VARIÁVEL ESTRANHA NA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA EM ALGODOEIRO DELTA OPAL, NO ESTUDO DE ALTURA DE PLANTAS E DENSIDADE DENTRO DE ESPAÇAMENTOS*

Hélio Ferreira da Cunha [1]; Gil Santos [2]; Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira [3]; José Carlos Seraphin[3]

[1]EMATER-GOIÁS Estação Experimental de Senador Canedo, cunhahfc@hotmail.com;[2]EMATER-GOIÁS Estação Experimental de Senador Canedo, ggsantos@terra.com.br;[3]EMBRAPA ALGODÃO Núcleo do Cerrado, na Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, acunha@cnpa.embrapa.br; [3]IME/UFG Campus Samambaia, Goiânia, seraphin@mat.ufg.br

RESUMO - Foram usadas densidades de semeadura (100; 150 e 200 mil plantas por hectare), na cultivar Delta Opal, submetida a duas doses de cloreto de mepiquat, e espaçamentos reduzidos, em Santa Helena de Goiás, 2006/2007**.** Foram testados espaçamentos com fileiras duplas ultra-estreitos de 20+56(38) e 20+70(45 cm), alternados com espaçamento estreito em fileiras simples de 76 cm, e convencional de 90 cm, com a interpretação dos resultados através da superfície de resposta. A distribuição de plantas em espaçamentos reduzidos, em fileiras duplas, garantiu maior incremento na produtividade por hectare (2620 e 3840 kg/ha (PAC), correspondendo a 106,6 e 156,1% a mais, respectivamente, nos espaçamentos de 38 e 45 cm, em relação ao convencional utilizado pelo produtor. Dependendo da densidade de plantas, 120 até 140 mil, as alturas de plantas que resultaram em maiores produtividades situaram-se entre 120 e 132 cm. O objetivo deste trabalho é duplo: 1- otimizar o manejo da cultivar Delta Opal quanto a melhores alturas de plantas e, 2- otimizar espaçamentos e densidades, dando ênfase ao de fileiras duplas, ajustando-os a modelos de superfície de resposta, permitindo melhor visualização nos mapas de isoquantas.

Palavras-chave – fileiras duplas, adensado, altura de plantas, mapa de isoquantas

INTRODUÇÃO

O regulador de crescimento vegetal, à base de cloreto de mepiquat, quando bem utilizado promove a redução do porte do algodoeiro, e por vezes pode aumentar a produtividade (BOLONHEZI, 1997, citado por CUNHA et al. 2009), embora isso não seja muito comum. Normalmente os reguladores de crescimento equilibram o crescimento vegetativo e reprodutivo do algodoeiro, facilitando o seu manejo. Lamas (1997) também constatou que a utilização do produto reduz a altura das plantas e o tamanho dos ramos laterais, permitindo melhores condições de cultivo, aumentando a precocidade e favorecendo o desempenho da colheita, principalmente a mecanizada.

Todavia, esses autores e outros, no Brasil e exterior, não ajustam modelo matemático estabelecendo relação entre altura final de plantas e o reflexo na produtividade do algodoeiro, simultaneamente em diferentes cultivares, espaçamentos, densidades e alturas variáveis de plantas.

A importância da altura de plantas na moderna cotonicultura justificou a realização de pesquisas no campo da agricultura de precisão. Shiratsuchi, Queiros e Vinhal (2005a), (2005b) e (2006), Queiros (2004), Shiratsuchi e Magalhães (2006) lançam as bases para realização de mapeamentos da altura de plantas de algodoeiro empregando GPS- sensor ultrassom com a finalidade de otimizar a aplicação de fitoreguladores.

Em conexão com os mencionados trabalhos, Cunha et al. (2009) enfatizam que um dos motivos para que o algodão produza mais em espaçamento reduzido é o melhor aproveitamento da radiação solar fotossintetizante, contudo não fazem menção de "variável estranha", no caso, a altura de plantas, a qual deve entrar no modelo da superfície de resposta

O objetivo deste trabalho é duplo, 1- otimização do manejo da cultivar Delta Opal quanto a melhores alturas de plantas e, 2- otimização da recomendação de espaçamentos e densidades, dando ênfase ao de fileiras duplas, ajustando-os a modelos de superfície de resposta para melhor visualização através de mapas de isoquantas..

METODOLOGIA

O ensaio foi conduzido em Santa Helena de Goiás, 2006/2007, constando de quatro experimentos (espaçamentos), sendo dois em fileiras simples, 76 e 90 cm e dois em fileiras duplas, 20+56(38) e 20+70(45 cm), totalizando 96 parcelas. A parcela, em fileiras simples, era constituída de quatro fileiras; em fileiras duplas, oito fileiras de cinco metros de comprimento. A cultivar indicadora:´Delta Opal. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com esquema fatorial 3 x 2, com 4 repetições (24 parcelas em cada um dos quatro espaçamentos). Os fatores estudados foram: três densidades de plantas (100; 150 e 200 mil plantas/ha) e duas doses de regulador (redutor) de crescimento cloreto de mepiquat (50 e 75 g i.a./ha), respectivamente, 1 e 1,5 litros/ha do produto comercial .(Tabela1). A função das doses de regulador foi obter plantas com diferentes alturas na colheita, introduzindo esse fator adicional na equação de superfície de resposta, numa função de produção baseada nos dados de classes de altura de plantas vs. Densidade de plantas na colheita, dentro de cada um dos quatro espaçamentos. O mencionado fator adicional passa a ser denominado "variável estranha".

.A conceituação de "variável estranha" conforme Oliveira (2007); é aquela que se interpõe indevidamente entre a variável dependente (VD) e as independentes (VI) confundindo o pesquisador, impossibilitando-o de chegar a resultados conclusivos. Verifica-se a ausência de casos de aplicação

deste conceito, na literatura brasileira e mundial, incluído num modelo ajustado de superfície de resposta com as isoquantas.

Neste trabalho, a caracterização da altura de plantas, da cultivar Delta Opal, foi realizada amostrando-se 5 plantas/parcela, então consideradas suficientes. Todavia, Freitas et al. (2001) concluíram que podem ser usadas seis plantas. . A análise estatística seguiu o modelo de regressão ajustado no procedimento rsreg do SAS, versão 8, 1999, Windows. Cunha et al. (2009) empregaram a técnica de superfície de resposta e a construção de, mapas de isoquantas no estudo de espaçamento e densidade de plantas de algodoeiro.

	G.L.
Modelo	5
Linear	2
Quadrático.....	2
Produto	1
Erro total.....	18
Falta de ajustamento	6
Erro puro	12
Total	23 (para cada um dos quatro espaçamentos).

As figuras contendo os mapas de isoquantas foram construídas com a utilização do software Origin 6.0. As operações realizadas em latossolo roxo eutrófico, corrigido para fertilidade, são mostradas na tabela a seguir:

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, estão os componentes de análise de regressão para produtividade, nos espaçamentos de fileiras duplas e fileiras simples na cultivar Delta Opal. Santa Helena de Goiás-GO, 2006/2007.

A diferença de + 1565 kg/ha (PAC), Tabela 4, obtida dentro do espaçamento de 90 cm, é maior que +180 kg/ha de Carvalho et al (1994) citados por Shiratsuchi et al. (2005a) em espaçamento de 100 cm entre fileiras e densidade de 70 mil plantas/ha, com cloreto de mepiquat, plantas menores que 100 cm, entretanto suas produtividades situaram-se num patamar inferior a 3 mil kg/ha, no Estado de São Paulo, limitadas ainda pela baixa adubação nitrogenada (24 kg/ha de N), tendo IAC-19 como cultivar indicadora. Souza (2009) com a técnica DRIS alcançou 6400 kg/ha (PAC) em Silvânia, Goiás.

No espaçamento duplo de 38 cm (Fig.1), a produtividade aumentou com o aumento da densidade atingindo o ponto estacionário na altura de plantas até 80 cm e produtividade de menos-507 kg/ha. Entretanto, a maior produtividade obtida foi na altura em torno de 140 cm e densidade de 70 a 190 mil pl/ha, com 5080 kg/ha. Os espaçamentos reduzidos em fileiras duplas de 38 cm, e 45 cm, proporcionaram para Delta Opal (Tabela 4) um incremento de 2620 e 3840 kg/ha, respectivamente, na produtividade, em relação ao espaçamento convencional de 90 cm, utilizado pelo produtor, em Santa Helena de Goiás.

CONCLUSÕES

1. Os espaçamentos reduzidos de fileiras duplas de 38 e 45 cm, na altura ótima, proporcionaram aumentos de 2620 e 3840 kg/ha (PAC), respectivamente, na produtividade, em relação ao espaçamento convencional de 90 cm utilizado pelo produtor, com a cultivar Delta Opal.

2. Dependendo da densidade de plantas, 120 a 140 mil, as alturas de plantas que resultaram em maiores produtividades da cultivar Delta Opal situaram-se entre 120 e 132 cm.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a participação da Engª. Agrª Késia de Assis Barbosa, na condução dos trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, L. H.; CHIAVEGATO, E. J.; CIA, E.; KONDO, J. I.; SABINO, J. C.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; BORTOLETTO, N.; GALLO, P. B. Fitorreguladores de crescimento e capação na cultura algodoeira. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 2, 1994. p. 247-54.

CUNHA, H. F. C.; SANTOS, G.; OLIVEIRA, A. B. de; DESSIMONI, M. G. L.; SERAPHIN, J. C. Emprego de superfície de resposta no estudo de espaçamento e densidade em cultivares de algodoeiro. Senador Canedo-GO, 2007/2008. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados**: anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. Disponível em:< http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba7/VIICBA_anais/FSP P.271(1271-1278).pdf>. Acesso em:

FREITAS, J. A. de; SILVA, E. de B.; FALLIERI, J.; LANZA, M. A.; FARIA, R. S. de; SILVA, P. J.da Tamanho de amostra na parcela para caracterização da altura de plantas de algodoeiro herbáceo Gossypium hirsutum. **Ciência Rural,** Santa Maria-RS, v. 1, n. 4, p. 583-587, 2001.

LAMAS, F. M. **Cloreto de mepiquat, thidiazuron e othephon aplicados no algodoeiro (*Gossypium hirsutum)*, Ponta Porã-MS.** 1997. 192 p. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

OLIVEIRA, S. da C. **O método experimental e controle de variáveis.** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://doutorsilverio.blogspot.com/2007/11)mtodos-de-pesquisa-em-psicologia-3.html>. Acesso em:

QUEIROS, L. R. **Técnicas computacionais de suporte à agricultura de precisão com vistas a otimizar a aplicação de fitorreguladores na cotonicultura**. 2004. 75 p. Dissertação. (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SHIRATSUCHI, L. S.; QUEIROS, L. R.; VINHAL, C. D. N. **Mapping cotton height using ultrasonic sensors** = mapeamento da altura de plantas de algodão utilizando sensor ultrassom. Planaltina-DF, Embrapa Cerrados. 2005. Poster. EEEC Embrapa MAPA .

SHIRATSUCHI, L. S.; QUEIROS, L. R.; VINHAL, C. D. N. Mapeamento da altura de plantas de algodão utilizando sensor ultrassom. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2005, Sete Lagoas. [Anais]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005a. 1 CD-ROM.

SHIRATSUCHI, L.S.; QUEIROS, L.R.; VINHAL, C.D.N. Desenvolvimento de um sistema protótipo para o mapeamento da altura de plantas de algodão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3., 2005, Sete Lagoas. [Anais]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005b. 1 CD-ROM.

SHIRATSUCHI, L. S.; QUEIROS, L. R.; VINHAL, C. D. N. Utilização de um sistema de integração software e hardware para o mapeamento da altura de plantas de algodão em lavoura comercial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2006, São Pedro, SP. **Anais**... São Pedro: ESALQ/USP, 2006. 1 CD-ROM.

SHIRATSUCHI, L.S.; MAGALHÃES, P. G. Sistema para mapeamento da altura de plantas de algodão: uma nova abordagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Agroenergia e desenvolvimento tecnológico** : anais. João Pessoa: SBEA, 2006. 1 CD-ROM.

SHIRATSUCHI, L. S.; QUEIROS, L. R.; VINHAL, C. D. N.; ALBERTO JÚNIOR, C.; ASSFALK, M. A. **Sistema para mapeamento da variabilidade espacial da altura do algodoeiro com a finalidade de otimizar a aplicação de reguladores de crescimento.** PATENTE, PI0503248-2.2006

SOUZA, R. de F. **Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) para a cultura do algodão no município de Silvânia – Goiás**. 2009. 116 p. Dissertação [Mestrado] –Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2009.

Tabela 1. Operações de manejo da cultura realizadas durante a condução do ensaio no campo em Santa Helena de Goiás, 2006/2007. Cultivar Delta Opal

Operações realizadas	Ano 2006/2007	
Calagem	Correção para 60% Saturação de bases	
Fosfatagem	Em anos anteriores	
Adubo de plantio fórmula	400 kg/ha de 04-30-16 + 05%zn+04% de B.	
Tratamento de sementes	Com mistura de fungicida e inseticida	
Plantio	13 e 14 dez 2006 (plantio direto na palha de milheto)	
Desbaste	14/01/2007	24 dae
Regulador de Crescimento; Pix HC Dias Após Emergência	1 l/ha	1,5 l/há
	1ªaplic. 40 ml/ha – 41dae	60 ml/ha – 41 dae
	2ªaplic. 40 ml/ha – 64dae	60 ml/ha – 64 dae
	3ªaplic. 50 ml/ha – 79dae	75 ml/ha – 79 dae
	4ªaplic. 70 ml/ha – 92dae	105 ml/ha – 92 dae
Total de Pix HC	200 ml/ha(50g i.a./ha)	300 ml/ha (75g i.a./ha)
Cobertura: Fórmula N e K	1ª cob. 15 dae 20-00-20, 80 kg de N e K/ha.	
	2ª cob. 33 dae 20-00-20, 80 kg de N e K/há	
	3ª cob. 64 dae 20-00-20, 80 kg de N e K/há	

Para complementar a metododogia empregada no trabalho foi construída a tabela 2, mostrada a seguir.

Tabela 2. Espaçamentos, Densidades, Número de plantas, Distância entre plantas, Adubação de plantio e Adubação em cobertura. Santa Helena de Goiás, 2006/2007 Delta Opal, foram adotados conforme especificações abaixo.

Espaçamento	Densidade (pl/ha)	Número de Plantas/m	Distância Entre Plantas (cm)	Adubação de Plantio (g/m) * (²)	Adubação de Cobertura (N+K) (g/m) (³)		
					1ª	2ª	3ª
76-convencional	100 mil	8	13	30,4	15,2	15,2	15,2
76-TFD (20+56) (¹)	100 mil	4	26	15,2	7,6	7,6	7,6
76-convencional	150 mil	11	9	30,4	15,2	15,2	15,2
76-TFD (20+56)	150 mil	6	17	15,2	7,6	7,6	7,6
76-convencional	200 mil	15	7	30,4	15,2	15,2	15,2
76-TFD (20+56)	200 mil	8	13	15,4	7,6	7,6	7,6
90-convencional	100 mil	9	11	36,0	18,0	18,0	18,0
90-TFD (20+70)	100 mil	5	22	18,0	9,0	9,0	9,0
90-convencional	150 mil	13	7	36,0	18,0	18,0	18,0
90-TFD (20+70)	150 mil	7	15	18,0	9,0	9,0	9,0
90-convencional	200 mil	18	6	36,0	18,0	18,0	18,0
90-TFD (20+70)	200 mil	9	11	18,0	9,0	9,0	9,0

(¹) Tecnologia de Fileira Dupla (TFD) e Convencional (TC); (²) 400 kg/ha de 04-30-16 + 0,5%de Zn e 0,4% de boro.
(³) 80 kg/ha de N e K. da fórmula 20-00-20

Tabela 3. Componentes da análise de regressão com a comparação dos valores F e significâncias, das quatro superfícies de resposta relativas a produtividade de algodão em caroço (PAC), kg/ha, cultivar Delta Opal. Santa Helena de Goiás GO, 2006/2007.

		Contraste 1		Contraste 2	
		FD76(38)	FS90(90)	FD90(45)	FS76(76)
1	Modelo Sup. de Resposta	0,84ns	8,70**	1,59ns	0,41ns
2	Coeficiente R^2	0,17ns	0,71**	0,31ns	0,10ns
3	Efeito linear	1,82ns	21,33**	0,89ns	0,91ns
4	Efeito quadrático	0,05ns	0,07ns	2,90ns	0,08ns
5	Efeito produto	0,44ns	0,71ns	0,37ns	0,04ns
6	Falta de ajustamento	0,33ns	0,65ns	0,12ns	0,79ns
7	Erro puro (QM)	339125	194379	236085	225911
8	Fator CLASALTP	0,23ns	13,84**	1,74ns	0,59ns
9	Fator CLASDEN	1,26ns	0,24ns	2,39ns	0,06ns
10	Ponto estacionário	mínimo	sela	sela	Máximo
11	Valor predito (kg/ha)	-507	3868	4477	4285
12	Média (PAC) kg/ha	4589	3266	4394	3959
13	Diferença (kg/ha PAC)	+ 1323 kg/ha		+ 435 kg/há	

CV (%)	11,63	11,66	9,30	12,40
FD= Filleiras duplas	FD76(38)		FD90(45)	
FS=Fileiras simples		FS90(90)		FS76(76)
Média CLASALTP Altura de plantas	116cm	84cm	106cm	97cm
Média CLASDEN Densidade	136mil	126mil	140mil	110mil
№ capulhos por planta 2 pl/parcela	8,9	7,9	7,6	9,0
Peso médio amostra de 20 capulhos	112 g	109g	113g	115g
Fechamento da cultura	66 dias	107 dias	77 dias	97 dias

Tabela 4. Comparações de médias (kg/ha de algodão em caroço (PAC), densidade e altura de plantas, dentro de espaçamentos, examinando os mapas de isoquantas nas Figuras 1, 2, 3 e 4. Santa Helena de Goiás-GO Brasil, 2006/2007. Cultivar Delta Opal

Comparações		Contraste 3		Contraste 4	
		38 cm FD76	76 cm FS76	45 cm FD90	90 cm FS90
		Figura 1	Figura 2	Figura 3	Figura 4
Menor Altura de Plantas	kg/ha (PAC)	4255	3400	4200	2460
	ClasseDensidade	160mil	70mil	170mil	110 mil
	ClasseAltura	100cm	70cm	100cm	70cm
Maior Altura de Plantas	kg/ha	5080	4200	6300	4735
	ClasseDensidade	70-190	70mil	140mil	190 mil
	ClasseAltura	140	1 30	132cm	125 cm
Dentro/Maior altura de plantas		+ 880 kg/ha		+1565 kg/ha	

Reduzido vs. D/Maior altura de 90cm	38 e 90 cm	5080 – 4735
	45 e 90 cm	6300 – 4735
Reduzido vs. D/Menor altura de 90 cm	38 e 90 cm	5080 -2460
	45 e 90 cm	6300 -2460

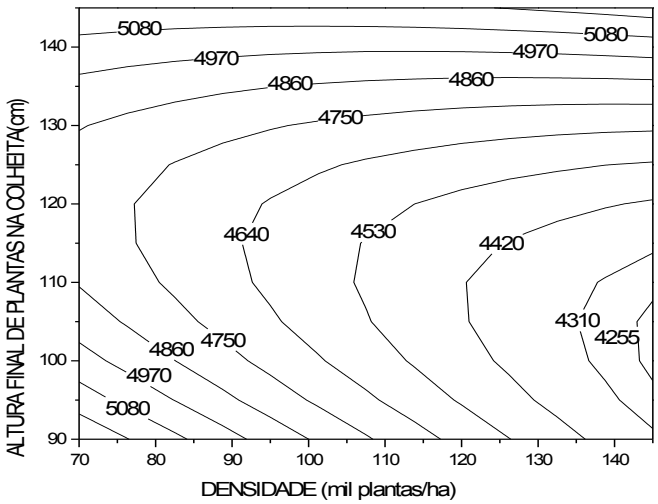

Figura 1. Mapa de isoquantas para espaçamento duplo de 38 cm.
Y= 14493-144,55CLASALTP-25,38CLASDEN+0,559CLASALTP²+0,0122CLASDEN² + 0,1576CLASALTP*CLASDEN (ESP=38 FD76). CV= 11,63% Média = 4589 kg/ha (PAC), R²=0,17, cultivar Delta Opal.

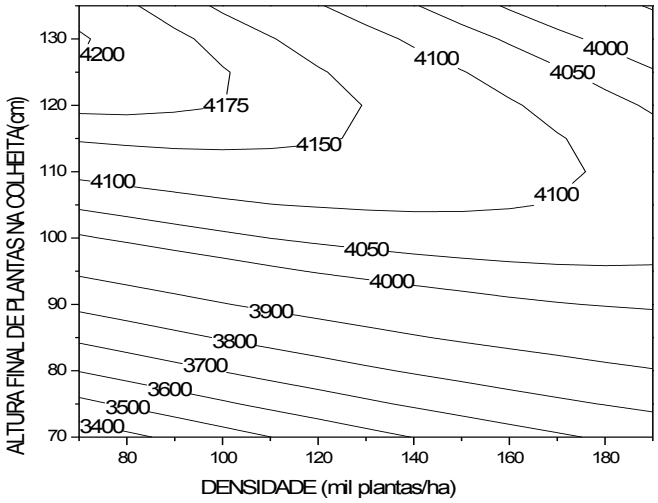

Figura 2. Mapa de isoquantas para espaçamento simples de 76 cm.
Y= -763+70, 78CLASALTP+12, 24CLASDEN-0, 25CLASALTP²-0,01CLASDEN² - 0,09CLASALTP*CLASDEN (ESP=76 FS76), CV= 11,66% Média = 3959kg/ha PAC), R²=0,10, cultivar Delta Opal.

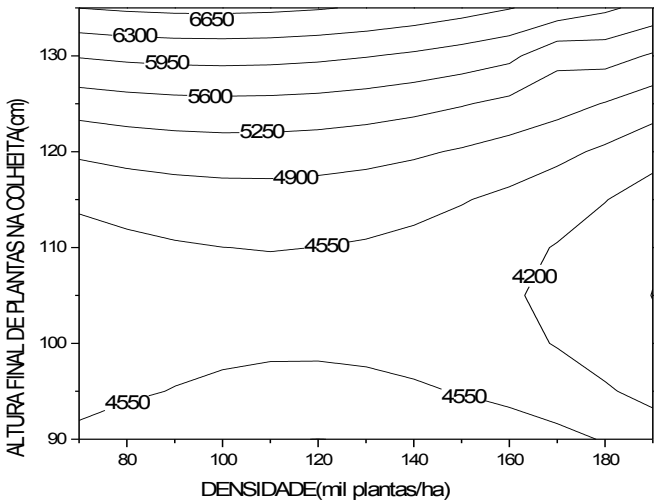

Figura 3. Mapa de isoquantas para espaçamento duplo de 45 cm.
Y=- 26455 – 461, 70CLASALTP+34, 61CLASDEN+2,284CLASALTP² - 0,104CLASDEN² - 0,107CLASALTP*CLASDEN (ESP=45 FD90)
CV= 9,30% Média=4394 kg/ha(PAC) R²=0,31 Delta Opal

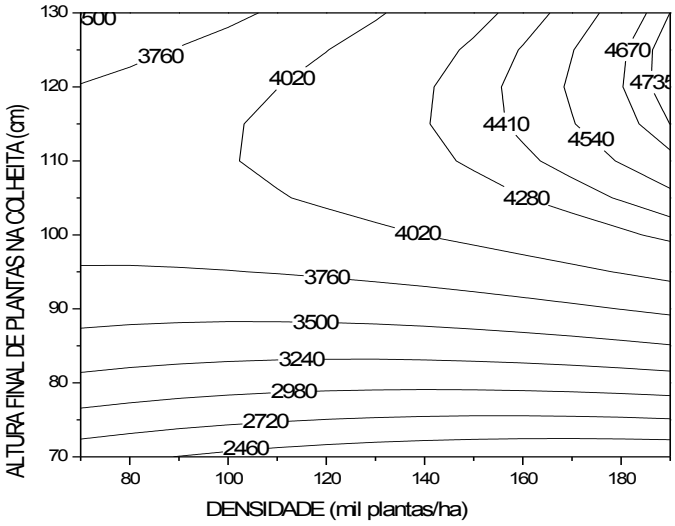

Figura 4. Mapa de isoquantas para espaçamento simples de 90 cm.
Y=- - 5235 + 183,88CLASALTP – 25,38CLASDEN -0,922CLASALTP² + 0,028CLASDEN² + 0,221CLASALTP*CLASDEN (ESP=90 FS90)
CV= 12,40% Média=3266 kg/ha(PAC) R²=0,71 Delta Opal