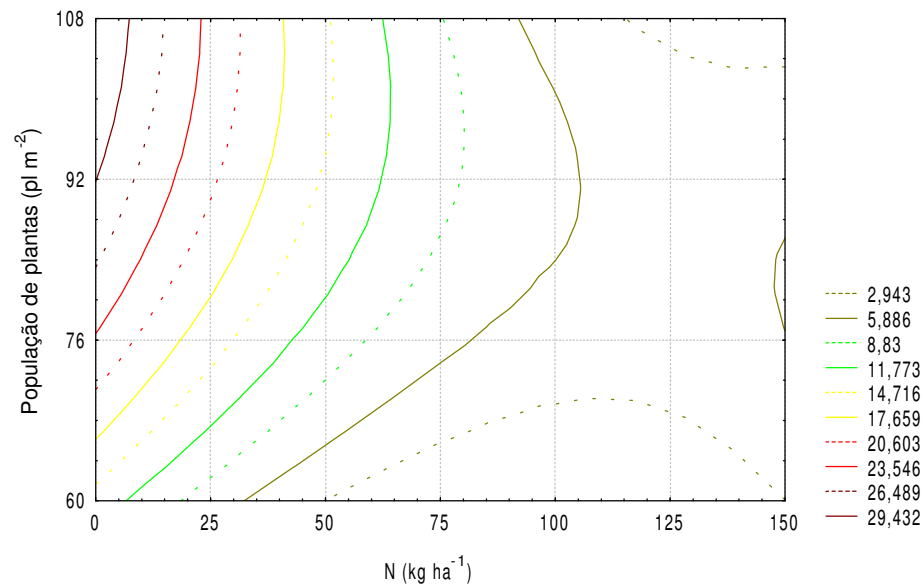


Figura 52. Isolinhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 0, em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

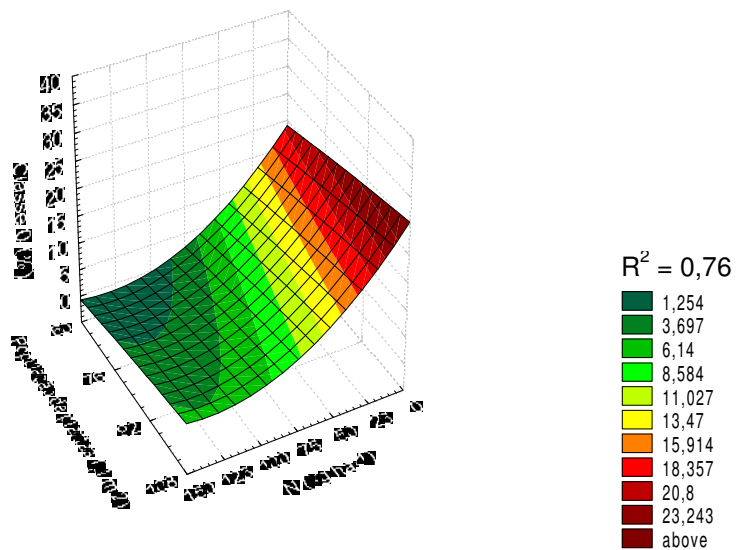


Figura 53. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 0, em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

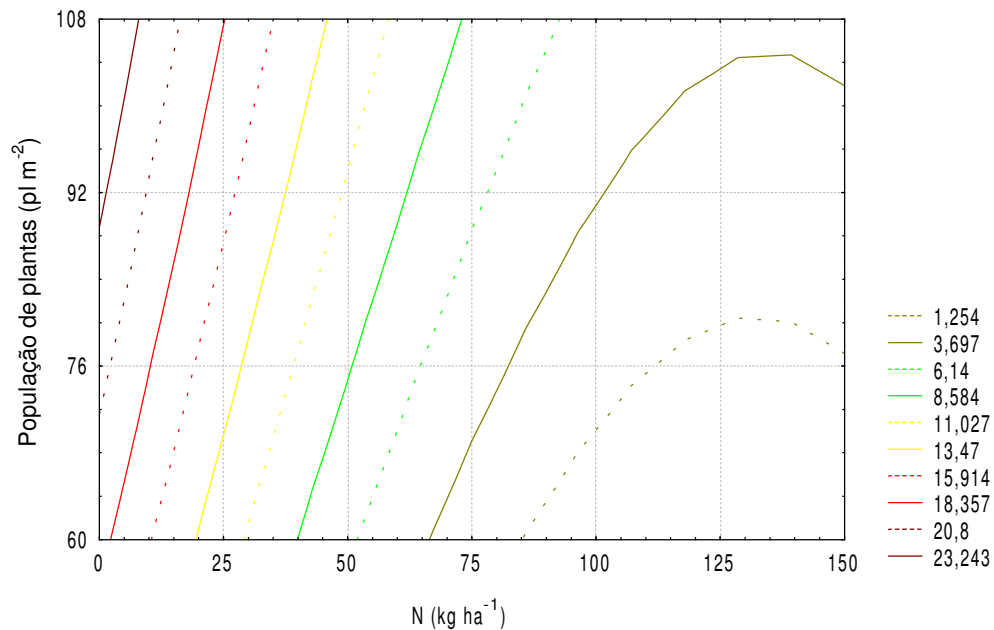


Figura 54. Isolínhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 0, em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Como os bulbos distribuídos na Classe 0 são considerados não comerciais, deve-se descontar do total de bulbos produzidos o montante referente a esta classificação. Considerando 90% da produtividade máxima de bulbos com a referida dose de nitrogênio e a população de plantas adequada para cada cultivar (Optima: 64,8 t ha⁻¹; 105 kg ha⁻¹ de N e 60 pl m⁻²; Superex: 71 t ha⁻¹; 125 kg ha⁻¹ de N e 74 pl m⁻²), pode-se estimar a quantidade produzida de bulbos distribuídos na classe não comercial (Classe 0) através das equações das regressões múltiplas listadas nas tabelas contidas no item Anexo. Nas condições acima citadas, a 'Optima' não produziria bulbos da classe Classe 0 e a 'Superex' teria 0,57% de bulbos na classificação, o que praticamente não alteraria a produtividade estimada. Assim, nas condições consideradas de fertilização e população de plantas para cada cultivar, a produtividade de bulbos total e a produtividade comercial de bulbos são praticamente as mesmas.

Na Tabela 11 são apresentados os resultados da análise de variância para a porcentagem de bulbos na Classe 1. Com exceção do fator cultivares todos os demais tiveram efeitos, isoladamente, significativos. Houve interação altamente significativa entre os fatores cultivares e doses de nitrogênio e doses de nitrogênio e doses de potássio.

Tabela 11. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para porcentagem da produção de bulbos na Classe 1 (15 a 35 mm), segundo os fatores avaliados. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Fatores	Classe 1
Cultivares (Cv)	0,0005 ns
Nitrogênio (N)	82,2088 **
Potássio (K)	3,8726 **
População (PP)	23,8599 **
Cv x N	9,9811 **
Cv x K	0,4494 ns
Cv x PP	1,0310 ns
N x K	2,8642 **
N x PP	1,2633 ns
K x PP	1,7595 ns
Desvios	1,3309*
CV (%)	31,21

ns, *, **: respectivamente, não significativo a 5% de probabilidade, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F.

Assim como observado para a Classe 0, houve aumento da porcentagem de bulbos classificados na Classe 1 à medida que a população de plantas foi aumentada. Na maior população de plantas (108 pl m⁻²), 42% dos bulbos colhidos classificaram-se na Classe 1, sendo 33% superior ao obtido na população de 60 pl m⁻², o que demonstra, mais uma vez, que a competição entre as plantas proporcionou bulbos com menores diâmetros (Figura 55).

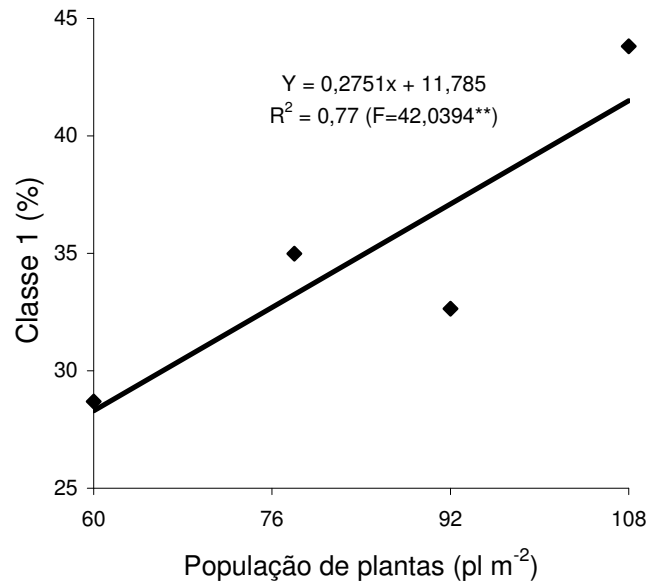


Figura 55. Porcentagem da produção de bulbos de cebola classificada como Classe 1 em função da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Em comparação às doses de nitrogênio, o fator doses de potássio influenciou pouco no percentual de Classe 1 (Figuras 56 a 59), pois, variando a dose de K_2O de 0 para 225 kg ha^{-1} , em qualquer dose de N, a variação na porcentagem da Classe 1 foi pequena. Para as duas cultivares, a aplicação de doses de N acima de 100 kg ha^{-1} reduziu a distribuição de bulbos na Classe 1 para valores inferiores a 30%. A cultivar Superex teve maior participação de bulbos na referida classe nas menores doses de N (56%), em comparação à 'Optima' (52%), embora os valores sejam relativamente semelhantes.

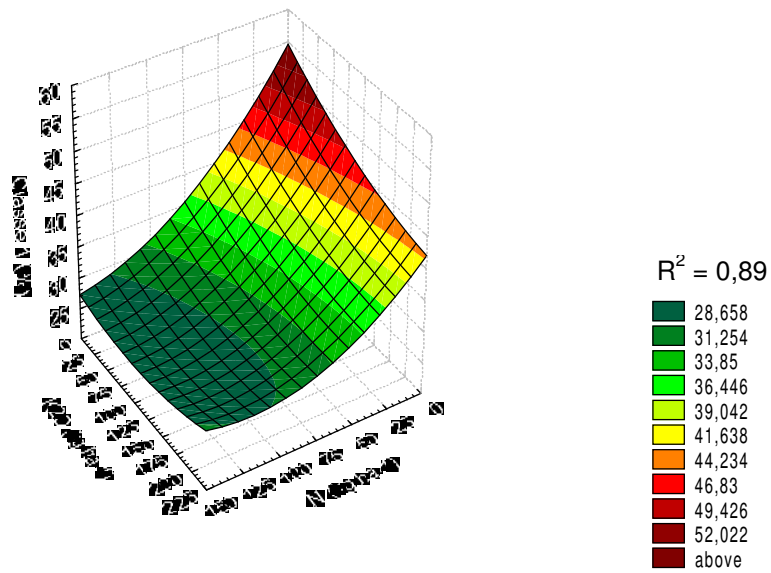


Figura 56. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 1, em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

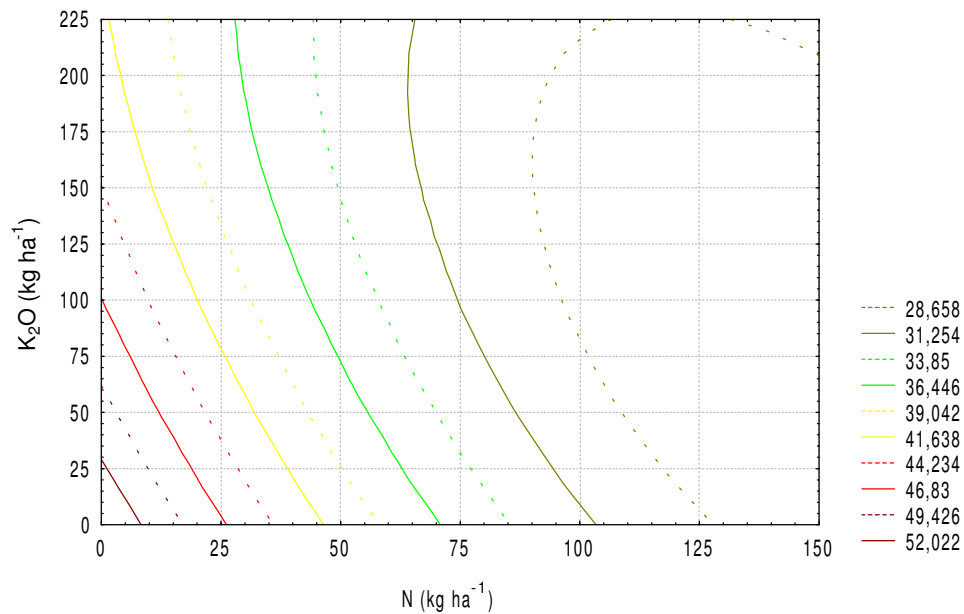


Figura 57. Isolinhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 1, em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

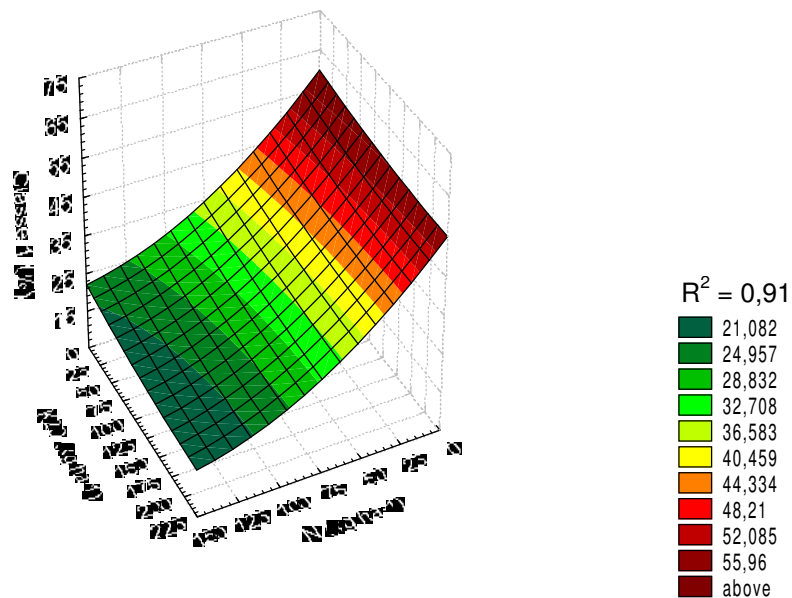


Figura 58. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 1, em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

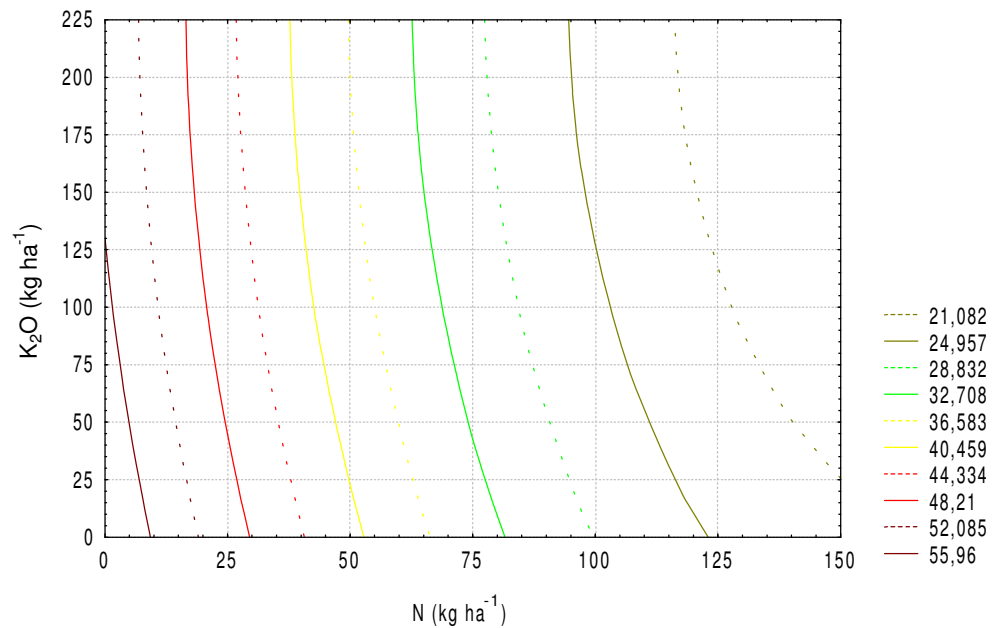


Figura 59. Isolinhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 1, em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Houve interação significativa entre os fatores cultivares e doses de nitrogênio, doses de nitrogênio e doses de potássio e para doses de nitrogênio e população de plantas na porcentagem da produção classificada na Classe 2 (Tabela 12).

Tabela 12. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para porcentagem da produção de bulbos na Classe 2 (35 a 50 mm), segundo os fatores avaliados. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Fatores	Classe 2
Cultivares (Cv)	0,9355 ns
Nitrogênio (N)	87,0615**
Potássio (K)	7,2624**
População (PP)	2,3775 ns
Cv x N	4,6446**
Cv x K	0,5664 ns
Cv x PP	0,2387 ns
N x K	4,1252**
N x PP	6,4392**
K x PP	1,5219 ns
Desvios	1,7162**
CV (%)	24,32

ns, *, **: respectivamente, não significativo a 5% de probabilidade, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F.

Foram encontrados valores altos de porcentagem de bulbos na Classe 2 (35 a 50 mm). RUMPEL & FELCZYNSKI (2000), na média de três anos de cultivo, também encontraram alta porcentagem da produção classificada nos diâmetros 40 a 60 cm quando a população de plantas foi superior a 80 plantas m^{-2} , além de incremento na classe com diâmetro menor que 40 mm e redução na quantidade de bulbos com mais de 60 mm de diâmetro. Alta porcentagem da produção com bulbo de diâmetro superior a 60 mm somente foi alcançada com 20 a 40 pl m^{-2} .

A análise das Figuras 60 a 75, que apresentam o efeito da interação dos fatores doses de nitrogênio e doses de potássio, em cada população de plantas, sobre a porcentagem da produção total de bulbos classificada como Classe 2, demonstra que o potássio pouco influenciou na expressão desta característica, ou seja, para incrementar

o percentual de classificação da produção na Classe 2 foi necessária aplicação de altas doses do potássio, para uma determinada dose de nitrogênio.

As máximas percentagens de bulbos na Classe 2 nas populações de 60, 76, 92 e 108 pl m⁻² foram 38, 47, 43 e 40%, para a 'Optima' e 40, 41, 47 e 45%, para a 'Superex'. Observa-se que a 'Optima' apresentou maior porcentagem da produção de bulbos classificada como Classe 2 sob 76 pl m⁻², enquanto a 'Superex' com 92 pl m⁻².

Nota-se, portanto, a grande quantidade de bulbos produzidos com diâmetro de 35 a 50 mm (Classe 2). Verifica-se a existência de diferença entre as cultivares para a população de plantas, que maximizou a porcentagem de bulbos na Classe 2. A cultivar Optima produziu 47% da produção classificados na Classe 2 com menor estande (76 pl m⁻²) em relação a 'Superex' (92 pl.m⁻²).

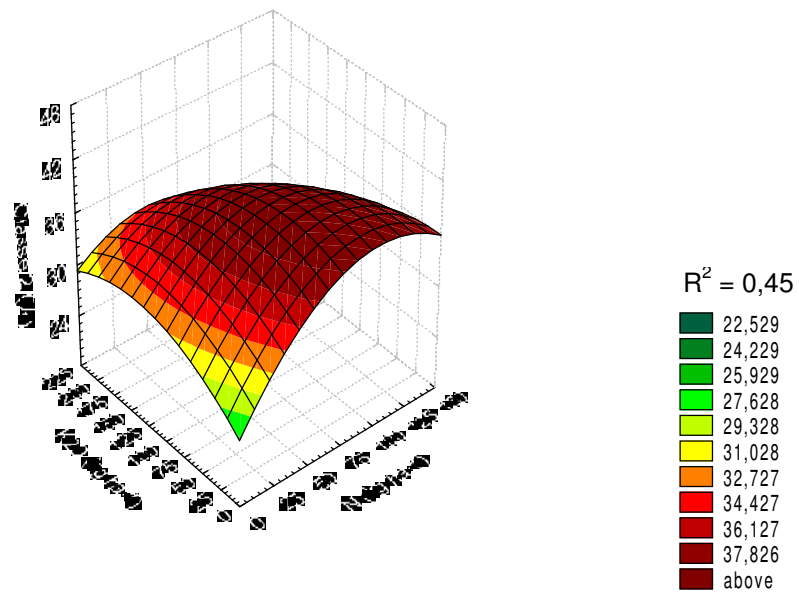


Figura 60. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 2 na população de plantas de 60 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

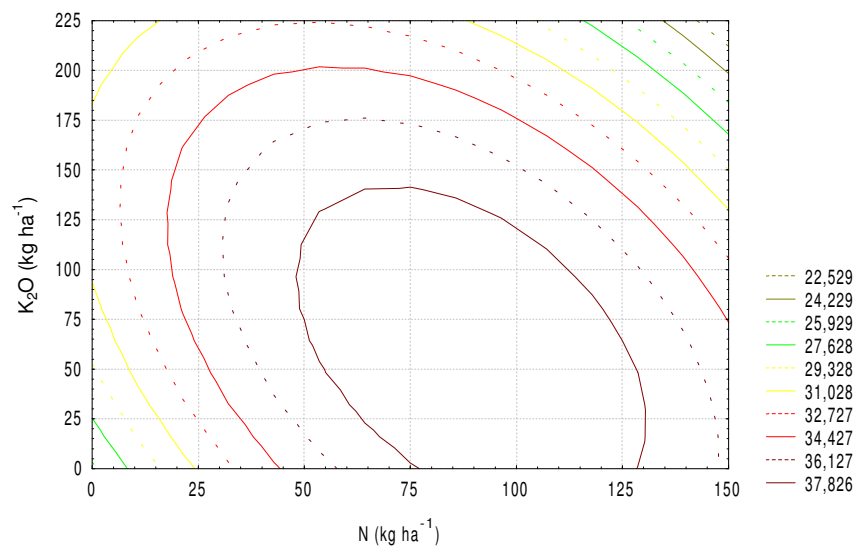


Figura 61. Isolinhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 2 na população de plantas de 60 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

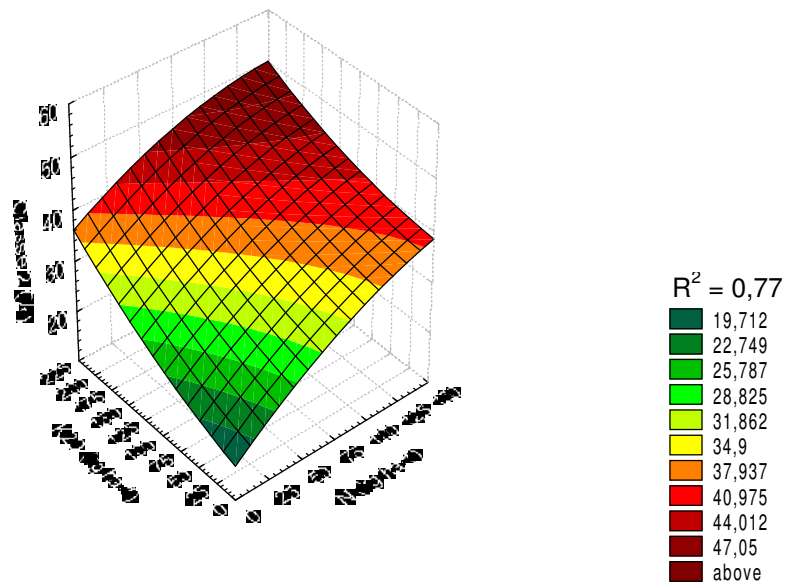


Figura 62. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 2 na população de plantas de 76 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

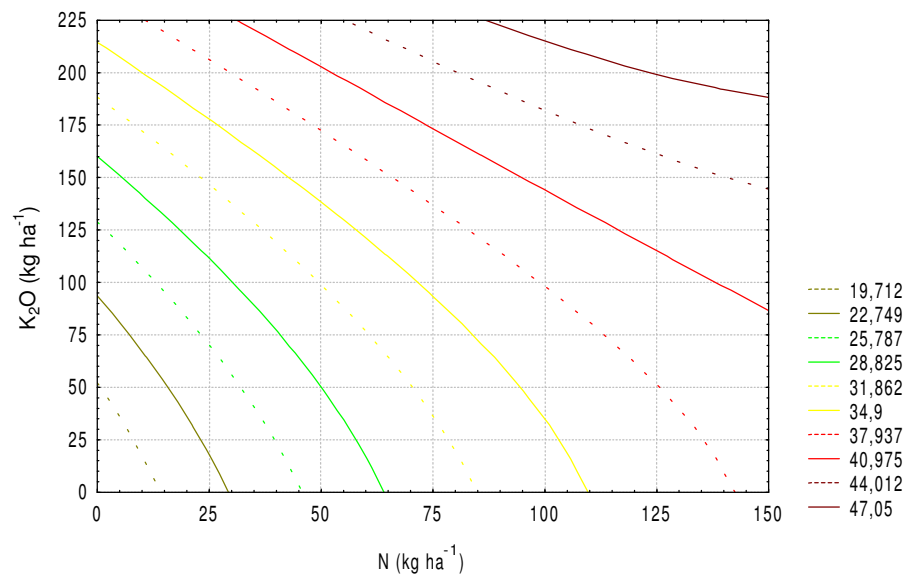


Figura 63. Isolinhas da superfície de resposta para a% Classe 2 na população de plantas de 76 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio aplicadas para a cultivar Optima. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

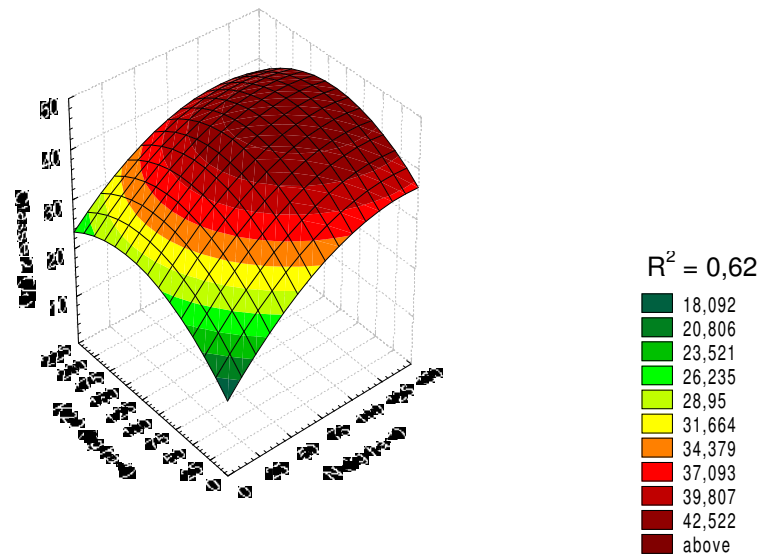


Figura 64. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 2 na população de plantas de 92 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

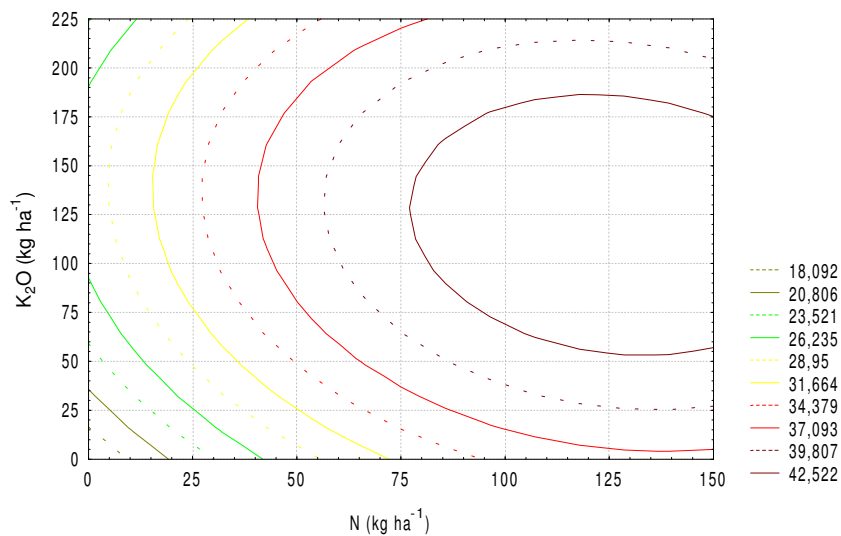


Figura 65. Isolinhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 2 na população de plantas de 92 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

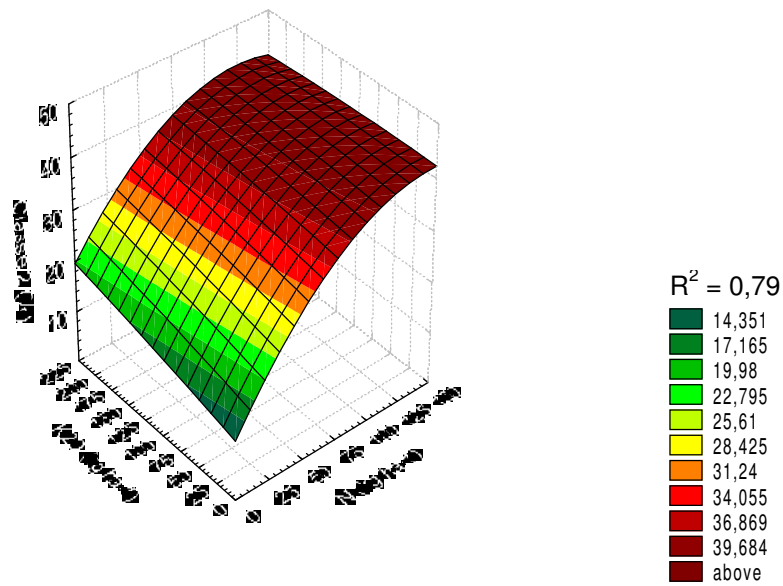


Figura 66. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 2 na população de plantas de 108 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

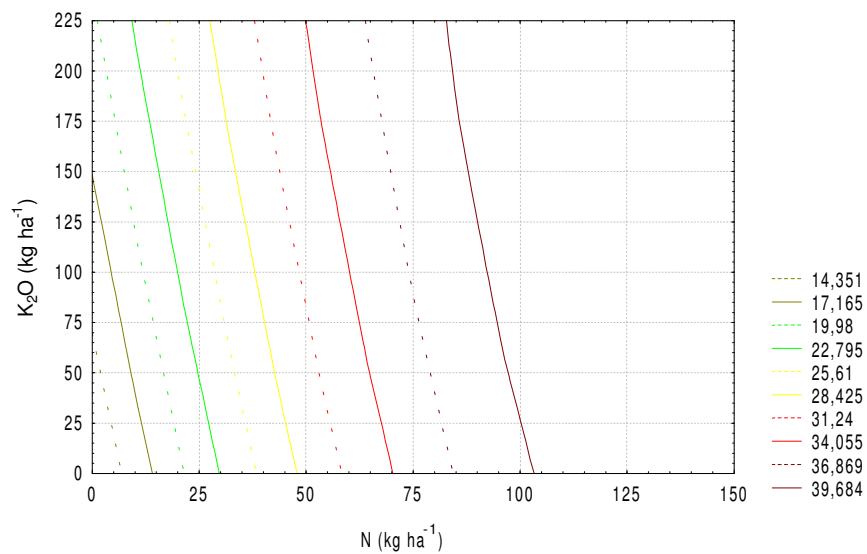


Figura 67. Isolinhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 2 na população de plantas de 108 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

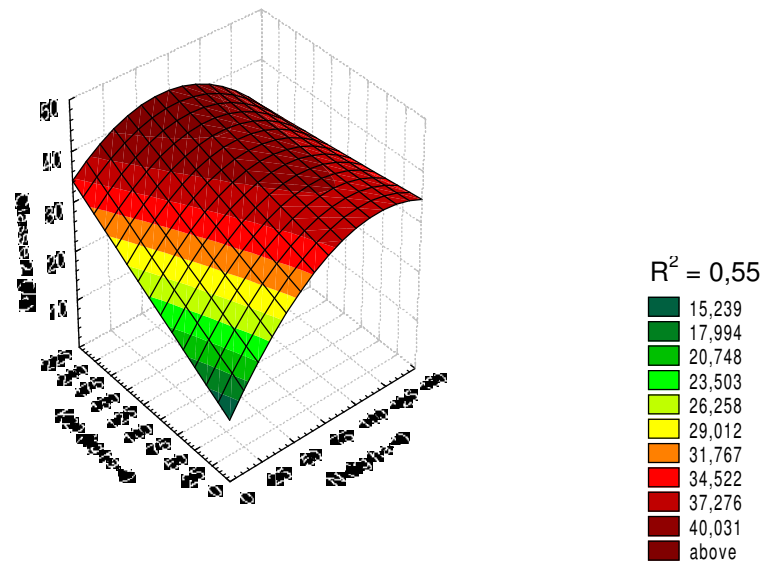


Figura 68. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 2 na população de plantas de 60 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

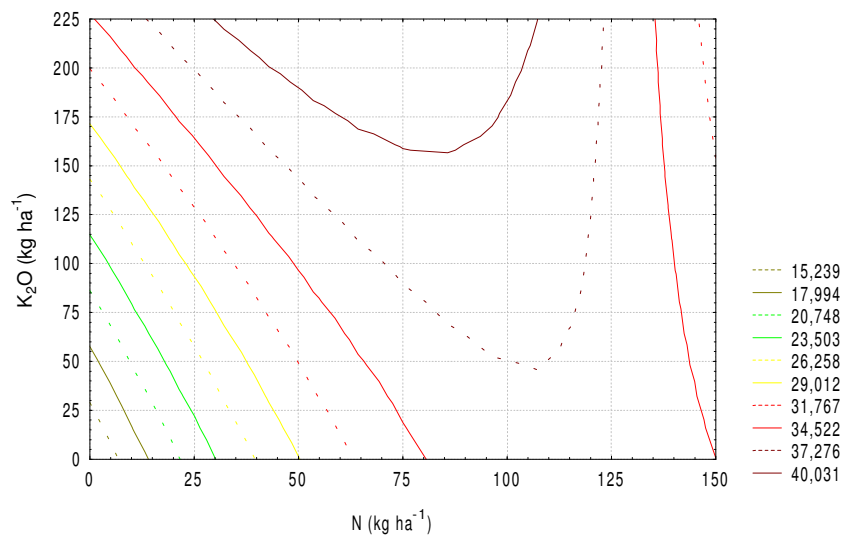


Figura 69. Isolinhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 2 na população de plantas de 60 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

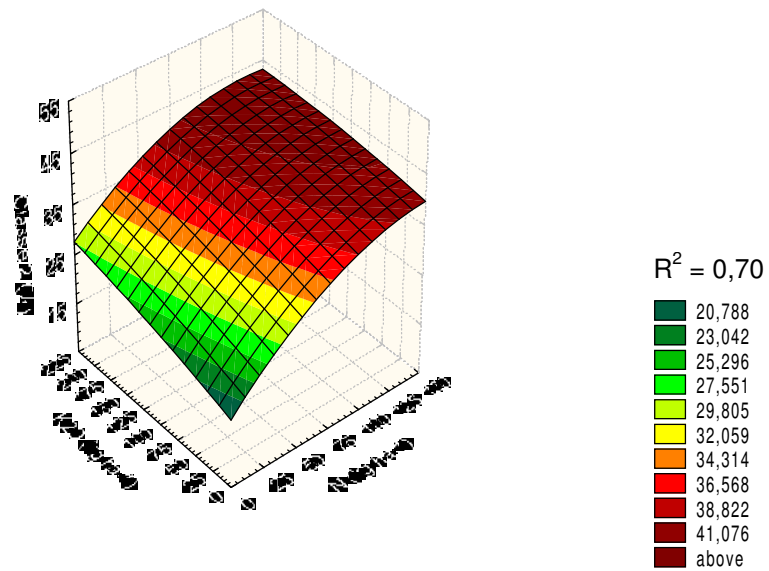


Figura 70. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 2 na população de plantas de 76 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

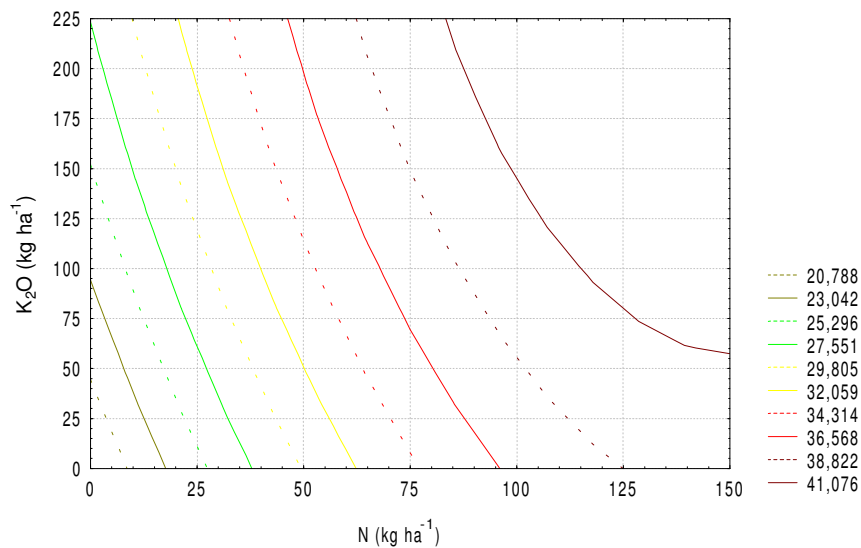


Figura 71. Isolinhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 2 na população de plantas de 76 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

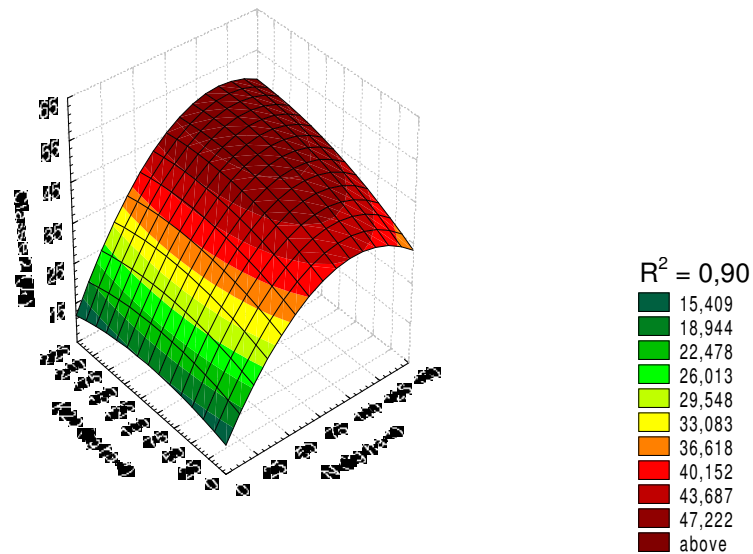


Figura 72. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 2 na população de plantas de 92 pl m^{-2} em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

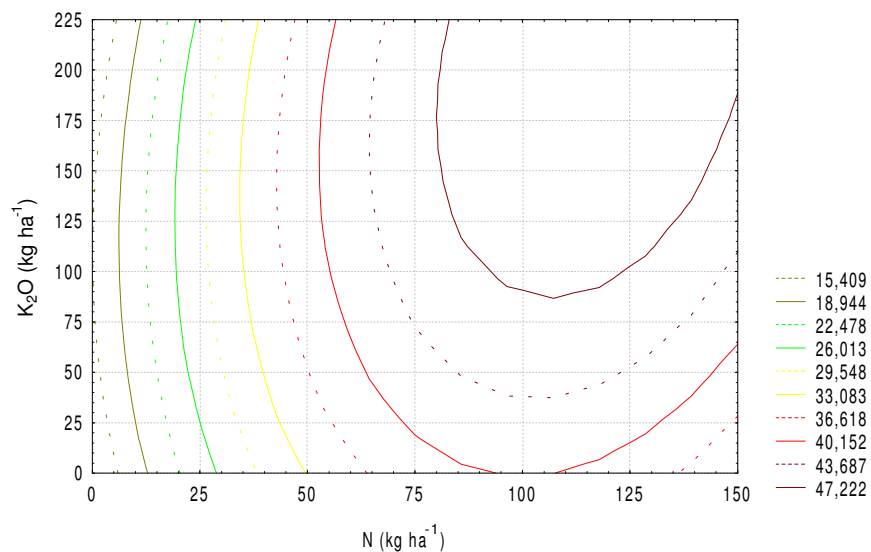


Figura 73. Isolinas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 2 na população de plantas de 92 pl m^{-2} em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

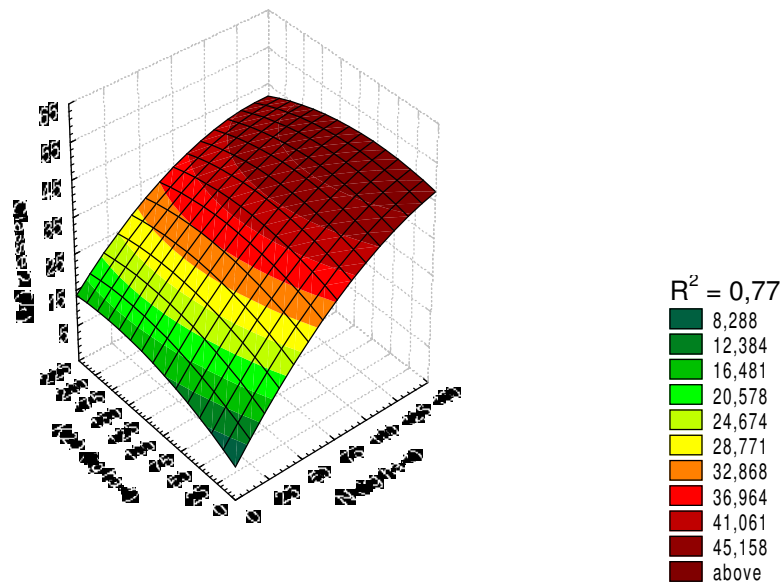


Figura 74. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 2 na população de plantas de 108 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

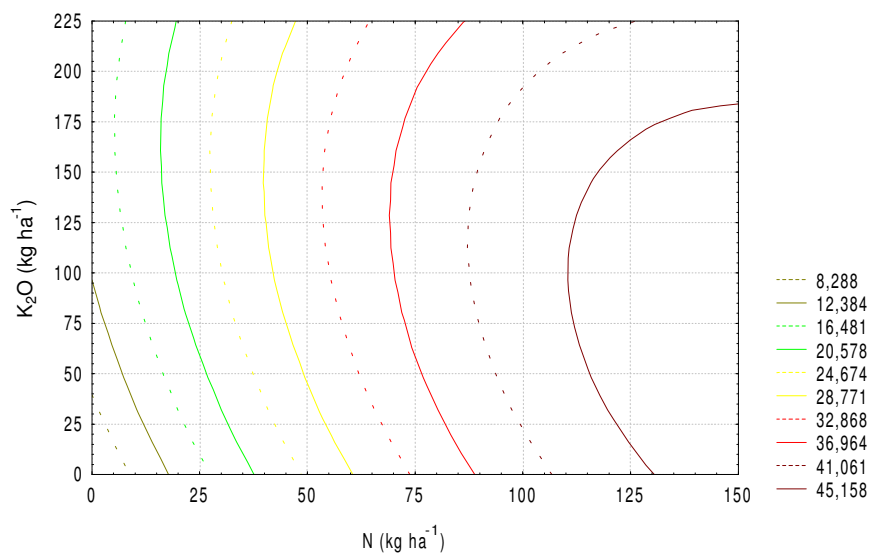


Figura 75. Isolinhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 2 na população de plantas de 108 pl m⁻² em função das doses de nitrogênio e potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

As maiores percentagens de bulbos na Classe 2 foram 40,6 e 42,5%, respectivamente para as cultivares Optima e Superex, na interação entre os fatores dose de nitrogênio e população de plantas. Para a cultivar Superex, a combinação entre os dois fatores que corresponde à máxima porcentagem de bulbos na Classe 2 para a menor dose de N possível, foi ao redor de 52 kg ha⁻¹ de N e 94 pl m⁻². No entanto, esta máxima porcentagem de bulbos também pode ser alcançada com a elevação da dose de N combinada com a redução na população de plantas. Já para a 'Optima', a dose de N eleva-se para 100 kg ha⁻¹ de N combinado com 84 pl m⁻², ou seja, para esta última cultivar a quantidade de nitrogênio para produzir uma menor quantidade de bulbos distribuídos na Classe 2 é o dobro daquela requerida para a 'Superex', além de ser necessário de um menor número de plantas por área (cerca de 10 pl m⁻² a menos do que a 'Superex'), denotando a menor capacidade produtiva desta cultivar (Figuras 77 e 79).

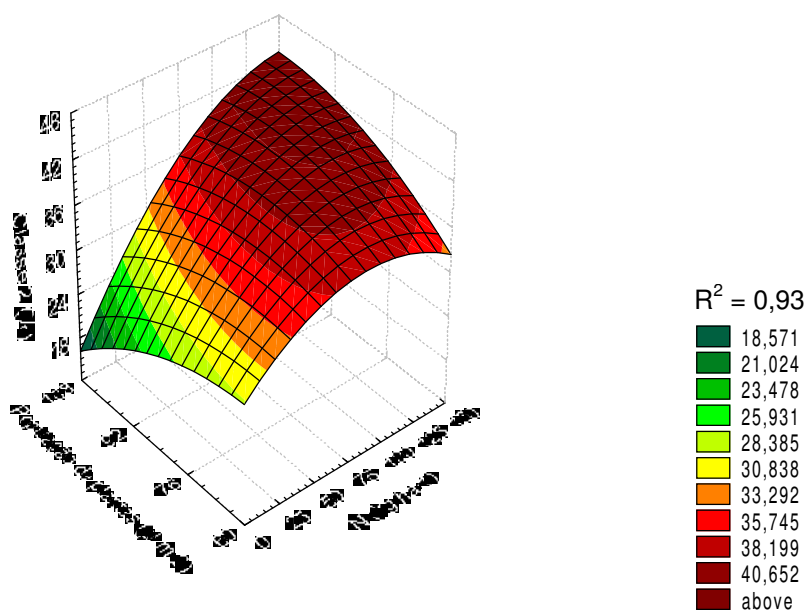


Figura 76. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 2 em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

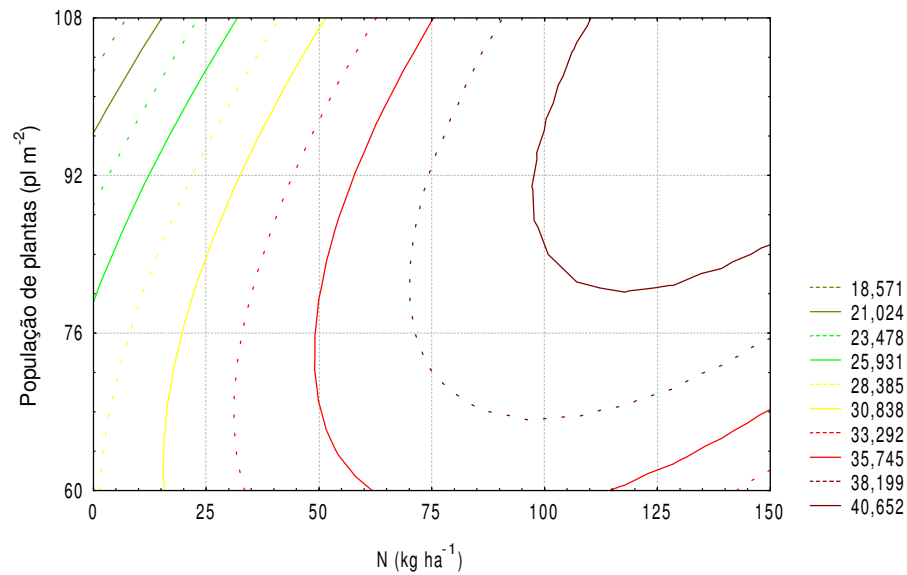


Figura 77. Isolinhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Optima classificada como Classe 2 em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

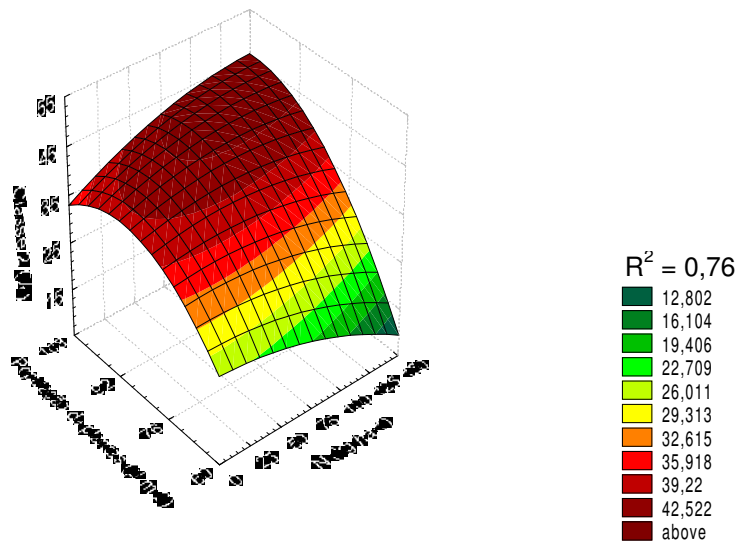


Figura 78. Superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 2 em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

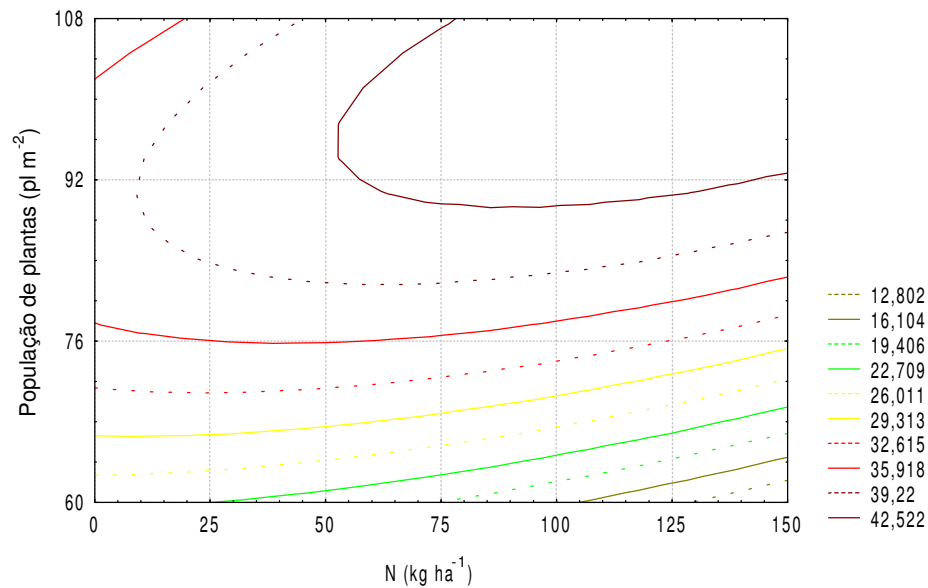


Figura 79. Isolinhas da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos da cultivar Superex classificada como Classe 2 em função das doses de nitrogênio e da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Para a porcentagem de bulbos classificados na Classe 3, houve efeito significativo dos fatores doses de potássio e população de plantas isoladamente, e interação significativa dos fatores cultivares e doses de nitrogênio (Tabela 13).

Tabela 13. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para porcentagem da produção de bulbos na Classe 3 (50 a 70 mm), segundo os fatores avaliados. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Fatores	Classe 3
Cultivares (Cv)	1,8015 ns
Nitrogênio (N)	204,8853**
Potássio (K)	7,7326**
População (PP)	49,2234**
Cv x N	3,9364**
Cv x K	0,4917 ns
Cv x PP	0,5371 ns
N x K	1,6759 ns
N x PP	1,7272 ns
K x PP	0,5249 ns
Desvios	0,9826 ns
CV (%)	41,76

ns, *, **: respectivamente, não significativo a 5% de probabilidade, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F.

Embora tenha havido efeito significativo do K na expressão da característica Classe 3, as médias observadas (17,00; 23,39; 20,28 e 22,63%) não ajustaram-se a equação de regressão polinomial.

Constatou-se aumento de 60% na classificação de bulbos Classe 3, com a redução da população de plantas de 108 para 60 pl m⁻² (Figura 80). A diminuição da porcentagem de bulbos na Classe 3 com a elevação do número de plantas por metro quadrado está associada a um aumento na porcentagem de bulbos nas classes inferiores em diâmetro, conforme foi discutido anteriormente. Os bulbos preferidos pelo mercado consumidor são os classificados como Classe 3 (SILVA et al., 1991).

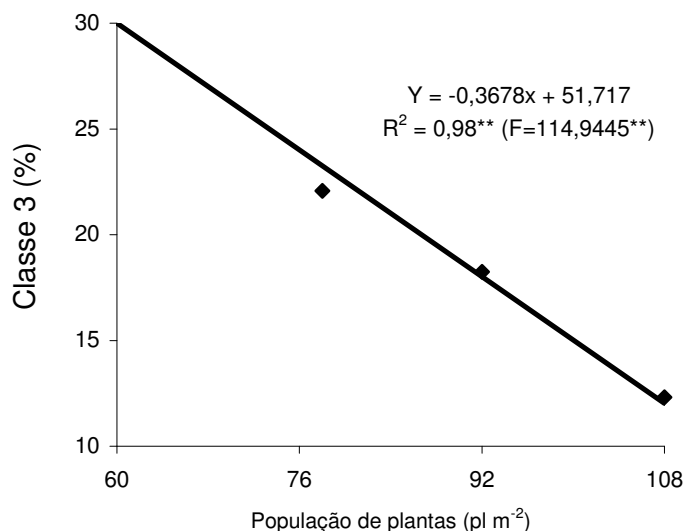


Figura 80. Porcentagem da produção de bulbos de cebola classificada como Classe 3 em função da população de plantas. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

A dose de nitrogênio foi o fator mais importante para proporcionar alta produtividade e a população de plantas determinante para a classificação do bulbo, embora o fator doses de nitrogênio tenha colaborado mais para a redução da porcentagem de bulbos com diâmetro não comerciais (Classe 0) do que o fator população de plantas, conforme observado nas Figuras 52 e 54.

MAIER et al. (1990) também observaram que o nitrogênio foi muito importante para o aumento da quantidade produzida de bulbos comercialmente desejáveis, e KANTON et al. (2002) citam que a população de plantas é o fator mais importante para a produção de bulbos com diâmetros comercialmente mais desejáveis.

Observa-se superioridade produtiva da cultivar Superex com a aplicação de doses acima de 92 kg ha⁻¹ de N (Figura 81). A cultivar Optima não foi responsiva à aplicação nitrogênio em doses superiores a 100 kg ha⁻¹, ao contrário, a 'Superex'

incrementou 32,8% o percentual de bulbos classificados na Classe 3 quando a dose de N passou de 100 para 150 kg ha⁻¹.

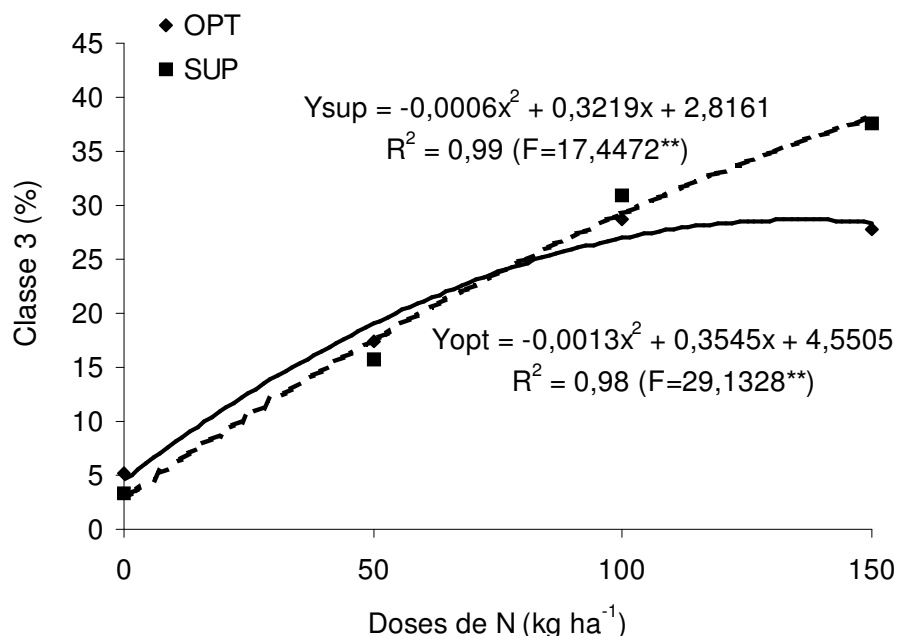


Figura 81. Porcentagem da produção de bulbos de cebola das cultivares Optima (OPT) e Superex (SUP) classificada como Classe 3 em função da dose de nitrogênio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

ASIEGBU (1989), estudando o efeito de doses de N sobre plantas transplantadas com uma população de 500.000 plantas.ha⁻¹, verificou maiores proporções de bulbos entre os diâmetros 45 a 64 mm para a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, representando cerca de 40% do total de bulbos produzidos. A aplicação de doses mais elevadas de N não foi capaz de aumentar significativamente a proporção de bulbos produzidos nesta classificação.

Para a obtenção de 90% da produtividade máxima das cultivares Optima e Superex, respectivamente, com 105 e 125 kg ha⁻¹ de N, as percentagens estimadas de bulbos na Classe 3 foram 27,44 e 33,68%. Mesmo com incrementos nas doses de

nitrogênio para a cultivar Optima, não houve aumentos significativos na produção de bulbos na Classe 3, contrário ao observado para a cultivar Superex (Figura 81).

Houve interação significativa apenas para os fatores doses de nitrogênio e população de plantas, não se observando efeitos significativos para os demais fatores isoladamente sobre a porcentagem da produção de bulbos na Classe 4 (Tabela 14). O coeficiente de variação para esta característica foi alto (337,04%) em razão da elevada variação entre e dentro dos tratamentos, uma vez que o aparecimento de bulbos Classe 4 não foi comum em qualquer tratamento.

Tabela 14. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para porcentagem da produção de bulbos na Classe 4 (70 a 90 mm), segundo os fatores avaliados. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Fatores	Classe 4
Cultivares (Cv)	1,8133 ns
Nitrogênio (N)	5,5667**
Potássio (K)	0,0156 ns
População (PP)	17,5990**
Cv x N	0,4470 ns
Cv x K	0,7612 ns
Cv x PP	0,8421 ns
N x K	0,2190 ns
N x PP	2,8699**
K x PP	0,4102 ns
Desvios	0,5827 ns
CV (%)	337,04

ns, *, **: respectivamente, não significativo a 5% de probabilidade, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F.

A porcentagem de bulbos na Classe 4 para as populações entre 76 e 108 pl m⁻² apresentou-se inferior a 0,65% do total de bulbos colhidos, cujo valor foi maximizado no estande de 76 pl m⁻² e aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N. Para as populações de 92 a 108 pl m⁻², não houve ajuste da equação polinomial com o incremento na dose de N. Na menor densidade avaliada (60 pl m⁻²), observou-se resposta quadrática da porcentagem de bulbos na Classe 4 mediante o aumento de N aplicado. Nesta população de plantas,

o percentual de bulbos na Classe 4 que era 0,22% atingiu 3,3% com 150 kg ha⁻¹ de N (Figura 82).

Da mesma forma que bulbos miúdos das Classes 0 e 1 não são bem aceitos no mercado para mesa, os de Classe 4 também não o são. Dessa forma, a não ser que exista uma necessidade de comercialização deste tipo de bulbo, como por exemplo, indústria de beneficiamento para a produção de molhos e temperos ou restaurantes que trabalham com a confecção de pratos especiais com cebolas graúdas e recheadas, a produção de bulbos desta classe não deve ser priorizado no sistema produtivo da cebola. Mesmo assim, a porcentagem de bulbos é baixa (2,67%) mesmo no tratamento menos adensado, conforme ilustra a Figura 82. As regressões polinomiais para cada população de plantas em função das doses de nitrogênio estudadas não foram significativas para 92 e 108 pl m⁻².

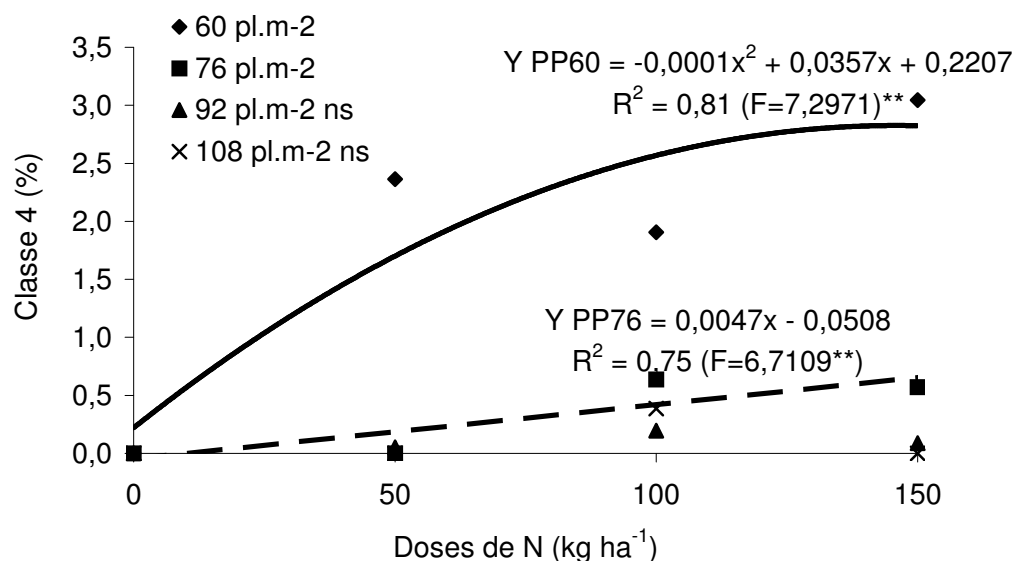


Figura 82. Porcentagem da produção de bulbos de cebola para cada população de plantas classificada na Classe 4 em função da dose de nitrogênio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Houve efeito significativo para o fator população de plantas e para doses de potássio, para a característica bulbos duplos. Houve interações altamente significativas

entre os fatores cultivares e doses de nitrogênio e para cultivares e população de plantas (Tabela 15).

Tabela 15. Valores de F, significâncias e coeficientes de variação para porcentagem da produção de bulbos na porcentagem de bulbos duplos, segundo os fatores avaliados. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Fatores	Bulbos duplos
Cultivares (Cv)	476,0198**
Nitrogênio (N)	24,5029**
Potássio (K)	3,7815*
População (PP)	36,9763**
Cv x N	16,6653**
Cv x K	0,6443 ns
Cv x PP	17,4249**
N x K	0,9074 ns
N x PP	1,1929 ns
K x PP	1,2419 ns
Desvios	1,1010 ns
CV (%)	79,53

ns, *, **: respectivamente, não significativo a 5% de probabilidade, significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F.

A aplicação de potássio elevou a porcentagem de bulbos duplos com o aumento da dose aplicada, que passaram de 5,3 para 7,22 % de bulbos duplos com a aplicação de 0 e 225 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente (Figura 83), embora os valores apresentados tenham sido menores comparativamente aos demais fatores estudados (doses de nitrogênio e população de plantas).

Segundo MARSCHNER (1995), o potássio favorece a extensão celular nas plantas, o que pode ter favorecido maior número de bulbos duplos, quando da aplicação do elemento em altas doses. Normalmente, é bastante comum o aparecimento de bulbos com centros duplos, mas que não se desenvolvem a ponto de externarem o distúrbio. As causas para o surgimento de centros duplos em bulbos de cebola são diversas, mas o genótipo é a que mais influencia (HASSAN, 1984). Durante a fase de seleção no melhoramento genético da cebola, é necessário a retirada de

plantas que apresentem essa característica desfavorável (busca de parentais com centro único). Assim, quando o genótipo não é completamente livre da característica, alguns fatores ambientais podem favorecer o seu aparecimento. Isso pode ser observado entre as duas cultivares avaliadas neste trabalho e que foram submetidas a variações na dose de nitrogênio. A 'Optima', mesmo com aumento da dose de N, não teve aumento na quantidade produzida de bulbos duplos, ocorrendo exatamente o oposto para a 'Superex', que, mesmo sem a aplicação de N, produziu 5,6 % de bulbos duplos (Figura 84). A presença de grandes quantidades de bulbos duplos no total de bulbos produzidos para a 'Superex' (ao redor de 17%) pode influenciar na queda dos preços pagos pelo produto, uma vez que essa característica é considerada um defeito fisiológico que dificulta a comercialização (COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO. CEAGESP, 2001).

HASSAN (1984) que observou que altas doses de N (acima de 90 kg ha^{-1} de N, com produtividades ao redor de $12,94 \text{ t ha}^{-1}$) aumentaram o aparecimento de bulbos duplos (de 12,49 para 21,47%). Além do N, essa característica é favorecida a manifestar-se em cultivos que adotam menores populações de plantas. Conforme observa-se na Figura 85, a 'Optima' produziu apenas 1,9% de bulbos duplos, na população 60 pl m^{-2} , enquanto a 'Superex', na mesma condição, produziu 20%. Para ambas as cultivares, o aumento na densidade populacional promoveu redução no percentual de bulbos duplos.

Supõe-se que a menor porcentagem de bulbos duplos com maiores populações de plantas em ambas as cultivares decorre da maior dificuldade de evolução dos centros duplos no interior dos bulbos nessas condições de maior adensamento, em razão da maior dificuldade imposta pela competição entre as plantas para a extensão celular.

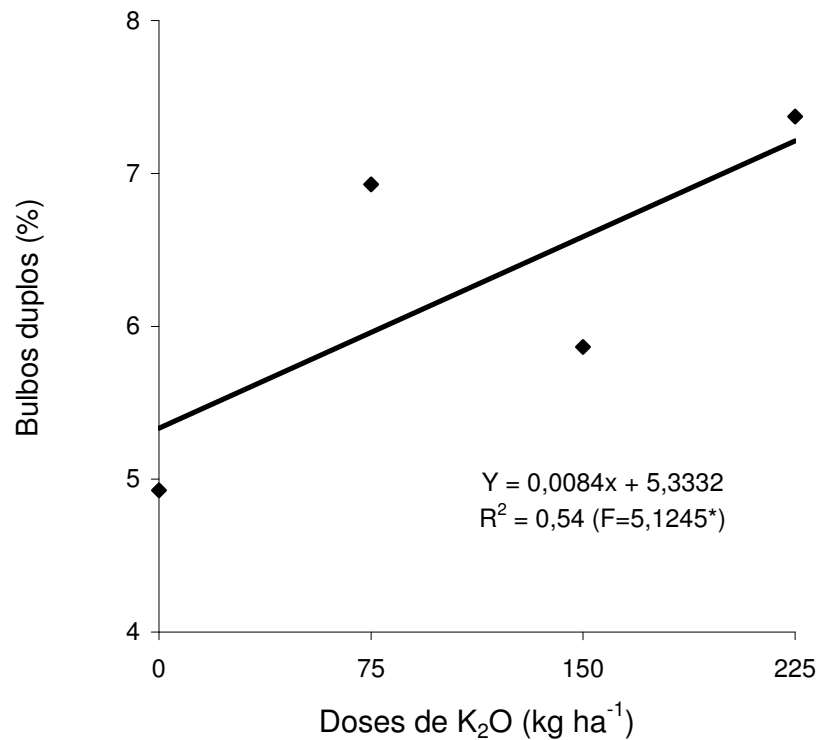


Figura 83. Porcentagem da produção de bulbos de cebola classificada como bulbos duplos em função da dose de potássio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Desse modo, o que efetivamente contribuiu para a redução de bulbos duplos foi o fator população de plantas, uma vez que para a 'Optima', quando cultivada com 108 pl m⁻², a quantidade produzida foi praticamente zero, e para a 'Superex', 2,8% (Figura 85).

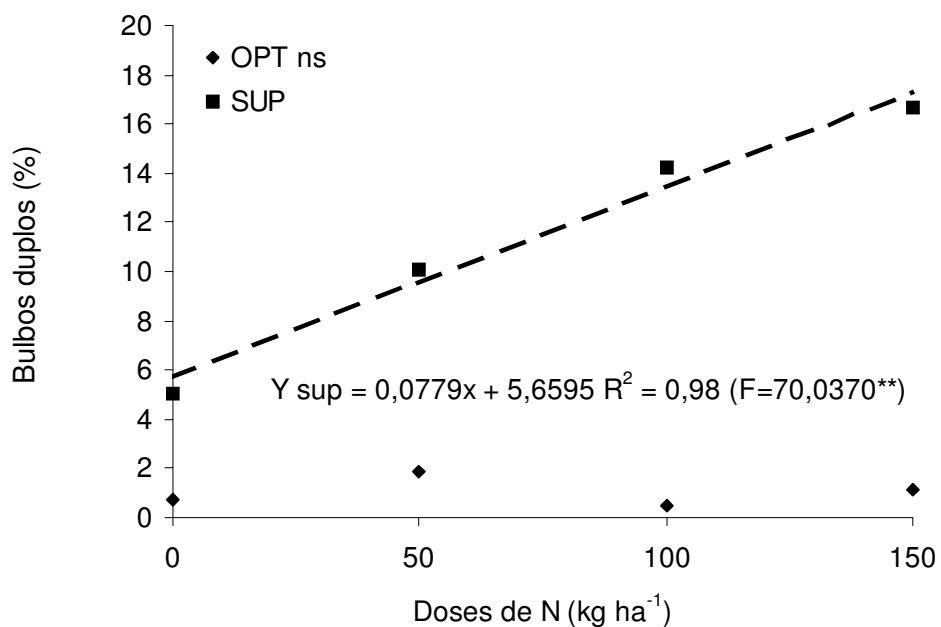


Figura 84. Porcentagem da produção de bulbos de cebola classificada como bulbos duplos em função da dose de nitrogênio. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

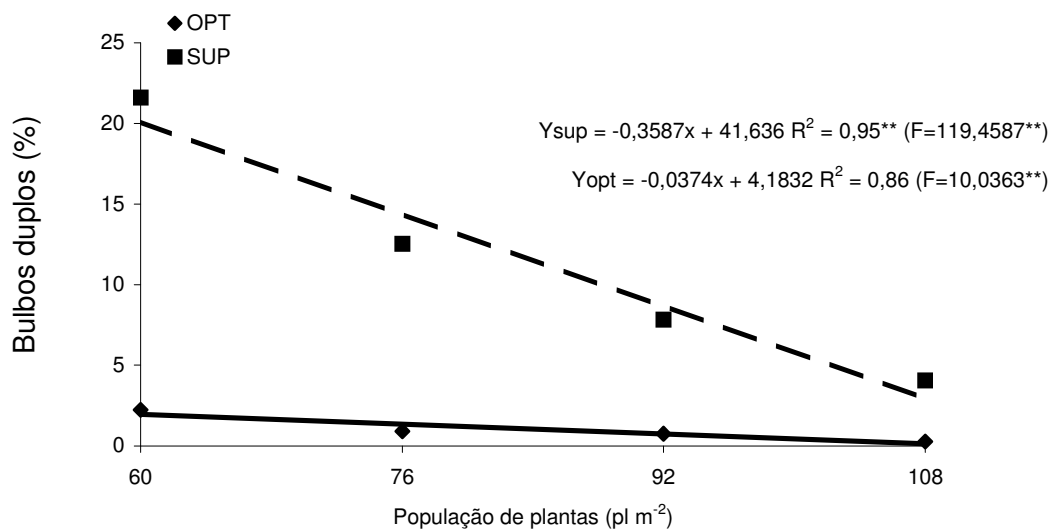
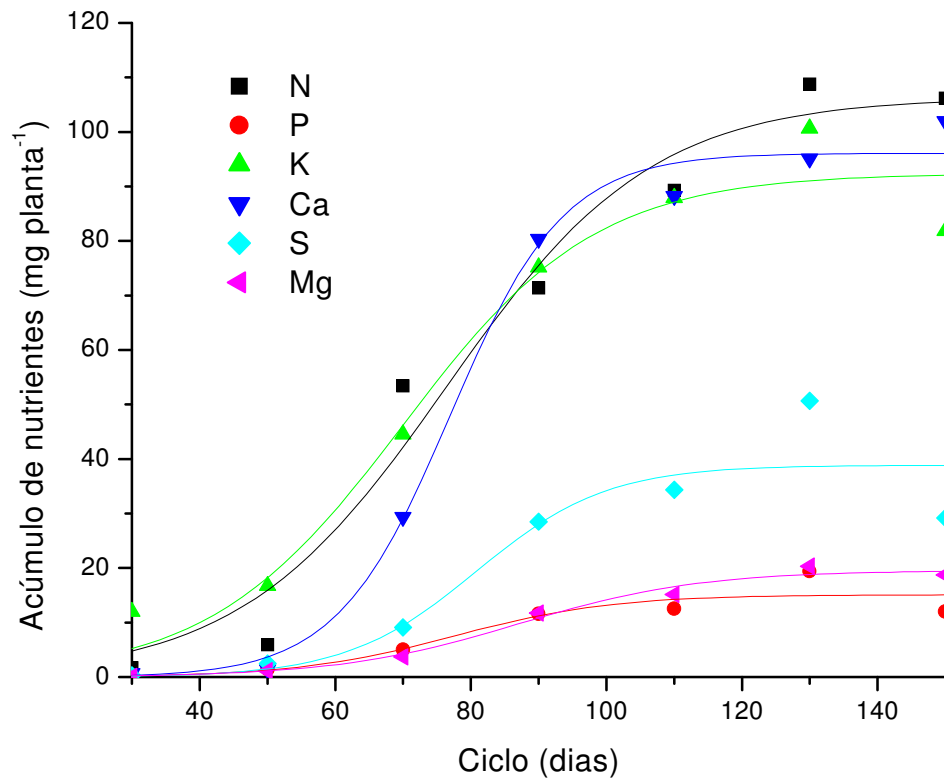


Figura 85. Efeito da população de plantas sobre a porcentagem de bulbos duplos para as cultivares Optima e Superex. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

4.7 Acúmulo de nutrientes na parte aérea e no bulbo

A marcha de acúmulo de nutrientes na massa seca da parte aérea para a 'Optima' e 'Superex' estão ilustrados nas Figuras 86 e 87, respectivamente. A ordem decrescente de acúmulo observada para a 'Optima' aos 150 DAS foi: N>Ca>K>S>Mg>P, apresentando os seguintes valores aproximados: 106,36; 95,95, 91,88; 38,49; 19,49; 14,96 mg planta⁻¹, respectivamente para cada nutriente. Já para a 'Superex' a ordem decrescente foi: Ca>N>K>S>Mg>P, apresentando os seguintes valores aproximados 120,02; 98,38; 88,35; 37,68; 25,54; 13,93 mg planta⁻¹, respectivamente para cada nutriente.

Na massa seca do bulbo a ordem decrescente de acúmulo para a 'Optima' e 'Superex' (Figura 88 e 89) foram: K>N>Ca>S>P>Mg, apresentando os valores: 130,90; 109,41; 68,69; 32,50; 22,32; 14,40 mg planta⁻¹, para a 'Optima', e 120,63; 80,93; 66,16; 34,10; 16,29; 11,71 mg planta⁻¹, para a 'Superex'. VIDIGAL et al. (2002b) constataram a seguinte ordem de acúmulo de nutrientes na massa seca do bulbo pela cebola 'Alfa Tropical': K>N>Ca>P>S>Mg, apresentando os seguintes valores: 111; 100; 46; 27; 19; 8 mg planta⁻¹.



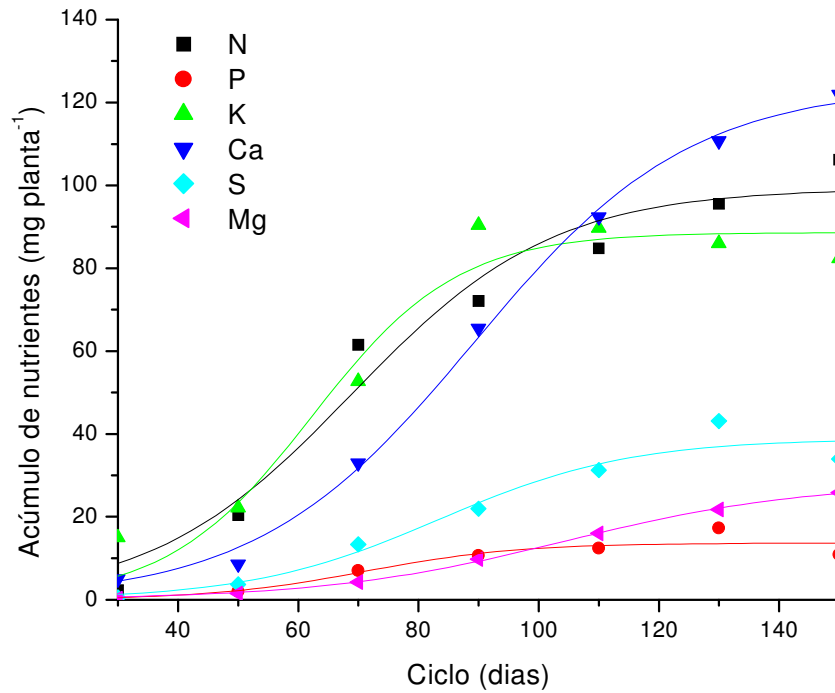
$$Y_N = \frac{106,31976}{1 + e^{-0,06583(x-76,35063)}} \quad Y_P = \frac{15,1175}{1 + e^{-0,08577(x-77,57032)}}$$

$$Y_K = \frac{92,38692}{1 + e^{-0,07027(x-69,967)}} \quad Y_{Ca} = \frac{96,08348}{1 + e^{-0,11946(x-76,96407)}}$$

$$Y_S = \frac{38,86732}{1 + e^{-0,10394(x-80,82965)}} \quad Y_{Mg} = \frac{19,5758}{1 + e^{-0,07501(x-87,09984)}}$$

$$R^2=0,98$$

Figura 86. Acúmulo estimado de nutrientes na massa seca da parte aérea da cultivar Optima ao longo do ciclo, sem a aplicação de K, na população de plantas de 60 pl m⁻² para a dose de 105 kg ha⁻¹ de N almejando 90% da produtividade máxima, através do modelo Logístico não linear. UNESP-FCAV, Campus Jaboticabal, 2006.



$$Y_N = 99,25538 / (1 + e^{-0,06(x-68,91473)})$$

$$Y_P = 13,67453 / (1 + e^{-0,07831(x-71,1095)})$$

$$Y_K = 88,63433 / (1 + e^{-0,08298(x-62,33441)})$$

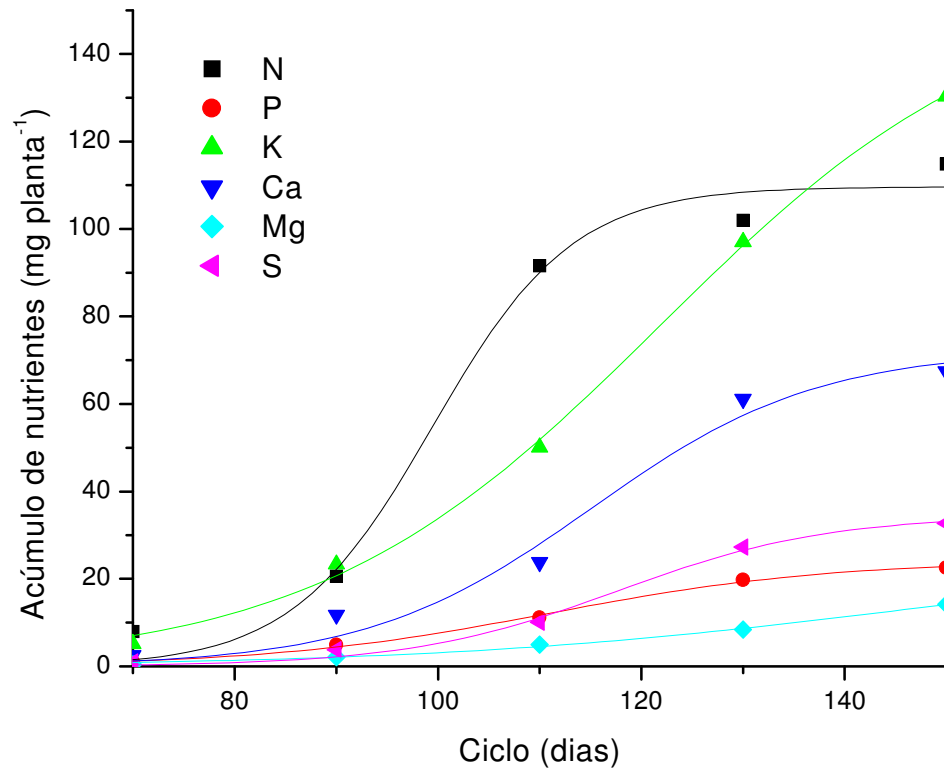
$$Y_{Ca} = 124,05687 / (1 + e^{-0,05553(x-89,2288)})$$

$$Y_S = 38,86772 / (1 + e^{-0,06323(x-83,51484)})$$

$$Y_{Mg} = 28,28551 / (1 + e^{-0,04975(x-104,43091)})$$

$$R^2=0,98$$

Figura 87. Acúmulo estimado de nutrientes na massa seca da parte aérea da cultivar Superex ao longo do ciclo, sem a aplicação de K, na população de plantas de 60 pl m⁻² para a dose de 125 kg ha⁻¹ de N almejando 90% da produtividade máxima, através do modelo Logístico não linear. UNESP-FCAV, Campus Jaboticabal, 2006.



$$Y_N = 109,66539 / (1 + e^{-0,14502(x-99,47077)})$$

$$Y_P = 24,18318 / (1 + e^{-0,07189(x-110,85277)})$$

$$Y_K = 155,318 / (1 + e^{-0,0589(x-121,74588)})$$

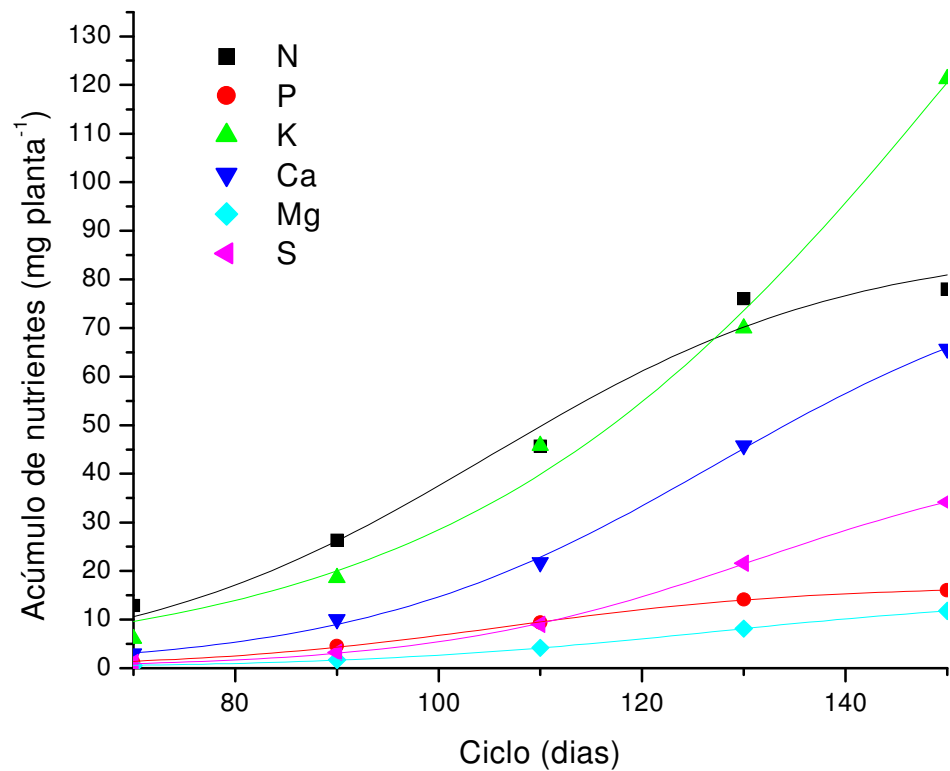
$$Y_{Ca} = 72,3858 / (1 + e^{-0,09002(x-115,13309)})$$

$$Y_S = 34,52818 / (1 + e^{-0,09708(x-117,68384)})$$

$$Y_{Mg} = 25,58496 / (1 + e^{-0,04373(x-145,18956)})$$

$$R^2=0,99$$

Figura 88. Acúmulo estimado de nutrientes na massa seca do bulbo da cultivar Optima ao longo do ciclo, sem a aplicação de K, na população de plantas de 60 pl m⁻² para a dose de 105 kg ha⁻¹ de N almejando 90% da produtividade máxima, através do modelo Logístico não linear. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.



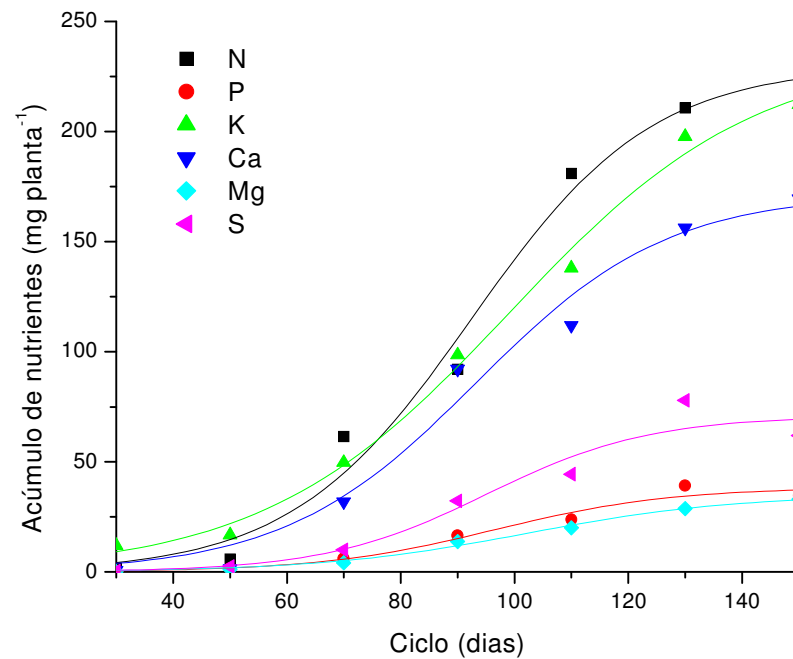
$$Y_N = \frac{87,26155}{1 + e^{-0,05649(x-104,97877)}} \quad Y_P = \frac{17,00327}{1 + e^{-0,06565(x-106,41665)}}$$

$$Y_K = \frac{266,14294}{1 + e^{-0,03866(x-154,89895)}} \quad Y_{Ca} = \frac{84,09998}{1 + e^{-0,05678(x-127,36105)}}$$

$$Y_S = \frac{44,65482}{1 + e^{-0,06321(x-131,24348)}} \quad Y_{Mg} = \frac{14,93257}{1 + e^{-0,05671(x-126,79116)}}$$

$$R^2=0,99$$

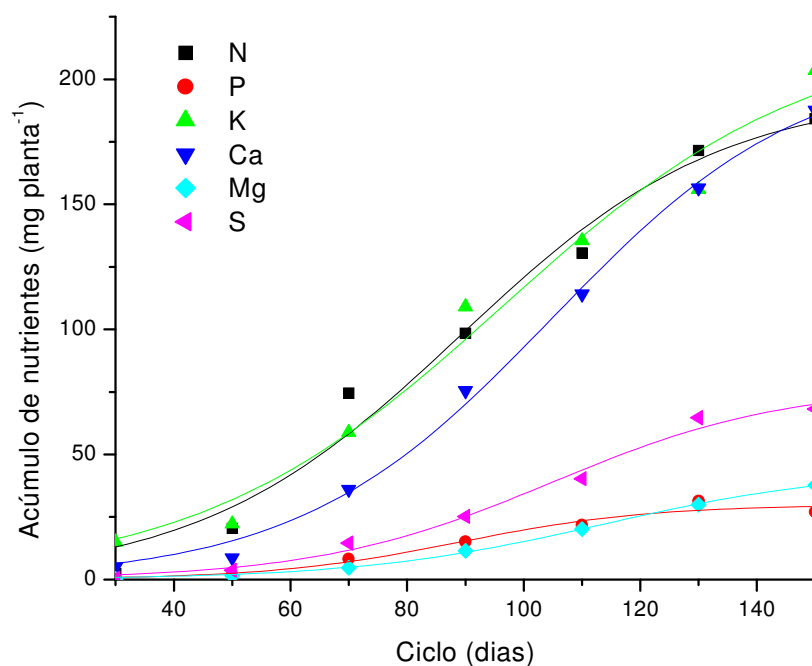
Figura 89. Acúmulo estimado de nutrientes na massa seca do bulbo da cultivar Superex ao longo do ciclo, sem a aplicação de K, na população de plantas de 60 pl m⁻² para a dose de 125 kg ha⁻¹ de N almejando 90% da produtividade máxima, através do modelo Logístico não linear. UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.



$$\begin{aligned}
 Y_N &= \frac{229,75231}{1 + e^{-0,06316(x-92,40935)}} & Y_P &= \frac{38,36659}{1 + e^{-0,06451(x-96,49939)}} \\
 Y_K &= \frac{235,3012}{1 + e^{-0,04636(x-99,06575)}} & Y_{Ca} &= \frac{171,8571}{1 + e^{-0,0595(x-93,24555)}} \\
 Y_S &= \frac{70,8093}{1 + e^{-0,07001(x-95,17241)}} & Y_{Mg} &= \frac{35,05719}{1 + e^{-0,0547(x-102,10188)}}
 \end{aligned}$$

$R^2=0,99$

Figura 90. Acúmulo estimado de nutrientes da planta toda da cultivar Optima ao longo do ciclo, sem a aplicação de K, na população de plantas de 60 pl m⁻² para a dose de 105 kg ha⁻¹ de N almejando 90% da produtividade máxima, através do modelo Logístico não linear. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.



$$\begin{aligned}
 Y_N &= 194,95337 / (1 + e^{-0,04462(x-89,09353)}) & Y_P &= 29,8521 / (1 + e^{-0,06133(x-88,93384)}) \\
 Y_K &= 208,87418 / (1 + e^{-0,04606(x-104,86984)}) & Y_{Ca} &= 219,30425 / (1 + e^{-0,03801(x-96,57751)}) \\
 Y_S &= 77,51082 / (1 + e^{-0,0497(x-104,76291)}) & Y_{Mg} &= 43,85839 / (1 + e^{-0,04797(x-113,29716)})
 \end{aligned}$$

$R^2=0,99$

Figura 91. Acúmulo estimado de nutrientes da planta toda da cultivar Superex ao longo do ciclo, sem a aplicação de K, na população de plantas de 60 pl m⁻² para a dose de 125 kg ha⁻¹ de N almejando 90% da produtividade máxima, através do modelo Logístico não linear. UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Para uma população de 354.000 plantas ha⁻¹ e uma produtividade estimada de 64,8 t ha⁻¹, considerando-se os valores observados, verificou-se que ‘Optima’ acumulou ao final do ciclo da cultura (150 DAS): 78,77; 13,04; 75,77; 59,09; 11,70 e 24,38 kg ha⁻¹, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg e S. A ‘Superex’ na mesma população de plantas e para a produtividade de 72 t ha⁻¹ acumulou 64,68; 10,33; 68,28; 65,58; 13,03; 24,74

kg ha⁻¹, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg e S (valores calculados a partir das Figuras 90 e 91).

A cultivar Optima exportou pelo bulbo cerca de 49,17% do N, 60,60% do P, 61,16% do K, 41,15% do Ca, 43,56% do Mg e 47,18% do S, o que correspondeu a 38,73; 7,90; 46,34; 24,32; 5,10 e 11,51 kg ha⁻¹, respectivamente. A cultivar Superex exportou pelo bulbo cerca de 44,29% do N, 55,85% do P, 62,54% do K, 35,71% do Ca, 31,82% do Mg e 48,80% do S, o que correspondeu a 28,65; 5,77; 42,70; 23,42; 4,15 e 12,07 kg ha⁻¹, respectivamente.

VIDIGAL et al. (2002b) relatam, para a 'Alfa Tropical', que a planta toda extraiu 124,62, 21,35, 130,73, 62,78, 8,47, 20,14 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Do total de nutrientes absorvidos pela cebola na colheita, o bulbo exportou 55,9% do N, 67,9% do P, 43,7% do K, 39,2% do Ca, 52,8% do Mg e 59,9% do S, correspondentes a 69,66, 14,50, 57,09, 24,67, 4,47 e 12,07 kg ha⁻¹, respectivamente.

Portanto, a 'Optima' e 'Superex' foram mais eficientes na utilização dos nutrientes, comparativamente a 'Alfa Tropical', uma vez que, além de apresentar uma capacidade produtiva bastante superior, extraíram quantidades menores principalmente de N, P e K. No entanto, comparando as cultivares 'Optima' e 'Superex', pode-se observar que a 'Superex' apresentou extrações de N, P e K menores que a 'Optima', mas apresentou maior capacidade produtiva, conforme foi tratado anteriormente, demonstrando maior eficiência na utilização dos nutrientes.

Para uma população de 166.666 plantas ha⁻¹, HAAG et al. (1970), estudando o crescimento e a absorção de nutrientes da cultivar Baia Periforme Precoce de Piracicaba, verificaram as seguintes quantidades de nutrientes, em kg ha⁻¹, extraídas pela planta inteira: 132,8 de N; 21,9 de P; 177 de K; 15,9 de Ca; 17,8 de Mg e 33,8 de S. Nesse caso, a ordem de extração foi: K > N > S > P > Mg > Ca. Entretanto, JANICK (1968) cita os seguintes dados de extração de nutrientes pela planta de cebola, em kg ha⁻¹: 154 de N; 26 de P; 121 de K; 18 de Ca; 12 de Mg e 48 de S, e observou que a extração seguiu a ordem: N > K > S > P > Ca > Mg.

VIDIGAL et al. (2002b), considerando uma população de 700.000 plantas ha⁻¹, citam as seguintes quantidades de nutrientes extraídas pelos bulbos, para a cultivar de

polinização aberta Alfa Tropical: 69,66 kg ha⁻¹ de N; 14,50 kg ha⁻¹ de P; 57,09 kg ha⁻¹ de K; 24,67 kg ha⁻¹ de Ca; 4,47 kg ha⁻¹ de Mg e 12,07 kg ha⁻¹ de S. A ordem de exportação foi: N > K > Ca > P > S > Mg. Os bulbos participaram com cerca de 56% do N, 68% do P, 44% do K, 39% do Ca, 53% do Mg e 60% do S do total extraído pela planta inteira.

A quantidade de nutrientes extraída pelos bulbos representa importante componente de retirada de nutrientes do solo, e sua avaliação deve ser utilizada para calibrar a quantidade de nutrientes à serem repostos no solo, através de programas de adubação.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, nas condições adotadas no experimento, permitem concluir que:

1. O nitrogênio afeta positivamente e acentuadamente o crescimento da parte aérea e dos bulbos, enquanto o potássio apresenta pequena expressão sobre as características;
2. O aumento na população de plantas promove redução na massa do bulbo e na percentagem de bulbos duplos;
3. O aumento na população de plantas promove redução na massa do >bulbo e na percentagem de bulbos duplos;
4. A cultivar Superex apresenta maior resposta ao incremento na dose de nitrogênio;
5. O nitrogênio é o fator, entre os estudados, que mais contribui para aumentos significativos na produtividade da cultura;
6. O aumento na população de plantas, no intervalo estudado e para as condições de cultivo, não eleva a produtividade da cultura devido ao efeito compensatório da redução na massa do bulbo;
7. A 'Superex' produz maior percentagem de bulbo duplo que a 'Optima', nas diferentes populações e fertilizações estudadas;
8. Diferentes combinações N:K₂O (entre elas 105:0; 88:75; 77:150 e 70:225 kg ha⁻¹), possibilitam obter 64,8 t ha⁻¹ (90% da máxima) para a cultivar Optima;
9. Diferentes combinações N:K₂O (entre elas 125:0; 90:75; 80:150 e 87:225 kg ha⁻¹), possibilitam obter 71 t ha⁻¹ (90% da máxima) para a cultivar Superex;

6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Algumas considerações gerais podem ser feitas baseadas nos resultados obtidos. Entre elas, foi constatado que, na ausência ou sob baixas doses de N, as plantas não estalaram de forma uniforme, e apresentaram maior suscetibilidade à infestação por bacterioses, principalmente no final do ciclo. A aplicação de nitrogênio no plantio pode ser dispensada em razão do lento desenvolvimento da planta até os 30 dias após a semeadura. Esta observação, permite a sugestão da aplicação de nitrogênio em cobertura aos 30 e 50 dias após a semeadura.

7 REFERÊNCIAS

AGRISTAR DO BRASIL LTDA. 2006. **Cebolas híbridas**. Disponível em: <<http://www.agristar.com.br>> Acesso em: 23 maio. 2006.

ARAUJO, M. T.; COSTA, R. A. Efeito da adubação NPK e adubo de lixo industrializado sobre a produção de cebola (*Allium cepa* L.) em solos de cerrado. **Revista de Olericultura**, n. 13, p. 111-5, 1975.

ASIEGBU, J. E. Response of onion to lime and fertilizer N in a tropical Ultisol. **Tropical Agricultrae**, v. 66, n. 2, p. 161-166, 1989.

AUJLA, T. S.; MADAN, P. S. Response of onion (*Allium cepa* L.) to irrigation, nitrogen fertilizer and row spacing on deep sandy-loam soil in subtropical monsoon region. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, Mansoura University, v. 62, n. 2, p. 129-34, 1992.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48 p.

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, E.; SANTOS, W. R. Princípios da diagnose foliar. In: AVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. p. 647-660.

BOEING, G. **Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense**. Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 2002. 88 p.

BREMNER, J. M. Inorganic forms of nitrogen. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: Part 2. Madison. American Society of Agronomy, 1965. p.1179-1237.

BREWSTER, J. L. **Onion and other vegetable Alliums**. Wellesbourne: Horticulture Research International/CAB Internacional, 1994. 236 p.

BREWSTER, J. L.; BÜTLER, H. A. Effects of nitrogen supply on bulb development in onion *Allium cepa* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 40, n. 219, p. 1155-1162, 1989.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO. CEAGESP. **Programa Brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros**. São Paulo, 2001.

CHAVES, L. H. G.; PEREIRA, H. H. G. **Nutrição e adubação de tubérculos**. Campinas: Fundação Cargill. 1985. 90 p.

CHUNG, B. Multiplant module transplantsof bulb onions. **Acta Horticulturae**, Richmond, n. 247, p. 187-191, 1989.

CHURATA MASCA, M. G. C. **Efeito de níveis de fósforo, na produção de cebola (*Allium cepa* L.)**. 1973, 52 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 1973.

DELLACECCA, V.; LOVATO, A. F. S. Effects of different plant densities and planting systems on onion (*Allium cepa* L.) bulb quality and yield. **Acta Horticulturae**, Richmond, n. 533, p. 197-201, 2000.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FARUQ, M. O.; ALAM, M. S.; RAHMAN, M; ALAM, M. S.; SHARFUDDIN. A. F. M. Growth, yield and storage performance of onion as influenced by planting time and storage condition. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 6, n. 13, p. 1179-1182, 2003.

FEIGIN, A.; SAGIU, B.; MITCHNICK, Z. Response of onion (cv. Ori) to manuring and nitrogen fertilization in loes soil. **Horticultural Abstracts**, v. 50, n. 6, p. 531, 1980.

FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA, G. D.; HAAG, H. P. Nutrição mineral de hortaliças. XIV. Absorção de macronutrientes pela cultura da alface. **O solo**, v. 63, n. 2, p. 7-10, 1971.

FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. Colheita, cura e armazenamento da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 93-98, 2002.

FRAPPELL, B. D. Plant spacing of onions. **Journal Horticultural Science**, Ashford, v. 48, p.19-28, 1973.

GOTO, R. **Efeito de doses de diferentes adubos orgânicos na cultura de cebola (*Allium cepa* L.) de verão**. 1983, 78 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, 1983.

GUIMARÃES, D. R.; TORRES, L.; DITTRICH, R. C. Viabilidade técnica da semeadura direta para a cultura da cebola. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1997.

HAAG, H. P.; HOMA, P.; KIMOTO, T. Nutrição mineral de hortaliças. VIII. Absorção de nutrientes pela cultura da cebola. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 27, n. 1, p. 143-153, 1970.

HASSAN, M. S. Effects of source, level and time of nitrogen application on yield of onion in the Sudan Gozira. **Acta Horticulturae**, Richmond,, n. 53, p. 59-63, 1977.

HASSAN, M. S. Effects of frequency of irrigattion and fertilizer nitrogen on yield and quality. **Acta Horticulturae**, Richmond , v. 8, n. 143, p. 341-346, 1984.

HENRIKSEN, K. Effect of N and P fertilization on yield and harvest time in bulb onions. **Acta Horticulturae**, Richmond, n. 198, p. 207-215, 1987.

HEWITT, E. J.; SMITH, T. A. **Plant mineral nutrition**. London: The English Universities Press, 1975. 298 p.

IKAWA, J. **Efeito de diferentes densidades de população sobre a produção de cebola**. 1972. 21 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal/SP, 1972.

JANICK, J. **A ciência da horticultura**. 2. ed. Rio de janeiro, Freitas Bastos, 1968. 161p.

KANTON, R. A. L.; ABBEY, L.; HILLA, R. G.; TABIL, M. A.; JAN, N. D. Density affects plant development and yield of bulb onion (*Allium cepa* L.) in northern Ghana. **Journal of Vegetable Crop Production**, v. 8, n. 2, p. 15-25, 2002.

LAUGHLIN, J.C. Nutricional effect on onion (*Allium cepa* L.) yield and quality. **Horticultural Abstracts**, v. 60, n. 7, p. 592, 1990 (Abstract 5123).

LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153 p.

LOUÉ, A. The interaction of potassium with other growth factors, particularly with other nutrients. In: CONGRESS: POTASSIUM RESEARCH-REVIEW AND TRENDS, 11., 1978, Bern, **Proceedings...**, 1978, p. 407-434.

MAGALHÃES, J. R. Nutrição e adubação da cebola. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. P. (Ed.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 381-393.

MAIER, N. A.; DAHLENBURG, A. P.; TWIGDEN, T. K. Effect of nitrogen on the yield and quality of irrigated onions (*Allium cepa* L.) cv. Cream Gold grown on siliceous sands. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 30, p. 845-851, 1990.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo/SP: Agronômica Ceres, 1980. 215 p.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O. J. O potássio e a planta. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPF/IIP. 1982. p. 95-162.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MCGEARY, D.J. The effects of plant density on the shape, size, uniformity, soluble solids content and yield of onions suitable for pickling. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 60, n. 1, p. 83-87, 1985.

MELO, P.C.T. de Pesquisa nacional sobre cebola deve ser prioridade para o governo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 1-4, 2002.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 2. ed. Bern: Internacional Potash Institute, 1979. 593 p.

MOGOR, A. F.; GOTO, R. Severidade de míldio em função da nutrição de fósforo e potássio na cultura da cebola. **Horticultura Brasileira**, v. 18, supl., p. 830-831, 2000.

NICHOLS, M.A. A note on a plant density and fertilizer experiment with onions in New Zealand. **Horticultural Research**, Edinburgh, n. 7, p. 144-7, 1967.

PANDE, R. C.; MUNDRA, R. S. Note on response of onion (*Allium cepa* L.) to varying levels of N, P and K. **Indian Journal of Agricultural Science**, Mansoura University, n. 41, p. 107-108, 1971.

PORWAL, W. K; SINGH, M. M. Effect of nitrogen and weed management on onion. **Indian Journal of Agronomy**, v. 38, n. 1, p. 74-77, 1993.

RANA, D. S.; SHARMA, R. P. Growth analysis and bulbs yield of onion as affected by irrigation and nitrogen. **Indian Journal of Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 676-677, 1993.

RESENDE, L. M. A.; MASCARENHAS, M. H. T.; SIMÃO, M. L. R. Panorama da produção e da comercialização da cebola em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 7-19, 2002.

ROBERTS, S.; DOLE, R.E. Potassium nutrition of potatoes. In: MUNSON, R.D. **Potassium in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1985. p. 799-818.

RUMPEL, J.; FELCZYNSKI, K. Effect of plant density on yield and bulb size of direct sown onions. **Acta Horticulturae**, Richmond, n. 533, p. 179-186, 2000.

SANTOS, H. S.; TANAKA, M. T.; WATANABE, S. H.; ARANTES, P. A. Z.; IVONE, T. T. Produção de cebola em função de tamanho de muda e espaçamento. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 556-557, 2000.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Química, 1974. 56 p.

SILVA, E.; TEIXEIRA, L. A. J.; AMADO, T. J. C. The increase in onion production in Santa Catarina State, South Brazil. **Onion Newsletter for the Tropics**, n. 3, p. 7-9, 1991.

SIQUEIRA, L. G. **Densidade e sistema de plantio em cebola, cultivar Serrana e híbrido Mercedes**. 2004. 65 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), UESB, Vitória da Conquista/BA, 2004.

STOFFELLA, P.J. Planting arrangement and density of transplants influence sweet spanish onion yields and bulbs size. **Hortscience**, Alexandria, v. 7, n. 31, p. 1129-1130, 1996.

TAKII DO BRASIL LTDA. 2006. **Cebolas híbridas**. Disponível em: <<http://www.takii.com.br>> Acesso em: 23 maio. 2006.

TRANI, P. E.; TAVARES, M.; SIQUEIRA, W. J.; Cebola (sistema de mudas). In: RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**, Campinas/SP: IAC, 1996, p. 176. (Boletim Técnico 100).

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, UFV. Imprensa Universitária, 1991. 449 p.

VIDIGAL, S.M. **Adubação nitrogenada de cebola irrigada cultivada no verão – Projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais**. 2000. 136 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2000.

VIDIGAL, S. M.; PEREIRA, P. R. G.; SEDIYAMA, C. S.; SEDIYAMA, M. A. N.; FONTES, P. C. R. Produção de cebola influenciada por doses, fontes e parcelamento de nitrogênio em diferentes épocas de cultivo no verão. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 814-815, 2000.

VIDIGAL, S.M.; FACION; C.E.; CINTRA, W.B.R. Avaliação de três cultivares de cebola, em diferentes sistemas de produção, na região Norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 41, 2001, Brasília – DF. **Anais...**Brasília: SOB, 2001. CD-ROM.

VIDIGAL, S.M.; FACION; C.E.; PACHECO, D.D. Avaliação de três cultivares de cebola na região Norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42. 2002, Uberlândia – MG. **Anais...**Uberlândia: SOB, 2002a. CD-ROM.

VIDIGAL, S.M.; PEREIRA, P.R.G.; PACHECO, D.D. Nutrição mineral e adubação da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 36-50, 2002b.

VILELA, N.J.; MAKISHIMA, N.; VIEIRA, R.C.M.T.; CAMARGO FILHO, W.P.; MADAIL, J.C.M.; COSTA, N.D.; BOEING, G.; VIVALDI, L.F.; WERNER, H. Identificação de sistemas de produção de cebola nos principais Estados produtores: relatório final de pesquisa – subprojeto 13.2001.865-07. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002.

VILLAS BÔAS, R. L.; ANTUNES, C. L.; BOARETTO, A. E.; SOUSA, V. F. de.; DUENHAS, L. H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.) **Fertirrigação**: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 2001. v. 2, cap. 2, p. 71-103.

8. Anexo

Tabela 1A. Análise da superfície de resposta para a variável produtividade em função das doses de N e K para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Produtividade
b_0	Intercepto	26,569500
b_1	N	0,547780
b_2	K	0,059140
b_3	N^2	-0,001756
b_4	NxK	-0,000064000
b_5	K^2	-0,000075111
Teste F para o modelo		69,719**
R^2		0,97
CV (%)		6,18
Ponto crítico N		149,9639
Ponto crítico K		329,7934
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		77,3951

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 2A. Análise da superfície de resposta para a variável produtividade em função das doses de N e K para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Produtividade
b_0	Intercepto	18,190600
b_1	N	0,663310
b_2	K	0,162223
b_3	N^2	-0,001916
b_4	NxK	-0,000143
b_5	K^2	-0,000476
Teste F para o modelo		116,64**
R^2		0,98
CV (%)		5,96
Ponto crítico N		167,6581
Ponto crítico K		145,2687
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		85,5782

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 3A. Análise da superfície de resposta para a variável massa do bulbo na População de plantas de 60 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Massa do bulbo
b ₀	Intercepto	69,556100
b ₁	N	1,190962
b ₂	K	0,100075
b ₃	N ²	-0,003867
b ₄	NxK	-0,000530
b ₅	K ²	-0,000141
Teste F para o modelo		13,834**
R ²		0,87
CV (%)		12,11
Ponto crítico N		148,8359
Ponto crítico K		75,2210
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		161,9489

**.: Significativo a 5 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 4A. Análise da superfície de resposta para a variável massa do bulbo na População de plantas de 76 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Massa do bulbo
b ₀	Intercepto	58,602700
b ₁	N	0,807842
b ₂	K	0,027284
b ₃	N ²	-0,002302
b ₄	NxK	-0,000386
b ₅	K ²	0,000377
Teste F para o modelo		10,860**
R ²		0,84
CV (%)		12,90
Ponto crítico N		171,1212
Ponto crítico K		51,5260
Tipo		Ponto de sela
Valor predito no ponto crítico		128,4250

**.: Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 5A. Análise da superfície de resposta para a variável massa do bulbo na População de plantas de 92 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Massa do bulbo
b ₀	Intercepto	40,712050
b ₁	N	0,802161
b ₂	K	0,177824
b ₃	N ²	-0,002147
b ₄	NxK	0,000084747
b ₅	K ²	-0,000657
Teste F para o modelo		18,550**
R ²		0,90
CV (%)		13,08
Ponto crítico N		189,6784
Ponto crítico K		147,5886
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		129,9107

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 6A. Análise da superfície de resposta para a variável massa do bulbo na População de plantas de 108 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Massa do bulbo
b ₀	Intercepto	32,133800
b ₁	N	0,870751
b ₂	K	0,131461
b ₃	N ²	-0,003115
b ₄	NxK	-0,000144
b ₅	K ²	-0,000257
Teste F para o modelo		9,831**
R ²		0,83
CV (%)		17,15
Ponto crítico N		134,7496
Ponto crítico K		218,3483
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		105,1526

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 7A. Análise da superfície de resposta para a variável massa do bulbo na População de plantas de 60 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Massa do bulbo
b ₀	Intercepto	37,823750
b ₁	N	1,158478
b ₂	K	0,568172
b ₃	N ²	-0,002003
b ₄	NxK	-0,000244
b ₅	K ²	-0,001899
Teste F para o modelo		61,027**
R ²		0,97
CV (%)		8,52
Ponto crítico N		281,1417
Ponto crítico K		131,5611
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		238,0465

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 8A. Análise da superfície de resposta para a variável massa do bulbo na População de plantas de 76 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Massa do bulbo
b ₀	Intercepto	37,810600
b ₁	N	1,190192
b ₂	K	0,221341
b ₃	N ²	-0,003450
b ₄	NxK	-0,000823
b ₅	K ²	-0,000328
Teste F para o modelo		16,06**
R ²		0,89
CV (%)		14,24
Ponto crítico N		155,5435
Ponto crítico K		142,1310
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		146,1037

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 9A. Análise da superfície de resposta para a variável massa do bulbo na População de plantas de 92 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Massa do bulbo
b ₀	Intercepto	29,849400
b ₁	N	1,167338
b ₂	K	0,325365
b ₃	N ²	-0,003515
b ₄	NxK	-0,000342
b ₅	K ²	-0,001138
Teste F para o modelo		63,314**
R ²		0,97
CV (%)		8,16
Ponto crítico N		160,2687
Ponto crítico K		118,8472
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		142,7277

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 10A. Análise da superfície de resposta para a variável massa do bulbo na População de plantas de 108 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Massa do bulbo
b ₀	Intercepto	26,968650
b ₁	N	0,864746
b ₂	K	0,205197
b ₃	N ²	-0,002931
b ₄	NxK	0,000251
b ₅	K ²	-0,000665
Teste F para o modelo		18,155**
R ²		0,90
CV (%)		14,69
Ponto crítico N		155,3568
Ponto crítico K		183,4691
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		112,9644

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 11A. Análise da superfície de resposta para a variável massa do bulbo em função da Dose de nitrogênio e da População de plantas estudada para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Massa do bulbo
b ₀	Intercepto	206,930572
b ₁	N	1,111503
b ₂	PP	-2,754748
b ₃	N ²	-0,002858
b ₄	NxPP	-0,002631
b ₅	PP ²	0,011343
Teste F para o modelo		113,8**
R ²		0,98
CV (%)		5,47
Ponto crítico N		131,5456
Ponto crítico PP		136,6867
Tipo		Ponto de sela
Valor predito no ponto crítico		91,7685

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 12A. Análise da superfície de resposta para a variável massa do bulbo em função da Dose de Nitrogênio e da População de plantas estudada para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus* Jaboticabal, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Massa do bulbo
b ₀	Intercepto	119,939620
b ₁	N	1,645411
b ₂	PP	-1,136735
b ₃	N ²	-0,002975
b ₄	NxPP	-0,006938
b ₅	PP ²	0,003518
Teste F para o modelo		163,6**
R ²		0,99
CV (%)		5,47
Ponto crítico N		41,0015
Ponto crítico PP		201,9886
Tipo		Ponto de sela
Valor predito no ponto crítico		38,8680

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 13A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 0 em função da Dose de nitrogênio e da População de plantas estudada para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 0
b_0	Intercepto	-53,140692
b_1	N	-0,113684
b_2	PP	1,510859
b_3	N^2	0,001414
b_4	NxPP	-0,002822
b_5	PP^2	-0,006658
Teste F para o modelo		18,241**
R^2		0,90
CV (%)		37,81
Ponto crítico N		126,6262
Ponto crítico PP		86,6291
Tipo		Ponto de sela
Valor predito no ponto crítico		5,1038

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 14A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 0 em função da Dose de nitrogênio e da População de plantas estudada para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 0
b_0	Intercepto	8,090723
b_1	N	-0,296076
b_2	PP	0,206407
b_3	N^2	0,001190
b_4	NxPP	-0,000235
b_5	PP^2	-0,000403
Teste F para o modelo		6,473**
R^2		0,76
CV (%)		65,26
Ponto crítico N		145,5634
Ponto crítico PP		213,6685
Tipo		Ponto de sela
Valor predito no ponto crítico		8,5931

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 15A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 1 em função das doses de N e K para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 1
b_0	Intercepto	54,619450
b_1	N	-0,324036
b_2	K	-0,094527
b_3	N^2	0,000946
b_4	NxK	0,000436
b_5	K^2	0,000170
Teste F para o modelo		16,119**
R^2		0,89
CV (%)		10,64
Ponto crítico N		152,2691
Ponto crítico K		82,4001
Tipo		Mínimo
Valor predito no ponto crítico		26,0538

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 16A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 1 em função das doses de N e K para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 1
b_0	Intercepto	59,833150
b_1	N	-0,429582
b_2	K	-0,040778
b_3	N^2	0,001185
b_4	NxK	0,000001173
b_5	K^2	0,000084667
Teste F para o modelo		20,353**
R^2		0,91
CV (%)		16,39
Ponto crítico N		181,1396
Ponto crítico K		239,5598
Tipo		Mínimo
Valor predito no ponto crítico		16,0416

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 17A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 2, na população de plantas de 60 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 2
b ₀	Intercepto	25,646950
b ₁	N	0,253462
b ₂	K	0,086801
b ₃	N ²	-0,001235
b ₄	NxK	-0,000555
b ₅	K ²	-0,000313
Teste F para o modelo		1,644 ns
R ²		0,45
CV (%)		20,85
Ponto crítico N		89,2142
Ponto crítico K		59,5622
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		39,5330

** : Significativo a 5 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 18A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 2, na população de plantas de 76 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 2
b ₀	Intercepto	16,6751
b ₁	N	0,222822
b ₂	K	0,049355
b ₃	N ²	-0,000516
b ₄	NxK	-0,000234
b ₅	K ²	0,000166
Teste F para o modelo		6,257**
R ²		0,76
CV (%)		18,09
Ponto crítico N		215,2271
Ponto crítico K		3,0243
Tipo		Ponto de sela
Valor predito no ponto crítico		40,7284

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 19A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 2, na população de plantas de 92 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 2
b ₀	Intercepto	15,378050
b ₁	N	0,305591
b ₂	K	0,174724
b ₃	N ²	-0,001103
b ₄	NxK	-0,000210
b ₅	K ²	-0,000618
Teste F para o modelo		3,287*
R ²		0,63
CV (%)		23,3027
Ponto crítico N		127,1603
Ponto crítico K		119,7540
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		45,2695

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 20A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 2, na população de plantas de 108 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 2
b ₀	Intercepto	11,533050
b ₁	N	0,423754
b ₂	K	0,042489
b ₃	N ²	-0,001460
b ₄	NxK	-0,000264
b ₅	K ²	-0,000030333
Teste F para o modelo		7,609**
R ²		0,79
CV (%)		21,16
Ponto crítico N		134,7280
Ponto crítico K		114,8491
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		42,5187

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 21A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 2, na população de plantas de 60 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 2
b ₀	Intercepto	12,4819
b ₁	N	0,421611
b ₂	K	0,095257
b ₃	N ²	-0,001831
b ₄	NxK	-0,000762
b ₅	K ²	0,000007
Teste F para o modelo		2,503 ns
R ²		0,55
CV (%)		26,15
Ponto crítico N		124,2250
Ponto crítico K		-43,6274
Tipo		Ponto de sela
Valor predito no ponto crítico		36,5913

**: Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 22A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 2, na população de plantas de 76 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 2
b ₀	Intercepto	18,534300
b ₁	N	0,271876
b ₂	K	0,053277
b ₃	N ²	-0,000875
b ₄	NxK	-0,000165
b ₅	K ²	-0,000057778
Teste F para o modelo		4,62**
R ²		0,70
CV (%)		18,18
Ponto crítico N		129,3188
Ponto crítico K		276,8641
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		43,4889

**: Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 23A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 2, na população de plantas de 92 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 2
b ₀	Intercepto	12,262800
b ₁	N	0,560404
b ₂	K	0,056959
b ₃	N ²	-0,002798
b ₄	NxK	0,000438
b ₅	K ²	-0,000261
Teste F para o modelo		17,582**
R ²		0,90
CV (%)		16,22
Ponto crítico N		116,3554
Ponto crítico K		207,0316
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		50,7619

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 24A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 2, na população de plantas de 108 pl m⁻² em função das doses de N e K para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 2
b ₀	Intercepto	4,189950
b ₁	N	0,486654
b ₂	K	0,117493
b ₃	N ²	-0,001322
b ₄	NxK	-0,000453
b ₅	K ²	-0,000337
Teste F para o modelo		6,773**
R ²		0,77
CV (%)		30,14
Ponto crítico N		174,2421
Ponto crítico K		57,3344
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		49,9559

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 25A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 2 em função das doses de N e da população de planta estudada para a cultivar Optima, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 2
b_0	Intercepto	12,673283
b_1	N	0,000603
b_2	PP	0,539990
b_3	N^2	-0,001079
b_4	NxPP	0,003159
b_5	PP^2	-0,004705
Teste F para o modelo		35,58**
R^2		0,95
CV (%)		6,43
Ponto crítico N		165,7691
Ponto crítico PP		113,0377
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		43,2429

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.

Tabela 26A. Análise da superfície de resposta para a porcentagem da produção de bulbos na Classe 2 em função das doses de N e da população de planta estudada para a cultivar Superex, UNESP-FCAV, *Campus Jaboticabal*, 2006.

Parâmetros do modelo	Variável	Classe 2
b_0	Intercepto	-96,382378
b_1	N	-0,239961
b_2	PP	2,997333
b_3	N^2	-0,000512
b_4	NxPP	0,003728
b_5	PP^2	-0,016665
Teste F para o modelo		28,19**
R^2		0,93
CV (%)		10,39
Ponto crítico N		156,9342
Ponto crítico PP		107,4808
Tipo		Máximo
Valor predito no ponto crítico		45,8665

** : Significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F.