

# UM ESTUDO SOBRE A SELEÇÃO DE ÁREAS ADAPTATIVAS DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS APLICADOS A MAIS DE UMA CULTURA

*Jaime Hidehiko Tsuruta<sup>1</sup>  
Takashi Hoshi<sup>2</sup>*

## RESUMO

Informações geográficas sobre grandes áreas podem ser obtidas de modo macroscópico, com base em dados de imagens de satélites de recursos naturais. Exemplos de aplicações na área de agricultura com experimentos de seleção de áreas de desenvolvimento agrícola têm sido fundamentados em informações geográficas e também em informações relacionadas com solos e pesquisas sobre clima. Porém, as metodologias aplicadas eram eficientes para pequeno número de áreas e para monoculturas. Este trabalho selecionou áreas de desenvolvimento agrícola com abordagem de algoritmos genéticos aplicados a mais de uma cultura. Com esses algoritmos, que são parte dos modelos computacionais inspirados na natureza e usados para resolver problemas de busca e otimização, maximiza-se a renda líquida total das culturas plantadas. A área de estudo se localiza no município de Iraí de Minas, MG, e estudou-se a produção de duas culturas: soja e milho. Neste modelo, a produção das culturas decorre de aplicações de insumos básicos no solo (calcário e fertilizantes), além dos custos dos sistemas de produção. As doses desses insumos foram ajustadas aos custos dos sistemas de produção da região. A implantação de sistemas de irrigação com o objetivo de evitar perda na produção ocasionadas por veranicos foi considerada. Em virtude da evolução das pesquisas genéticas, rendimentos de novas variedades

---

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa, Mestre em Informática pela Universidade de Tsukuba, Japão.

<sup>2</sup> Professor Titular da Universidade de Ibaraki, Nakanarusawa-cho. Doutor em Engenharia.

de sementes também foram considerados. Os resultados obtidos mostraram que a seleção de áreas de desenvolvimento agrícola usando algoritmos genéticos para mais de uma cultura foi efetivada.

**Palavras-chave:** algoritmo genético, otimização, seleção de áreas adaptativas de desenvolvimento agrícola.

## 1 Introdução

As questões de onde e como desenvolver regiões agrícolas e seus produtos podem ser tratadas como um problema de otimização resolvidas através da seleção de áreas adaptáveis ao desenvolvimento agrícola.

Atualmente, diversas informações geográficas de grandes áreas podem ser obtidas de modo macroscópico com base em dados de imagens de satélites de recursos naturais. Na agricultura, experimentos de seleção de áreas adaptativas de desenvolvimento agrícola podem ser vistos em grandes áreas, fundamentados em informações geográficas e também em informações relacionadas com solos e dados de pesquisas sobre clima. Como exemplo, o trabalho de Inagaki (1986) modela e esclarece um método de seleção, para a produção de arroz. Esse trabalho define oito características do solo, e as condições de tais características, em que se expressa a relação entre as características do solo e a produtividade do arroz com o *minimum pathvector* da teoria confiável do sistema coerente multicondicional. Posteriormente é estimado o custo de melhoramento das condições destas características e, para enfrentar o problema geral de maximizar a produção agrícola e minimizar o custo total de desenvolvimento, a curva *Pareto* de solução ótima é obtida (Inagaki, 1987). Este método de Inagaki é eficiente quando o número de áreas é pequeno; porém em grandes regiões, onde o número de áreas é enorme, existe dificuldade de se encontrar a solução em virtude do aumento no número de cálculos. Assim, mesmo observando-se o problema de otimização de larga escala, a fusão com um método que solucionasse a

otimização por aproximação se tornava indispensável. Com a finalidade de obter um método para resolver tal problema, o trabalho de Yamamoto & Hoshi (1996) mostra um experimento com a aplicação de algoritmos genéticos.

Nesta nova metodologia usando algoritmos genéticos, cada cromossomo possui vários genes que representam as diversas variáveis correspondentes às características do solo da área de estudo. Os resultados obtidos com a introdução de alguns fenótipos para aumentar a aplicabilidade dos algoritmos genéticos e com a função de avaliação controlando as condições de restrições foram comparados aos obtidos por Inagaki e considerados toleráveis.

Entretanto, o referido trabalho não foi aplicado para mais de uma cultura.

## **2 Objetivo**

Este estudo tem por objetivo selecionar áreas adaptativas de desenvolvimento agrícola otimizando a renda líquida total das culturas plantadas por meio do uso de algoritmos genéticos aplicados a mais de uma cultura<sup>3</sup>.

## **3 Metodologia**

Esta pesquisa seleciona áreas adaptativas de desenvolvimento agrícola utilizando métodos computacionais evolucionários chamados de Algoritmos Genéticos (GAs). Tais algoritmos computacionais são muito eficientes na busca de soluções ótimas, ou aproximadamente ótimas, em uma grande variedade de problemas, pois não impõem muitas das limitações encontradas nos métodos tradicionais de busca. As vantagens de se usar GAs são: a) não requerem conhecimentos ou informações de gradiente de uma superfície de resposta; b) descontinuidades na superfície

---

<sup>3</sup>Neste trabalho estão incluídos a soja e o milho. Outras culturas já estão sendo estudadas.

de resposta têm pouco efeito na performance geral da otimização; c) são resistentes à queda nas armadilhas de ótimos locais; d) resolvem problemas de otimização de larga escala; e e) podem ser empregados em uma grande variedade de problemas de otimização (Schaffer, 1999).

Não existe uma definição rigorosa de algoritmos genéticos aceita por toda a comunidade da computação evolucionária. Goldberd (1989), Whitley (1993) e Beasley (1993) definem GAs como “algoritmos de busca baseados nos mecanismos de seleção natural e genética”, “uma família de modelos computacionais inspirados na evolução” e “métodos adaptativos que podem ser usados para resolver problemas de busca (*search*) e otimização”, respectivamente.

Os GAs formam a parte da área de sistemas inspirados na natureza, simulando os processos naturais e aplicando-os à solução de problemas reais. São métodos generalizados de busca e otimização que simulam os processos naturais de evolução, aplicando a idéia darwiniana de seleção. De acordo com a aptidão e a combinação com outros operadores genéticos, são produzidos métodos de grande robustez e aplicabilidade. Estes algoritmos estão baseados nos processos genéticos dos organismos biológicos, codificando uma possível solução de um problema de cromossomo composto por cadeia de *bits* e caracteres. Tais cromossomos representam indivíduos que são levados ao longo de várias gerações, na forma similar aos problemas naturais, evoluindo de acordo com os princípios de seleção natural e sobrevivência dos mais aptos, descritos pela primeira vez por Charles Darwin (1958 e 1994) em seu livro *On the Origin of Species* publicado por John Murray em 1859. Emulando esses processos, os GAs são capazes de ‘evoluir’ soluções de problemas do mundo real. Os GAs foram inicialmente propostos pelo prof. John Holland (1975) da Universidade de Michigan e sistematizados por David E. Goldberg (1989) ao modelar a evolução biológica. Recentemente, estudos tem sido feitos por vários pesquisadores, abrangendo uma variedade de tópicos (Back, 1996; Mitchell, 1997; Schaffer, 1999; Welstead, 1994 e Whitley, 1993).

Os cromossomos, numa população de GAs, tipicamente tomam a forma de cadeia de *bits*. Cada *locus* do cromossomo tem dois *alleles* possíveis: 0 e 1. Cada cromossomo pode ser considerado como um ponto no espaço de busca de uma solução de candidatos. Os GAs processam as populações de candidatos sucessivamente, substituindo uma população por outra. Muito frequentemente, os GAs requerem uma função de adaptação, também chamada de função de avaliação (*fitness*), que assinala um escore para cada cromossomo da população atual. A adaptação de um cromossomo depende de quão bem o cromossomo resolve o problema.

O princípio básico do funcionamento dos GAs é que um critério de seleção vai fazer com que, depois de muitas gerações, o conjunto inicial de cromossomos gere cromossomos mais aptos. A seleção natural garante que os cromossomos mais bem adaptados se propaguem para as futuras populações. Além do critério de seleção, os cromossomos mais bem adaptados são procurados também através de operadores genéticos: mutação e recombinação.

A forma mais simples de um algoritmo genético envolve, assim, três tipos de operadores: seleção, cruzamento (ponto simples) e mutação.

**Seleção:** este operador seleciona cromossomos na população para reprodução. Os mais adaptados são selecionados mais vezes para se reproduzirem.

**Cruzamento (*crossover*):** este operador escolhe aleatoriamente um *locus* e intercambia as seqüências antes e depois destes *locus* entre dois cromossomos a fim de criar dois descendentes. Por exemplo, os *strings* 10000100 e 11111111 poderiam cruzar depois do segundo *locus*, produzindo dois descendentes 10111111 e 11000100. Este operador cruzamento imita grosseiramente a recombinação biológica entre dois cromossomos simples (*haploid*). O cruzamento não é geralmente aplicado a todos os pares de indivíduos selecionados. Uma escolha aleatória é feita, em que geralmente a probabilidade de cruzamento ( $p_c$ ) situa-se na faixa de 0,6 a 1,0 (Beasley, 1993). Se o cruzamento não é aplicado, os descendentes são produzidos simplesmente pela duplicação

dos genitores, proporcionando a cada indivíduo uma oportunidade de passar com seus genes sem ser perturbado.

Mutação (*mutation*): Este operador aleatoriamente muda (*flip*) alguns bits de um cromossomo. Por exemplo, o *string* 00000010 poderia ser mutado na terceira posição, produzindo 00100010. Mutações podem ocorrer em cada posição de *bit* de um *string* sob alguma probabilidade ( $p_m$ ), geralmente muito pequena (ex., 0,001) (Beasley, 1993). A mutação é aplicada em cada indivíduo depois do cruzamento. O tradicional ponto de vista é que o cruzamento é mais importante pela rapidez em explorar um espaço de busca, enquanto a mutação fornece uma pequena busca aleatória, ajudando a garantir que nenhum ponto do espaço de busca tenha uma probabilidade zero de ser examinado.

Definido claramente um problema a ser resolvido e uma representação de cadeia de *bits* para soluções candidatas, um algoritmo genético simples funciona da seguinte maneira:

i) Inicia com a geração aleatória de uma população de  $n$  cromossomos com  $m$ -bits;

ii) Calcula o valor de adaptação  $f(x)$  de cada cromossomo na população;

iii) Repete os seguintes passos até  $n$  descendentes terem sido criados:

a) Seleciona um par de cromossomos genitores dentro da população atual, com a probabilidade de seleção sendo diretamente proporcional à sua adaptação. O mesmo cromossomo pode ser selecionado mais de uma vez para ser genitor.

b) Com probabilidade  $p_c$  (probabilidade de cruzamento, ou razão de cruzamento), cruzam-se pares a um ponto escolhido aleatoriamente para formar dois descendentes. Se não houver cruzamento, dois descendentes são cópias exatas de seus genitores.

c) Muta dois descendentes em cada *locus* com probabilidade  $p_m$  (probabilidade de mutação, ou razão de mutação) e coloca o cromossomo resultante na nova população.

Se  $n$  for ímpar, um membro da nova população pode ser

descartado aleatoriamente.

- iv) Substitui a velha população pela nova;
- v) Vai para o passo ii.

O Anexo 1 mostra o fluxograma de um algoritmo genético simplificado contendo os princípios básicos de evolução da população de indivíduos através do tempo, a aplicação do critério de seleção dos indivíduos mais bem adaptados e dos operadores de cruzamento e de mutação.

Cada interação deste processo é chamada de geração. O conjunto inteiro de gerações é chamado de execução. No fim de uma execução haverá um ou mais cromossomos altamente adaptados na população. Se os GAs forem corretamente implementados, a população evolui em sucessivas gerações de tal forma que a adaptação do melhor e a média individual em cada geração aumenta em direção a um ótimo global.

O problema de selecionar áreas de desenvolvimento de terras cultiváveis é expresso pelas seguintes equações:

$$Y = \sum_{i=1}^n a_i y_i \quad (1)$$

$$R = \sum_{i=1}^n a_i r_i \quad (2)$$

$$C = \sum_{i=1}^n a_i c_i \quad (3)$$

$$\text{condições: } (r_i - c_i) > 0 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (4)$$

$$C < C_{\text{disp}} \quad (5)$$

em que :

- Y : produção total dos produtos cultivados;
- R : receita bruta total dos produtos cultivados;
- C : custo total dos produtos cultivados;

- $i$  : índice do produto cultivado, sendo ( $i = 1, \dots, n$ ) e  $n$  o número de culturas;  
 $a_i$  : área plantada do produto  $i$ ;  
 $y_i$  : rendimento por unidade de terra do produto  $i$ ;  
 $r_i$  : renda bruta por unidade de terra do produto  $i$ ;  
 $c_i$  : custo da produção por unidade de terra do produto  $i$ ;  
 $C_{disp}$  : capital disponível de investimento.

As condições são que a renda líquida do produto seja positiva (4) e que o custo total de produção seja menor que o capital disponível para investimento  $C_{disp}$ , expresso na equação (5).

#### 4 Materiais

A área de estudo deste trabalho situa-se na região do Cerrado, especificamente em alguns lotes da região de Iraí de Minas, localizada no Alto Paranaíba, no meio oeste do Estado de Minas Gerais, com área de 358 km<sup>2</sup> e população de 4.801 habitantes (IBGE, 2000), a aproximadamente 100 km ao leste da cidade de Uberlândia, MG. São estudadas duas culturas nessa área: a soja e o milho. As características da produtividade são funções da dosagem de calcário para correção do pH do solo, de nutrientes necessários ao desenvolvimento destas culturas, de novas variedades de cultivares desenvolvidas pelas pesquisas genéticas e da implantação da irrigação a fim de evitar perdas com o veranico, que são os dias de seca prolongada em época de chuva no Cerrado.

O método de codificação para o GA é executado em cada lote, com ( $a_i$ ) a porcentagem de área de plantio do produto  $i$  na área de lavoura e  $p_i$  a quantidade de fósforo ( $p_i$ ) do produto  $i$  necessária para os diversos níveis de produtividade de cada produto (Figura 1). Portanto, cada lote contém um total de quatro variáveis em 21 lotes, totaliza-se 84 variáveis para a região. Como cada variável está expressa em 3 *bits*, um único cromossomo da região é representado por 252 *bits*.



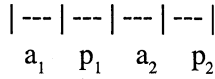


Figura 1- Quatro variáveis referentes a um único lote

A região de Iraí de Minas fez parte do Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER), criado para ajudar na ampliação da fronteira agrícola do país, com uma ocupação que ocorreu entre 1979 e 1982. As informações sobre os lotes e as áreas de lavouras, pecuárias e reservas (Tabela 1) foram extraídas do mapa fornecido pela Companhia de Promoção Agrícola- Campo (1992/93).

Como o tratamento do solo depende da sua análise, tentou-se recuperar os dados iniciais dos solos dessa região, por meio de contatos com a Campo, e posteriormente com a Cooperativa Copamil de Iraí de Minas. Não sendo encontrados os dados originais, foi colocada na última coluna, da direita, uma definição do tipo de solo de cada lote, para ficar de acordo com o trabalho realizado por Vilela (1978). Assim, os números 0 (zero) e 1 (um) representam dois tipos de solo mais comuns na região: Latossolo Vermelho Escuro (LVE) e Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), respectivamente.

Tabela 1. Identificação de lotes, áreas e tipo de solo.

Identificação	Lavoura (ha)	Pecuaría (ha)	Reserva (ha)	tipo solo
lote-6	230,0	77,7	20,0	0
lote-7	289,0	0,0	0,0	0
lote-8	230,0	105,3	0,0	0
lote-9	204,5	87,9	20,0	0
lote-10	239,0	67,5	20,0	0
lote-11	240,0	11,0	20,0	0
lote-12	262,0	77,0	20,0	0
lote-13	256,0	81,0	0,0	0
lote-14	262,0	75,0	20,0	0
lote-15	265,0	79,3	0,0	1
lote-16	210,0	110,3	30,0	0
lote-17	216,0	66,1	20,0	1
lote-18	223,0	64,5	20,0	1
lote-19	211,0	61,5	47,0	1
lote-20	226,0	76,0	20,0	1
lote-21	244,0	70,5	20,0	1
lote-22	262,0	71,5	20,0	1
lote-23	255,0	73,5	20,0	1
lote-24	292,0	75,1	20,0	1
lote-25	240,0	43,6	31,5	1
lote-26	210,0	75,8	30,0	1

Fontes: Campo, 1992/93 e Vilela, 1978

A Tabela 2 mostra a quantidade de calcário (calagem), conforme as características químicas do solo. As quantidades de adubação corretiva: 240 kg de  $P_2O_5$  e 100 kg de  $K_2O$  são valores publicados no trabalho de Souza (1984).

Tabela 2. Dados de análise química do Latossolo Vermelho Escuro (LVE) e do Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) em condições naturais e após aplicação respectiva de 4 ton. de calcário/ha no LVE e 2,5 ton/ha no LVA.

Características químicas	Solo natural		Solo após calagem e adubação potássica		
			6 meses		12 meses
	LVE	LVA	LVE	LVA	LVE
pH	4,5	4,7	5,2	5,2	5,2
Al <sup>3+</sup> (meq/100g)	0,90	0,43	0,20	0,05	0,05
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> (meq/100g)	0,40	0,25	2,90	2,20	2,50
K (ppm)	25	21	52	21	38
P (ppm)	0,5	traços	1,0	1,5	traços
Sat. Al (%)	66	59	6	2	7

Fonte: Vilela, 1978

O rendimento da soja em função de doses de fósforo aplicadas estão na Tabela 3.

Tabela 3. Rendimento da soja em função de doses de fósforo aplicado a lanço.

cultivar UFV-1	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Rend.grãos (kg/ha)
0	77
150	2.020
300	2.488
600	2.993
1.200	3.159

Fonte: Vilela, 1978

O presente trabalho utiliza o Sistema de Produção da soja (EMBRAPA, 1998) relativo à região do Cerrado. O custo de produção por hectare, excluindo-se os insumos calcário, fósforo e potássio é de R\$ 479,43. A quantidade de calcário indicada nesse sistema é de 800 kg, e as de fósforo e de potássio são de 60 kg e 60 kg, respectivamente. A Tabela 4 mostra reajuste do rendimento da soja com esta nova quantidade de fósforo, centralizado no valor 2.020 kg de soja por hectare; isto é, nesta linha de rendimento, o fósforo aplicado originalmente (150) é transformado para o novo valor do sistema de produção (60). Todas as demais doses de fósforo originais são reajustadas proporcionalmente, resultando nas novas doses da coluna dois.

Tabela 4. Reajuste da rendimento da soja em função das doses de fósforo.

Doses de fósforo original (kg)	Doses reajustadas de fósforo (kg)	Rendimento (kg/ha)
0	0	77
150	60	<b>2.020</b>
240	96	2.300
300	120	2.488
600	240	2.993
1.200	480	3.159

Inclui-se aqui mais uma cultura, o milho, em que o seu rendimento em função das doses aplicadas de fósforo (Miranda, 1980) está expresso na Tabela 5.

Tabela 5. Rendimento de milho, conforme doses de fósforo aplicado.

Doses de fósforo (kg/ha)	Rendimento em grãos (kg/ha)
40	2.260
160	5.230
320	6.270
640	6.790
1.820	7.960
2.000	8.300

Fonte: Miranda, 1980

Neste trabalho, também foram utilizados os dados do Relatório do Sistema de Produção do milho (EMBRAPA, 1998), para a região dos Cerrados. O custo de produção por hectare, excluindo-se os insumos calcário, nitrogênio, fósforo e potássio, é de R\$ 238,36. A quantidade de calcário indicada neste sistema é de 1 tonelada e a quantidade de fertilizantes é de 10 kg de nitrogênio, 50 kg de fósforo e 50 kg de potássio. A Tabela 6 mostra o rendimento do milho reajustado com novas quantidades de fósforo, centralizado no valor 2.260 kg de milho por hectare; isto é, nesta linha de rendimento, o fósforo aplicado originalmente (40) é transformado para o novo valor do sistema de produção (50). Todas as demais doses de fósforo originais são reajustadas proporcionalmente, resultando nas novas doses da coluna do meio.

Tabela 6. Reajuste do rendimento do milho em função das doses de fósforo.

Doses de fósforo (kg)	Doses reajustadas de fósforo (kg)	Rendimento (kg/ha)
40	50	<b>2.260</b>
160	200	5.230
320	400	6.270
640	800	6.790
1.820	2.275	7.960
2.000	2.500	8.300

Os preços dos insumos e produtos consultados no *site* da FNP (2000), referentes à cidade de Uberlândia, MG, estão na Tabela 7. A quantidade de nutrientes dentro dos fertilizantes comercializados foram fornecidas pelo pesquisador Dr. Edson Lobato, da EMBRAPA Cerrados.

Tabela 7. Preços de insumos e produtos da região de Uberlândia, MG, em 6/07/00.

Produto	Preço por tonelada (R\$)	Preço por kg (R\$)
Nitrogênio (Uréia Agrícola : 45% )	385,00	0,86
Fósforo (Fosfatado Supertriplo : 45% )	357,00	0,79
Potássio (Cloreto de Potássio: 60%)	376,00	0,63
Calcário Dolomítico	8,50	
Milho		0,18
Soja		0,27

Fonte: FNP Consultoria e Comércio, 2000

As perdas da produção agrícola causadas por veranico nos Cerrados podem chegar a 40% de milho e 20% de soja (EMBRAPA, 1984). A frequência de veranicos, verificada em 42 anos, na região do Distrito Federal (Wolf, 1977) é mostrada na Tabela 8. Assim, acrescentou-se no modelo o custo de implantação do sistema de irrigação como mais uma variável a ser controlada pela função de avaliação do GA, com o custo de US\$ 600,00 por hectare fornecido pelo professor Dr. Edson Eiji Matsura, do Departamento de Água e Solo da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade de Campinas. O sistema de irrigação é considerado para ser usado por 20 anos e, portanto, o custo é dividido em 20 anos e em duas culturas por ano. Em virtude das maiores perdas da produção ocorrerem com 22 ou mais dias de seca, este trabalho adota perdas de 13 ou mais dias como frequência média por ano; conseqüentemente há uma perda na produção do milho de 23,6%, e na de soja, de 11,8%, no caso de não se implantar um sistema de irrigação.

Tabela 8. Frequência de veranicos no Distrito Federal.

Período de seca	frequência
8 ou mais dias	3 por ano
10 ou mais dias	2 por ano
13 ou mais dias	1 por ano
18 ou mais dias	2 em 7 anos
22 ou mais dias	1 em 7 anos

Fonte: Wolf, 1977

Considerando-se que há evolução nas pesquisas genéticas de sementes, utilizaram-se novas variedades de sementes de soja, principalmente em virtude dos dados de rendimento desse produto serem muito antigos. Obtendo-se a média de duas cultivares: BR 91-8762, com produtividade média de 3.672 kg/ha e EMBRAPA 65, com produtividade média de 3.540 kg/ha (Silva, 1998), estimou-se uma produtividade média de 3.606 kg/ha. Este reajuste é mostrado na Tabela 9, centralizado no valor máximo de produtividade, de 2.993 kg/ha; isto é, a produtividade

original (2.993) é reajustada para a nova produtividade (3.606), e as demais produtividades são reajustadas proporcionalmente, resultando nos novos valores de produtividade na coluna da direita.

Tabela 9. Reajuste das produtividades da soja, em função de nova cultivar.

Doses de fósforo (kg)	Produtividade original (kg/ha)	Produtividade reajustada (kg/ha)
96	2.300	2.760
120	2.488	2.985
240	<b>2.993</b>	3.606

## 5 Resultados

Os parâmetros para a execução do algoritmo genético neste trabalho foram sempre utilizados como: população de 1.000 cromossomos, em 1.000.000 de número de gerações, com probabilidade de cruzamento  $p_c = 0,05$ , e probabilidade de mutação  $p_m = 0,0001$ . Os valores de porcentagem de uso do solo da lavoura restringiram-se a valores de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 e 100%.

O resumo do resultado da execução do GA neste modelo, utilizando dados originais existentes do rendimento da soja em função de calcário e fertilizantes mostrados nas Tabelas 1, 2 e 3, na região dos Cerrados de Iraí de Minas, está na Tabela 10. A coluna mais à esquerda indica as doses de fósforo por hectare aplicadas. O 'Custo por hectare' é o valor da quantidade de fósforo multiplicado pelo valor unitário do fósforo. A coluna 'Custo' indica o custo dos insumos calcário, fósforo e potássio por hectare de terra. A coluna seguinte indica o custo total por hectare de terra, já incluído o respectivo valor do sistema de produção da soja. O rendimento da soja está indicado na coluna 5 que, multiplicado pelo valor por quilo da soja, resulta na coluna da renda bruta por hectare. A renda líquida é portanto o valor da diferença entre a renda bruta e o custo total.



Tabela 10. Resultados da execução do GA com dados originais da pesquisa de soja.

Dose de fósforo (kg)	Custo por ha (R\$)	Custo (Calç+ +NPK)/ha (R\$)	Custo por hectare (R\$)	Rendimento (kg/ha)	Renda bruta por ha (R\$)	Renda líquida/ha (R\$)
0	0,00	121,44	600,87	77	20	-580
150	119,00	2.064,44	2.543,87	2.020	545	-1.998
240	190,39	2.344,44	2.823,87	2.300	621	-2.203
300	237,99	2.532,44	3.011,87	2.488	671	-2.340
600	475,98	3.037,44	3.516,87	2.993	808	-2.709
1.200	951,96	3.203,44	3.682,87	3.159	852	-2.830

Fonte: Resumo do relatório da execução do GA relativo à soja

Nota-se que todos os resultados da renda líquida foram negativos. Deste modo, efetuou-se o reajuste das doses de fósforo conforme o Sistema de Produção para a soja mostrado na Tabela 4 e o resumo da nova execução do GA que é mostrado na Tabela 11.

Tabela 11. Resultados da execução do GA com dados reajustados de soja.

Dose de fósforo (kg)	Custo por ha (R\$)	Custo (Calc+ +NPK)/ha (R\$)	Custo por hectare (R\$)	Rendimento (kg/ha)	Renda bruta por ha (R\$)	Renda líquida/ha (R\$)
60	47,60	92,04	571,47	2.020	545	-26,07
96	76,16	120,60	600,03	2.300	621	20,97
120	95,20	139,64	619,07	2.488	671	52,69
240	190,39	234,83	714,26	2.993	808	93,85
480	380,78	425,22	904,65	3.159	852	-51,72

Fonte: Resumo do relatório da nova execução do GA relativo à soja

Verificando-se que existem rendas líquidas positivas e negativas no resultado acima, a função de avaliação do algoritmo genético é, portanto, ajustada para que a condição da metodologia deste trabalho, a

equação (4), seja satisfeita, e assim, as doses de aplicação de fósforo sejam limitadas somente às quantidades de rendas lucrativas.

Agora, executando-se o GA com os dados originais de milho, mostrados na Tabela 5, alcançam-se os resultados da Tabela 12, abaixo:

Tabela 12. Resultados da execução do GA com dados de milho.

Dose de fósforo (kg)	Rendimento (kg/ha)	Renda líquida/ha (R\$)
40	2.260	-1.998
160	5.230	-1.556
320	6.270	-1.495
640	6.790	-1.655
1.820	7.960	-2.379
2.000	8.300	-2.461

Fonte: Resumo do relatório da execução do GA relativo ao milho

Aqui também verificam-se rendas líquidas negativas. Os reajustes de doses de fósforo conforme o Sistema de Produção de milho mostrado na Tabela 6 são efetuados, e o resultado é mostrados na Tabela 13.

Tabela 13. Resultados da execução do GA com dados reajustados de milho.

Dose de fósforo (kg)	Custo por ha (R\$)	Custo (Caç+ +NPK)/ha (R\$)	Custo por hectare (R\$)	Rentabilidade (kg/ha)	Renda bruta por ha (R\$)	Renda líquida/ha (R\$)
50	39,67	88,05	326,41	<b>2.020</b>	408,70	82
100	79,33	127,72	366,07	3.311	598,76	233
200	158,66	207,05	445,40	5.230	945,79	500
300	237,99	286,38	524,73	5.808	1.050,32	526
400	317,32	365,71	604,06	6.270	1.133,87	530
800	634,64	683,03	921,38	6.790	1.227,90	307
2.275	1.804,76	1.853,14	2.091,50	7.960	1.439,49	-652
2.500	1.983,25	2.031,64	2.269,99	8.300	1.500,97	-769

Fonte: Resumo do relatório da nova execução do GA relativo ao milho

Aqui também se verifica a existência de rendas líquidas positivas e negativas no resultado e a função de avaliação do algoritmo genético é, portanto, ajustada para que a condição da metodologia deste trabalho, a equação (4), seja satisfeita, e assim, as doses de aplicação de fósforo sejam limitadas às quantidades de rendas lucrativas.

As várias rentabilidades da soja conforme as doses de fósforo aplicadas ao solo, e em consequência das perdas com o veranico, são mostradas na Tabela 14.

Tabela 14. Renda líquida/ha da soja com vários dias de seca .

Doses de fósforo kg/ha	Sem perda R\$	Perda de 20% da produção R\$	Perda 10% da produção R\$	Perda 5% da produção R\$	Com irrigação R\$
96	21,01	-103,19	-41,09	-10,04	-5,99
120	52,73	-81,62	-14,45	19,14	25,73
240	93,89	-67,73	13,08	53,48	66,89

Fonte: Resumo do relatório da execução do GA relativo a soja, com perdas causadas por veranico

A rentabilidade da soja conforme as doses de fósforo aplicadas ao solo, somada às perdas com o veranico e à nova cultivar (Tabela 9), são mostradas na Tabela 15.

Tabela 15. Renda líquida/ha da soja com a nova cultivar (em R\$).

Doses de fósforo kg/ha	Sem perda (R\$)	Perda de 20% da produção (R\$)	Perda de 10% da produção (R\$)	Perda de 5% da produção (R\$)	Com irrigação (R\$)
96	145,21	-3,83	70,69	107,95	118,21
120	186,92	25,73	106,33	146,62	159,92
240	259,40	64,68	162,04	210,72	232,40

Fonte: Resumo do relatório da execução do GA relativo à nova cultivar e com perdas causadas por veranico

A rentabilidade do milho conforme as doses de fósforo aplicadas ao solo, e por causa das perdas com veranico, são mostradas na Tabela 16.

Tabela 16. Renda líquida/ha do milho com vários dias de seca.

Doses de fósforo (kg/ha)	Sem perda (R\$)	Perda de 40% da produção (R\$)	Perda de 20% da produção (R\$)	Com irrigação (R\$)
50	82,29	-81,19	0,55	55,29
100	232,69	-6,81	112,94	205,69
200	500,39	122,07	311,23	473,99
300	525,59	105,46	315,52	498,59
400	529,81	76,26	303,03	502,81

Fonte: Resumo do relatório da execução do GA do milho e com perdas atribuídas a veranicos

O resultado da execução do GA incluindo o milho e a soja é mostrado na Tabela 17. A fim de evitar riscos de perdas de colheita causadas por veranico principalmente com a monocultura, pode-se combinar vários níveis de restrição (10%, 20%, ..., 90%) de área plantada, e neste trabalho estabeleceu-se plantar um máximo de 60% de milho. A perda média por ano da produção por causa de veranico também está incluída neste resultado.

Tabela 17. Receita líquida (sem irrigação) em virtude do capital de investimento disponível (em R\$ 1.000,00). Perdas do milho em 23,6%, e soja de 11,8%, por causa de veranico de 13 dias, que ocorre uma vez por ano.

Capital disponível (R\$)	Despesas (R\$)	Receita bruta (R\$)	Receita líquida (R\$)
3.000	2.654	4.327	1.673
2.000	1.998	3.384	1.386
1.000	997	1.692	695
500	497	847	350
100	98	168	70

Fonte: Resumo de vários resultados de execução do GA, no caso de não haver sistema de irrigação

O resultado da execução do GA incluindo os dois produtos agrícolas juntos, o milho e a soja, apresentando a restrição de área plantada de milho, e incluindo a irrigação para que não haja perda da produção das culturas em consequência do veranico, é mostrado na Tabela 18.

Tabela 18. Receita líquida (com irrigação) em virtude do capital de investimento disponível (em R\$ 1.000,00).

Capital disponível (R\$)	Despesa (R\$)	Receita (R\$)	Receita líquida (R\$)
3.000	2.990	5.041	2.051
2.000	1.998	3.447	1.449
1.000	999	1.725	728
500	497	862	365
100	98	170	72

Fonte: Resumo de vários resultados de execução do GA, com a existência do sistema de irrigação

Os Anexos 2a e 2b mostram os resultados da execução do GA para um capital disponível de R\$ 2.000.000,00, e quando não existem sistemas de irrigação. As perdas com o veranico acontecem em 11,8% na produção da soja, e em 23,6% na produção do milho. Os Anexo 3a e 3b mostram os resultados do GA para um capital disponível de R\$ 3.000.000,00, com existência de sistemas de irrigação. A coluna mais à esquerda identifica os lotes da região deste estudo, com a área total de lavoura 'entre colchetes'. A coluna *área* é a área de terra, em hectare, em que é plantado o produto. A coluna *dst/ha* indica a despesa por hectare desse produto no lote e a coluna *despesa* indica a despesa total. A coluna *rec./ha* indica a receita por hectare e a coluna *receita* indica a receita total. A coluna *Rd/ha* indica a rentabilidade por hectare e a coluna *Renda* indica a renda líquida.

## 6 Conclusões e Recomendações

A seleção de áreas de desenvolvimento agrícola para mais de uma cultura, objetivando também otimizar a receita líquida da produção total, com a utilização de algoritmos genéticos pôde ser operacionalizada.

Para isto foi necessário o reajuste das doses de fertilizantes e de calcário com base nos sistemas de produção dos respectivos produtos agrícolas, a fim de que os resultados chegassem a valores realizáveis. A introdução de nova cultivar para a soja também foi observada, uma vez que o rendimento muda com a evolução de pesquisas genéticas de sementes. As perdas com o veranico na região dos Cerrados também foram consideradas, uma vez que a sua ocorrência não é rara.

Este modelo ficou restrito à aplicação de insumos básicos, como o calcário e os fertilizantes e mais especificamente dependente dos níveis de doses de fósforo aplicadas ao solo, um nutriente muito importante para o cultivo agrícola nos Cerrados. A outra restrição foi na porcentagem de uso da terra para a lavoura, que foi pré-definida a fim de usar somente

os valores de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 e 100%. Para que se plantassem as duas culturas, foi estabelecida dentro da função de avaliação a restrição de se plantar no máximo 60% da área com milho, uma vez que, sem esta restrição, o GA escolheria plantar somente o produto de melhor rentabilidade. Esta última restrição pode ser definida com outros valores percentuais, sendo que quanto maior o seu valor, maior o risco de perda da colheita com o veranico.

Também foram experimentados vários valores de parâmetros para o funcionamento do GA, aqui padronizados para serem executados com uma população de 1.000 cromossomos, em 1.000.000 de gerações, com valores de 0,05 de porcentagem de cruzamento, e de 0,0001 de porcentagem de mutação. A variação desses parâmetros resulta em algumas pequenas variações na renda total, mas entre as diversas variações, tais valores foram os mais efetivos tanto nos resultados apresentados quanto no tempo de processamento computacional.

O número de variáveis foi pequeno para o potencial de uso dos algoritmos genéticos e pode ser aumentado: no número de novas variáveis que influenciem a produtividade da cultura; no número de lotes ou áreas de desenvolvimento agrícola; na maior flexibilidade de escolha do percentual de uso da terra de milho e soja, onde os valores percentuais podem ser aumentados pelo número de divisões e principalmente com o aumento do número de culturas.

Muito se tem escrito sobre as vantagens dos GAs em comparação com outros métodos de otimização, e não se tem visto muitas vantagens práticas de uns sobre os outros (Schaffer, 1999). Com vistas a se ter um método de otimização que trabalhe de forma ótima é necessário conduzir alguns experimentos com suas configurações ou com os parâmetros de otimização, sendo que uma escolha pobre destes parâmetros pode resultar em uma má performance de busca. Neste trabalho, evidenciou-se a possibilidade de se utilizar os algoritmos genéticos para a seleção de áreas adaptativas de desenvolvimento agrícola para mais de uma cultura agrícola.



A flexibilidade na escolha de áreas plantadas, a incorporação de novas variáveis que determinam a produtividade, o detalhamento das características de solos de diferentes regiões geográficas, a capacidade de administração da produção e a adição de novas culturas são objetos de estudos futuros.

## **7 Bibliografia**

BACK, T. **Evolutionary Algorithms in Theory and Practice**. New York: Oxford University Press, 1996.

BEASLEY, D.; BULL, D.R.; MARTIN, R.R. An overview of genetic algorithms: Part 1, Fundamentals. **Computing**, v. 15, n. 2, 1993, p. 58-69.

CAMPO, Companhia de Promoção Agrícola. Mapa de Monitoramento das Áreas do Prodecer Piloto I e II, Município de Iraí de Minas. **Japan International Cooperation Agency-JICA**. Escala 1:20,000, 1992/93.

DARWIN, Charles. On The Origin of Species. New York: **A Mentor Book**, 1958, 496p.

DARWIN, Charles. Origem das Espécies. Belo Horizonte: **Villa Rica**, 1994, 354p.

DE JONG K. The analysis and behaviour of a class of genetic adaptive systems. PhD thesis, **University of Michigan**, 1975.

EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). Pesquisa aponta estratégias contra veranico. Brasília: **EMBRAPA-CPAC**. 1984, 2p. (EMBRAPA-CPAC. Noticiário, 70).

EMBRAPA-a. Relatório do Sistema de Produção, do Sistema Gerenciador de Padrão Tecnológico, produto Soja, ano agrícola de 1998. Brasília: **Embrapa/SEA/CEE**, 1998.

EMBRAPA-b. Relatório do Sistema de Produção, do Sistema Gerenciador de Padrão Tecnológico, produto Milho, ano agrícola de 1992. Brasília: **Embrapa/SEA/CEE**, 1998.

FNP Consultoria e Comércio. Informações Agrícolas. **URL:** <http://www.fnp.com.br/>. Consultado em 6 jul. 2000.

GOLDBERG, D.E. **Genetic algorithms in search, optimization and machine learning.**, Reading: Addison-Wesley, 1989. p. 11-172.

HOLLAND, J.H. Adaptation in natural and artificial systems. **MIT Press**, 1975.

IBGE. Área e população estimada de Iraí de Minas, em 1996. **URL:** <http://www.ibge.gov.br/> Consultado em 7 ago. 2000.

INAGAKI T.; HOSHI T.; AKIYAMA T. Selection of large adaptive area for agricultural development based on satellite image data. **Japan Society of Operations Research**, ago. 1986. p. 512-518 (em japonês).

INAGAKI, T.; HOSHI, T. et alli. Optimization of agricultural development for large areas including construction of irrigation canals. **Japan Society of System and Control**, v. 31, n.6, 1987. p. 457-464 (em japonês).

MIRANDA, L.N.; MIELNICZUK, J.; LOBATO E. Calagem e adubação corretiva. In: V Simpósio sobre o Cerrado. Cerrado: Uso e Manejo, Brasília, 1979. **Editerra**, 1980.

MITCHELL, M. An introduction to genetic algorithms. Cambridge: **MIT Press**, 1977. 209p.

SCHAFFER, J.D. A practical guide to genetic algorithms. Naval Research Laboratory. URL: <http://chem1.nrl.navy.mil/~shaffer/practga.html/>. Consultado em 4 jul. 1999.

SILVA, C.M. da. População de plantas de soja no sistema plantio direto, na região de Dourados-MS. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**. Comunicado Técnico, 39).

SOUSA, D.M.G. Calagem e adubação para culturas da soja no Cerrado. Brasília: **EMBRAPA-CPAC**, 1984. 9p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 38).

VILELA, L.; MIRANDA, L.N. de; PERES, J.R.R.; SOUZA, P.I. de M. de.; SUHET, A.R.; SPEHAR, C.R.; VARGAS, M.A.T.; VIEIRA, R.S. A Cultura da soja em solos de Cerrados do Distrito Federal. 2.ed. Brasília: **EMBRAPA-CPAC**, 1978. 16p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 2).

WELSTEAD, S.T. Neural network and fuzzy logic applications in C/C++. New York: **John Wiley & Sons**. 1994. 494p.

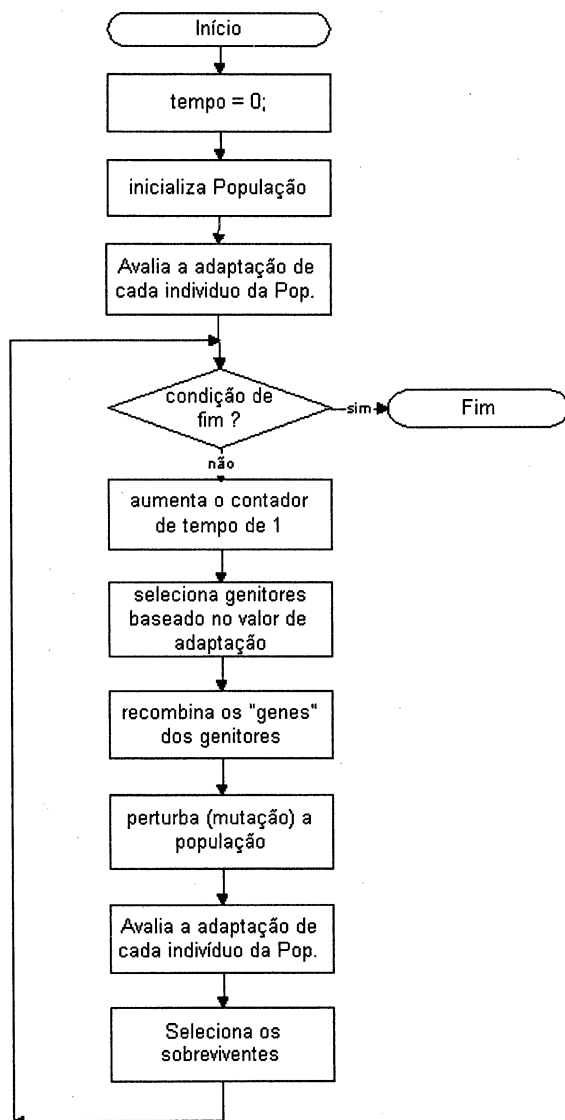
WHITLEY, D.: A genetic algorithm tutorial. Technical Report CS-93-103, Department of Computer Science, **Colorado University**, March 1993.

WOLF, J.M.: Probabilidade de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 12, 1977. p. 141-150.

YAMAMOTO, N.; HOSHI, T. Study on extracting the adaptive agricultural development area using genetic algorithm with complex PTYPE. **Japan Society of Electronic, Information and Communication**, v.J79-A, n.3, March 1996, p. 650-657 (em japonês).

## **Anexos**

Anexo 1- Um Algoritmo Genético Simples



## Anexo 2a- Relatório da Soja (para R\$ 2 milhões de capital disponível de investimento)

lotenn[a.lav]:	area	desp/ha	despesa	rec./ha	Receita	Rd/ha	Renda
lote 1[289,0]:	115,6	619,03	71559,87	710,85	82174,02	91,82	10614,15
lote 2[230,0]:	92,0	619,03	56950,76	710,85	65398,01	91,82	8447,25
lote 3[204,5]:	81,8	599,99	49079,18	657,27	53764,39	57,28	4685,21
lote 4[239,0]:	38,2	599,99	22943,62	657,27	25133,87	57,28	2190,25
lote 5[240,0]:	96,0	619,03	59426,88	710,85	68241,40	91,82	8814,52
lote 6[262,0]:	104,8	619,03	64874,34	710,85	74496,86	91,82	9622,52
lote 7[256,0]:	102,4	619,03	63388,67	710,85	72790,83	91,82	9402,16
lote 8[262,0]:	104,8	619,03	64874,34	710,85	74496,86	91,82	9622,52
lote 9[265,0]:	106,0	619,03	65617,18	710,85	75349,88	91,82	9732,70
lote10[210,0]:	84,0	599,99	50399,16	657,27	55210,38	57,28	4811,22
lote11[216,0]:	86,4	599,99	51839,14	657,27	56787,82	57,28	4948,68
lote12[223,0]:	89,2	619,03	55217,47	710,85	63407,63	91,82	8190,16
lote13[211,0]:	84,4	619,03	52246,13	710,85	59995,56	91,82	7749,43
lote14[226,0]:	90,4	619,03	55960,31	710,85	64260,65	91,82	8300,34
lote15[244,0]:	97,6	619,03	60417,32	710,85	69378,76	91,82	8961,43
lote16[262,0]:	104,8	599,99	62878,95	657,27	68881,52	57,28	6002,57
lote17[255,0]:	102,0	619,03	63141,06	710,85	72506,48	91,82	9365,43
lote18[292,0]:	116,8	619,03	72302,70	710,85	83027,04	91,82	10724,33
lote19[240,0]:	38,4	599,99	23039,62	657,27	25239,03	57,28	2199,42
lote20[210,0]:	71,4	619,03	44198,74	710,85	50754,54	91,82	6555,80

Anexo 2b- Relatório do Milho (para R\$ 2 milhões de capital disponível de investimento)

lotenn[a.lav]:	area	desp/ha	despesa	rec./ha	Receita	Rd/ha	Renda
lote 1[289,0]:	173,4	445,40	77232,53	722,59	125296,41	277,18	48063,88
lote 2[230,0]:	138,0	445,40	61465,34	722,59	99716,87	277,18	38251,53
lote 3[204,5]:	122,7	445,40	54650,70	722,59	88661,30	277,18	34010,60
lote 4[239,0]:	57,4	445,40	25548,20	722,59	41447,54	277,18	15899,33
lote 5[240,0]:	144,0	445,40	64137,74	722,59	104052,38	277,18	39914,64
lote 6[262,0]:	157,2	445,40	70017,04	722,59	113590,52	277,18	43573,48
lote 7[256,0]:	153,6	445,40	68413,59	722,59	110989,21	277,18	42575,62
lote 8[262,0]:	157,2	445,40	70017,04	722,59	113590,52	277,18	43573,48
lote 9[265,0]:	159,0	445,40	70818,76	722,59	114891,17	277,18	44072,41
lote10[210,0]:	126,0	445,40	56120,53	722,59	91045,84	277,18	34925,31
lote11[216,0]:	129,6	445,40	57723,97	722,59	93647,15	277,18	35923,18
lote12[223,0]:	133,8	445,40	59594,66	722,59	96682,01	277,18	37087,36
lote13[211,0]:	126,6	445,40	56387,77	722,59	91479,38	277,18	35091,62
lote14[226,0]:	135,6	445,40	60396,38	722,59	97982,66	277,18	37586,29
lote15[244,0]:	146,4	445,40	65206,70	722,59	105786,59	277,18	40579,88
lote16[262,0]:	157,2	445,40	70017,04	722,59	113590,52	277,18	43573,48
lote17[255,0]:	153,0	445,40	68146,35	722,59	110555,66	277,18	42409,30
lote18[292,0]:	175,2	445,40	78034,26	722,59	126597,06	277,18	48562,81
lote19[240,0]:	57,6	445,40	25655,10	722,59	41620,95	277,18	15965,86
lote20[210,0]:	107,1	445,40	47702,45	722,59	77388,96	277,18	29686,51

### Anexo 3a- Relatório da Soja (para R\$ 3 milhões de capital disponível de investimento)

lotenn[a.lav]:	area	dsp/ha	despesa	rec./ha	receita	Rd/ha	Renda
lote 0[230,0]:	92,0	714,22	65708,23	973,62	89573,04	259,40	23864,80
lote 1[289,0]:	115,6	714,22	82563,83	973,62	112550,47	259,40	29986,64
lote 2[230,0]:	92,0	714,22	65708,23	973,62	89573,04	259,40	23864,80
lote 3[204,5]:	81,8	619,03	50636,65	805,95	65926,71	186,92	15290,06
lote 4[239,0]:	95,6	714,22	68279,43	973,62	93078,07	259,40	24798,64
lote 5[240,0]:	96,0	714,22	68565,12	973,62	93467,52	259,40	24902,40
lote 6[262,0]:	104,8	619,03	64874,34	805,95	84463,56	186,92	19589,22
lote 7[256,0]:	102,4	714,22	73136,12	973,62	99698,69	259,40	26562,56
lote 8[262,0]:	104,8	619,03	64874,34	805,95	84463,56	186,92	19589,22
lote 9[265,0]:	106,0	599,99	63598,94	745,20	78991,20	145,21	15392,26
lote10[210,0]:	84,0	714,22	59994,48	973,62	81784,08	259,40	21789,60
lote11[216,0]:	86,4	714,22	61708,61	973,62	84120,77	259,40	22412,16
lote12[223,0]:	89,2	714,22	63708,42	973,62	86846,90	259,40	23138,48
lote13[211,0]:	84,4	714,22	60280,17	973,62	82173,53	259,40	21893,36
lote14[226,0]:	90,4	714,22	64565,49	973,62	88015,25	259,40	23449,76
lote15[244,0]:	97,6	714,22	69707,87	973,62	95025,31	259,40	25317,44
lote16[262,0]:	104,8	619,03	64874,34	805,95	84463,56	186,92	19589,22
lote17[255,0]:	102,0	714,22	72850,44	973,62	99309,24	259,40	26458,80
lote18[292,0]:	116,8	619,03	72302,70	805,95	94134,96	186,92	21832,26
lote19[240,0]:	96,0	619,03	59426,88	805,95	77371,20	186,92	17944,32
lote20[210,0]:	84,0	619,03	51998,52	805,95	67699,80	186,92	15701,28



### Anexo 3b- Relatório do Milho (para R\$ 3 milhões de capital disponível de investimento)

lotenn[a.lav]:	area	dsp/ha	despesa	rec./ha	receita	Rd/ha	Renda
lote 1[289,0]:	173,4	445,40	77232,53	945,79	164000,53	500,39	86768,01
lote 2[230,0]:	138,0	445,40	61465,34	945,79	130519,46	500,39	69054,12
lote 3[204,5]:	122,7	604,06	74118,28	1133,87	139125,45	529,81	65007,18
lote 4[239,0]:	143,4	524,73	75246,42	1050,32	150615,70	525,59	75369,27
lote 5[240,0]:	144,0	604,06	86984,78	1133,87	163276,83	529,81	76292,04
lote 6[262,0]:	157,2	445,40	70017,04	945,79	148678,69	500,39	78661,66
lote 7[256,0]:	153,6	604,06	92783,77	1133,87	174161,95	529,81	81378,18
lote 8[262,0]:	157,2	524,73	82487,71	1050,32	165110,09	525,59	82622,38
lote 9[265,0]:	159,0	604,06	96045,70	1133,87	180284,83	529,81	84239,13
lote10[210,0]:	126,0	524,73	66116,11	1050,32	132340,16	525,59	66224,05
lote11[216,0]:	129,6	604,06	78286,30	1133,87	146949,14	529,81	68662,84
lote12[223,0]:	133,8	604,06	80823,36	1133,87	151711,39	529,81	70888,02
lote13[211,0]:	126,6	445,40	56387,77	945,79	119737,42	500,39	63349,65
lote14[226,0]:	135,6	524,73	71153,53	1050,32	142423,22	525,59	71269,70
lote15[244,0]:	146,4	524,73	76820,62	1050,32	153766,66	525,59	76946,04
lote16[262,0]:	157,2	524,73	82487,71	1050,32	165110,09	525,59	82622,38
lote17[255,0]:	153,0	524,73	80283,84	1050,32	160698,77	525,59	80414,92
lote18[292,0]:	175,2	445,40	78034,26	945,79	165702,97	500,39	87668,71
lote19[240,0]:	144,0	524,73	75561,27	1050,32	151245,89	525,59	75684,63
lote20[210,0]:	126,0	524,73	66116,11	1050,32	132340,16	525,59	66224,05