

Projeto Final: Simulação de Antena Inteligente Utilizando Algoritmo Genético Aplicado a Comunicações Móveis

EN 2620 – Comunicações Móveis

Universidade Federal do ABC

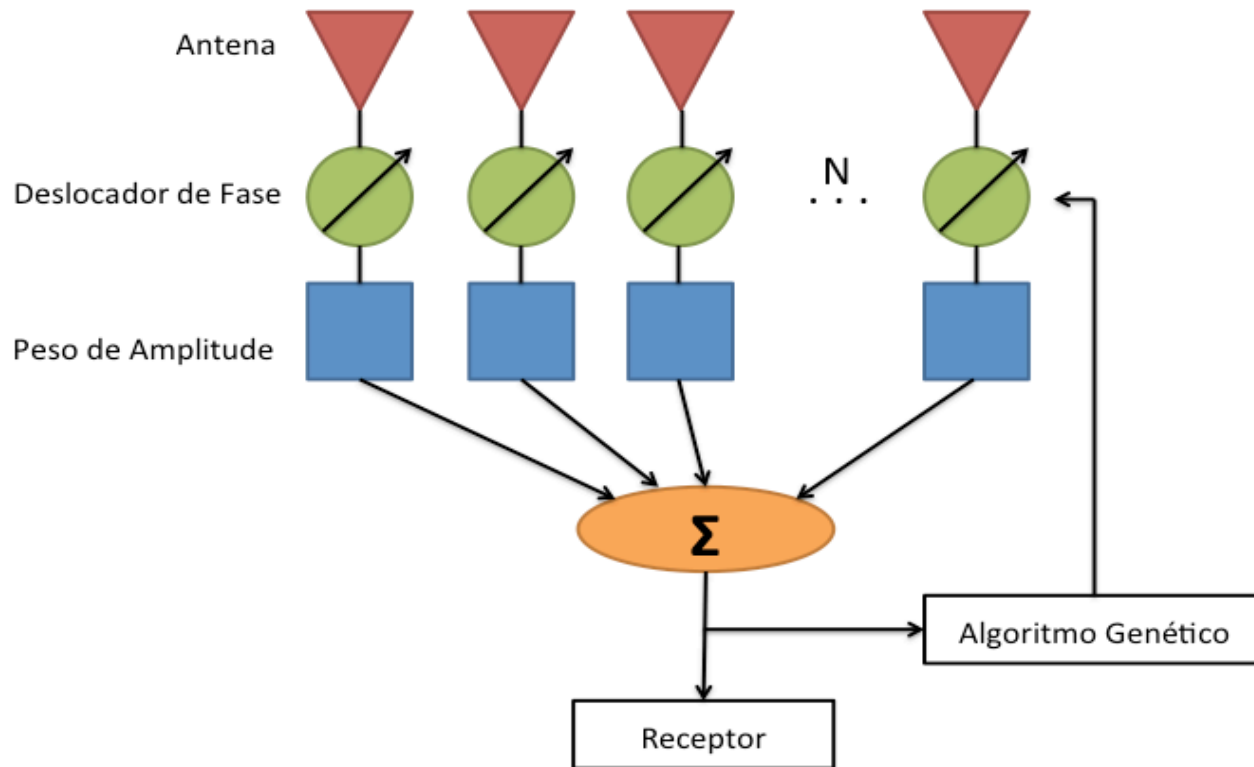
Docente

- Prof. Dr. Ivan Roberto Santana Casella

Discentes

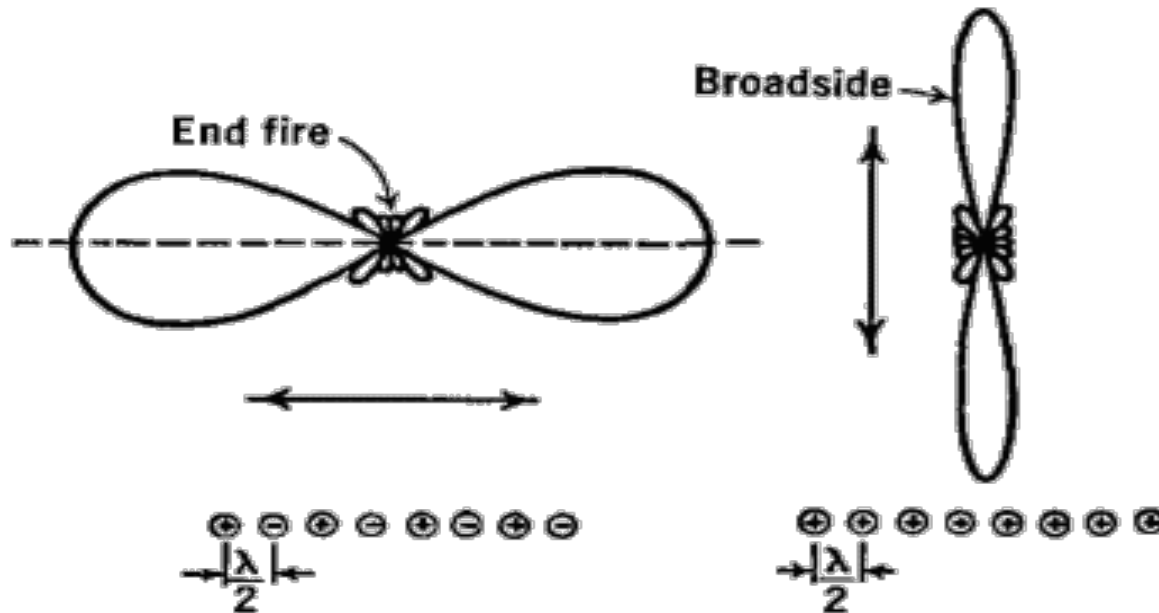
- Luis Felipe Pellegrini Meloni

Antena Inteligente



A antena inteligente proposta neste projeto segue a estrutura da figura acima. Alterando a fase do sinal transmitido para cada elemento que compõe o arranjo da antena inteligente, é possível direcionar uma feixe na direção em que se deseja realizar a comunicação (link MS-BS).

Antena Inteligente



Esta figura demonstra a influencia da fase em um arranjo linear de antenas isotrópicas. No caso em que o sinal chega igual em todas as antenas, temos o que é chamado de *Braodside* e se o sinal for alternado em fase em cada antenas temos o que é chamado de *End Fire*.

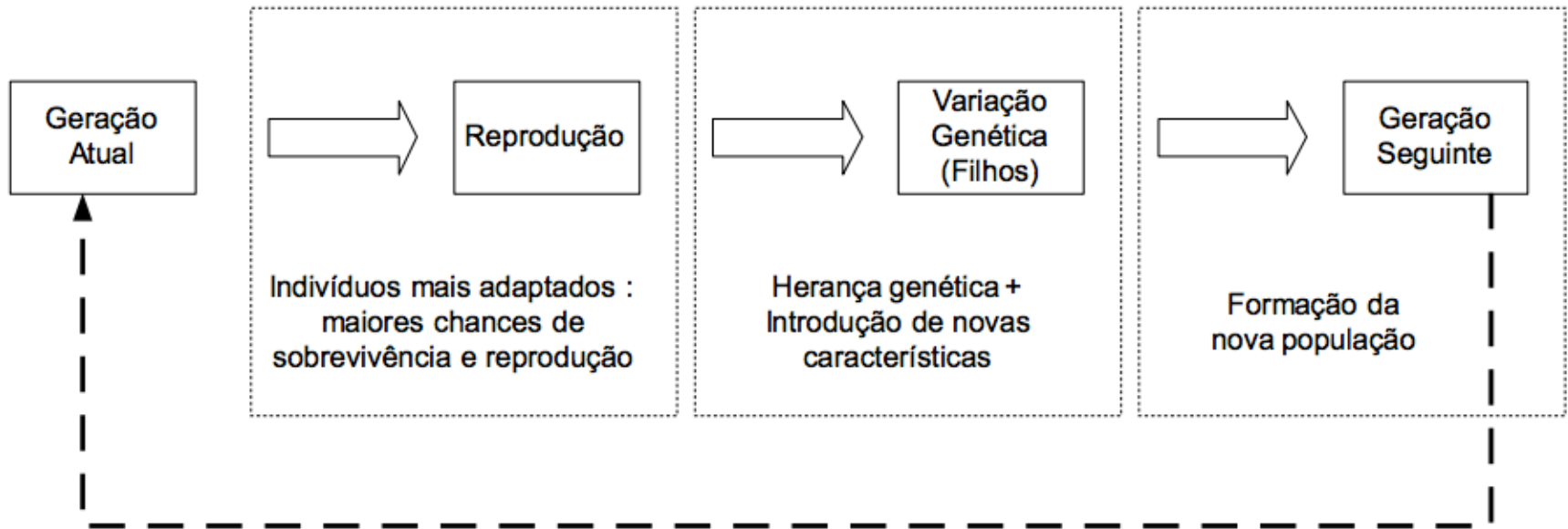
Se houver outras combinações de fase chegando à cada antena podemos direcionar o feixe para qualquer direção. É esta propriedade que é explorada em antenas inteligentes para tornar o padrão de radiação dinâmico.

Algoritmos Genéticos

- Algoritmos genéticos são baseados na teoria da evolução de Darwin e possuem sua inspiração em ideias como a hereditariedade dos genes (Mendel) e a seleção natural.
- Os conceitos de Darwin para evolução são: Reprodução com herança, Variação e Seleção Natural.
- Existem diversas formas de implementar um algoritmo genético para resolução de um problema e fica a cargo do projetista determinar uma solução que se apresente adequada.

Algoritmos Genéticos

A figura abaixo representa um esquema genérico para algoritmos genéticos



Fonte: Suyama, R. Slides da disciplina de Sistemas Inteligentes. Aula 15 – slide 5

Algoritmos Genéticos

Algoritmo populacional utiliza uma população de indivíduos onde cada um deles representa uma solução para o problema

Pode ser utilizado a função de *fitness* onde cada indivíduo recebe um valor que corresponde à adaptabilidade deste para a função a ser otimizada. A probabilidade do indivíduo ser escolhido para reprodução é proporcional ao seu *fitness*.

*Neste projeto não foi utilizada função de *fitness*.

Cross Over é a forma como os genes dos indivíduos são utilizados para dar origem a uma nova população. Dependendo da estrutura do projeto ser utilizado diversas formas de *Cross Over* e variam se os genes estão estruturados de forma binária ou em números inteiros.

Implementação

Neste projeto foram utilizados os conceitos de reprodução com herança dos dois melhores indivíduos (os mais adaptados ao ambiente) para gerar uma nova população. Esta solução apresentou bons resultados para o caso em que a população inicial era grande (aproximadamente 100 indivíduos) que se mostrou mais vantajoso do que realizar diversas interações (reproduções) entre indivíduos que não apresentavam os melhores resultados.

Os parâmetros iniciais de projeto a serem determinados são (conforme código):

- `%numero de elementos (antenas) lineares`
- `N = 5;`
- `%distancia entre elementos (em comprimento de onda)`
- `d=0.5;`
- `%tamanho de inicializacao`
- `individuos = 100;`

Implementação

Em seguida é gerado uma matriz de valores aleatórios de tamanho N (elementos) por numero de indivíduos, desta forma cada individuo terá N genes contendo informação de fase para o calculo de *Array Factor*.

- `thetha_zero=zeros(N,indivíduos);`
- `for indiv = 1:indivíduos`
- `for n=1:N`
- `thetha_zero(n,indiv)=randi([0,180]);`
- `end`
- `end`

Nota: No código enviado e no relatório o valor `randi([0,90])` para `thetha_zero` está incorreto, favor considerar o exposto neste slide.

Implementação

O Passo seguinte é calcular o *Array Factor* característico para cada individuo:

- %inicializando AF nulo
- AF=zeros(individuos,360);
- %calcula array factor para cada individuo
- for i=1:indivíduos
- AF(i,:)=ArrayFactor(d,N,thetha_zero(:,i));
- end

Onde `ArrayFactor` é a função exposta no slide seguinte

Implementação

- `function [AF] = ArrayFactor(d,N, theta_zero)`
- `An = 1;`
- `AF=zeros(1,360);`
- `for theta=1:360`
- `%converter graus para radianos`
- `deg2rad(theta)=(theta*pi)/180;`
- `%array factor eh um somatorio dos N elementos`
- `for n=0:N-1`
- `AF(theta)=AF(theta)`
- `+An*exp(j*n*2*pi*d*(cos(deg2rad(theta))-`
- `cos(theta_zero(n+1)*pi/180)));`
- `end`
- `%considera apenas a parte real do array factor`
- `AF(theta)=abs(AF(theta));`
- `end`
- `end`

Implementação

Com o *Array Factor* calculado para cada indivíduo, é necessário determinar a direção de incidência (gerado aleatoriamente) e selecionar os melhores indivíduos:

- %direcao do raio de incidencia (aleatorio)
- `DDI=(randi([0,180]));`
- `thetha_inc=deg2rad(DDI);`

- %pegar melhores valores individuos
- `best1=AF(1,DDI);`
- `index1=1;`
- `bestAF1=AF(1,:);`
- %Seleciona o melhor
- `for i=2:individuos`
- `if best1<AF(i,DDI)`
- `best1=AF(i,DDI);`
- `bestAF1=AF(i,:);`
- `index1=i;`
- `end`
- `end`

Implementação

- `%seleciona o segundo melhor`
- `best2=AF(1,DDI);`
- `index2=1;`
- `bestAF2=AF(i,:);`
- `for i=2:individuos`
- `if best2<AF(i,DDI) && i ~= index1`
- `best2=AF(i,DDI);`
- `bestAF2=AF(i,:);`
- `index2=i;`
- `end`
- `end`

A forma como os melhores indivíduos são selecionados é feita realizando uma varredura dos valores de AF para direção desejada em todos indivíduos.

Os melhores indivíduos ficam registrados em `index1` e `index2`.

Implementação

Em seguida o *Cross Over* é realizado nos valores dos genes dos melhores indivíduos dando origem à uma nova população:

- %seleciona as caracterisca dos melhores para herdar
- `p1=thetha_zero(:,index1)';`
- `p2=thetha_zero(:,index2)';`

O *Cross Over* é feito selecionando de forma aleatória alguns dos genes de um individuo pai e o restando do outro individuo pai.

- %gera valores binarios aleatorios para heranca
- `xover=(randi([0 1],N,individuos))';`
- %remove repeticoes (para populacoes grandes acaba reduzindo muito)
- `xover = unique(xover,'rows')';`

Implementação

Em seguida o *Cross Over* é realizado nos valores dos genes dos melhores indivíduos dando origem à uma nova população:

- %faz multiplicacao dos pais pelo crossover dando origem a segunda geracao
- L=length(xover);
- for l=1:L
- child_prt1(:,l)=p1'.*xover(:,l);
- child_prt2(:,l)=p2'.*~xover(:,l);
- end
- child=child_prt1+child_prt2;

O tamanho máximo da segunda população é a combinação de dois do numero de elementos (genes) sendo realizada pela geração aleatória de *Cross Over* e eliminando elementos repetidos. Populações iniciais grandes serão reduzidas.

Implementação

Os mesmos passos que foram realizados para seleção dos melhores indivíduos da população inicial são repetidos para a segunda geração e pode ser feito quantas diversas vezes.

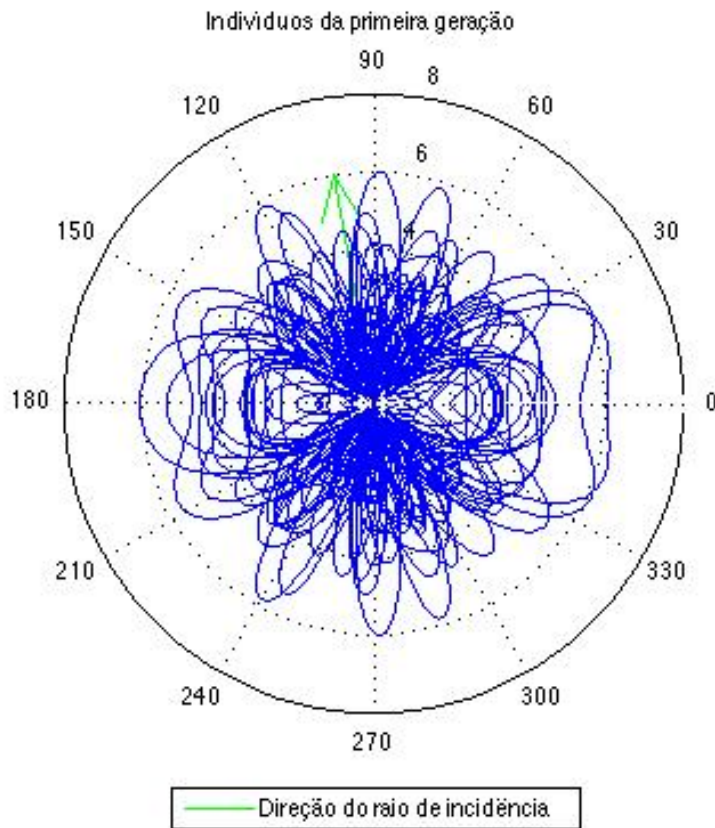
Pela forma como o projeto foi estruturado e implementado, realizar mais de uma interação não estaria gerando novos resultados, pois não há mutação ocorrendo e a seleção é feita para apenas dois indivíduos selecionados sem *fitness*. Mesmo assim o projeto apresentou bons resultados como será exibido nos slides seguintes.

Resultados

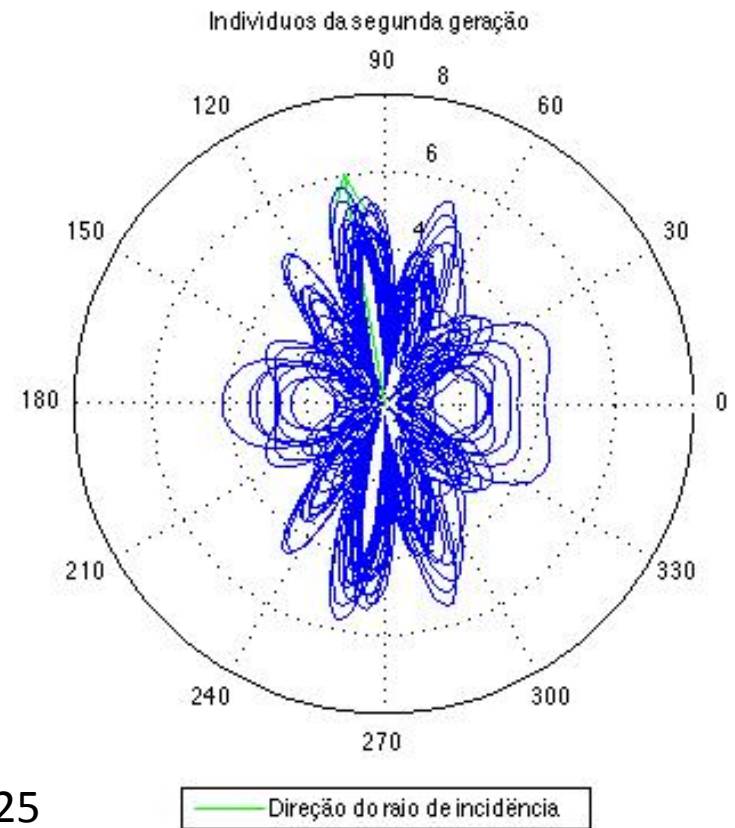
Duas etapas foram realizadas para interpretação dos resultados:

1. Análise visual dos resultados através de gráficos polares mostrando o ganho de cada indivíduo e indicando a direção de comunicação.
2. Coleta de dados de diversas execuções do programa para diferentes valores de elementos e comparação da relação sinal-interferência para direção aleatórias de sinal e interferência para comprovar a robustez do sistema mesmo sem a tentativa de eliminar a interferência de forma ativa (considerar a interferência na seleção dos indivíduos).

Resultados

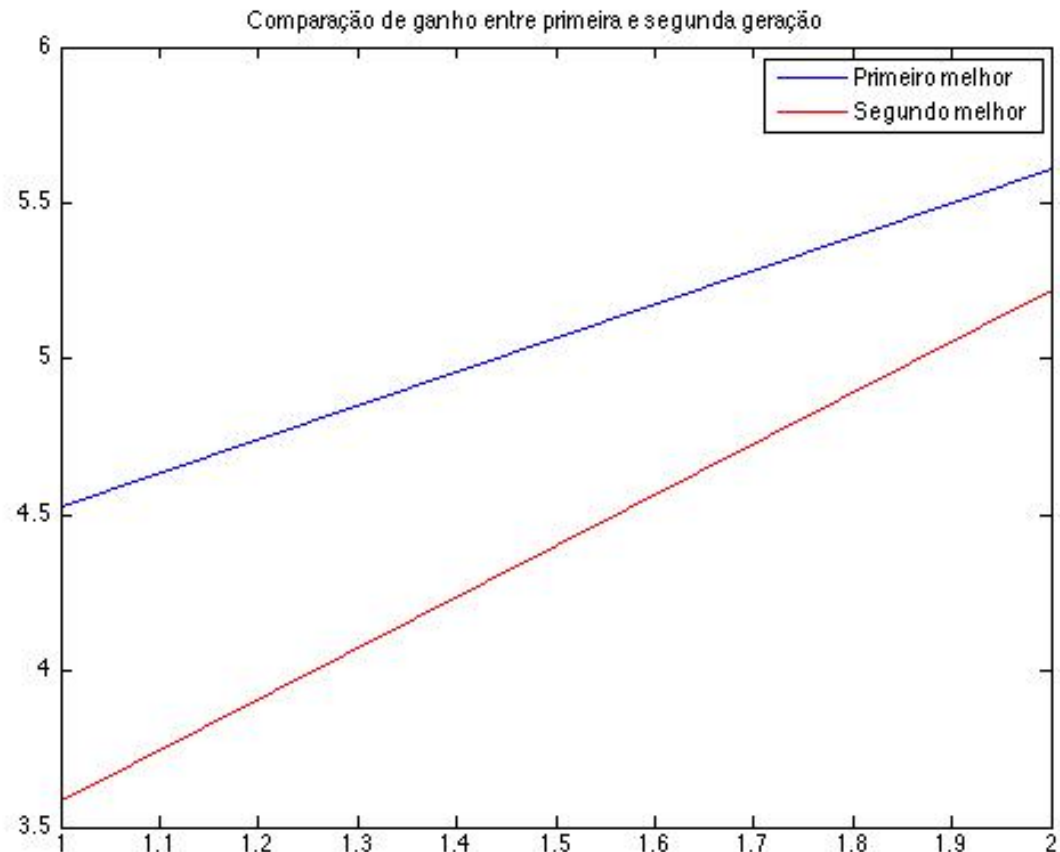
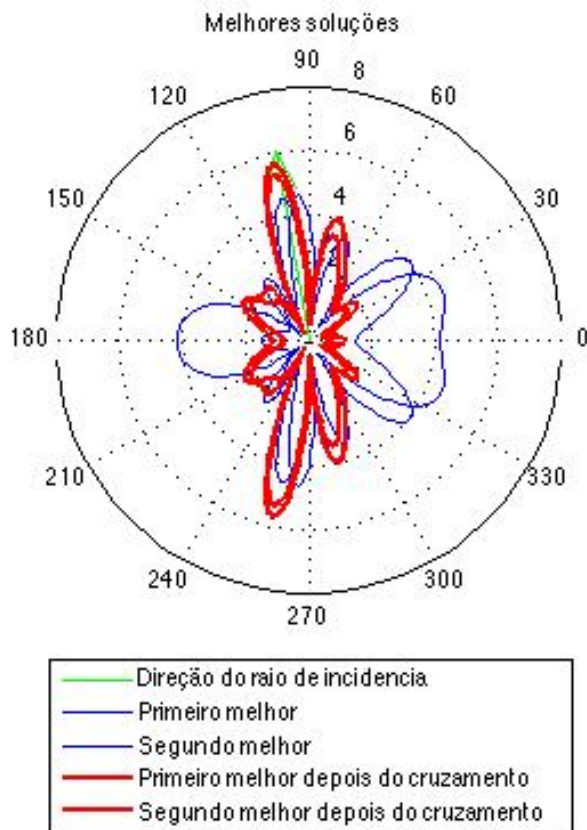


$N=7$
 $d=0.5$
indivíduos=25



Nas figuras acima é possível visualizar a formação de duas populações, a primeira com indivíduos gerados aleatoriamente e a segunda da população após *Cross Over*. É possível observar como a seleção dos melhores indivíduos resulta numa nova população melhor direcionada.

Resultados



Na figura 1 visualizamos os melhores indivíduos da primeira geração em azul e da segunda geração em vermelho. Podemos notar que o feixe após *Cross Over* é muito mais adaptado para a direção de comunicação do que o primeiro

Resultados

Na segunda etapa foi coletado os dados de 10 execuções do programa para números de elementos igual a 3, 5 e 7; e foram anotados os valores de Ganho na direção de comunicação (aleatório) e Ganho na direção de interferência (aleatório) além dos ângulos de cada direção. Exemplo da tabela gerada abaixo:

Tabela 1: Relação Sinal-Interferência para N=3 (número de antenas).

| Interação (N=3) | Ganho Tx | Ganho Interf. | Relação Sinal/Interferência | Direção Tx (graus) | Direção Interf. (graus) | Distancia Entre Tx e Interf. (graus) |
|-----------------|----------|---------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 2,9974 | 1,2218 | 2,453265674 | 159 | 54 | 105 |
| 2 | 2,6913 | 0,9476 | 2,840122415 | 130 | 91 | 39 |
| 3 | 2,9963 | 0,2183 | 13,72560696 | 170 | 112 | 58 |
| 4 | 2,9058 | 0,9956 | 2,918642025 | 98 | 125 | 27 |
| 5 | 2,9644 | 1,0261 | 2,888997174 | 87 | 154 | 67 |
| 6 | 2,9961 | 0,8837 | 3,390403983 | 18 | 98 | 80 |
| 7 | 2,9867 | 1,3074 | 2,284457702 | 39 | 73 | 34 |
| 8 | 2,9862 | 2,9628 | 1,007897934 | 162 | 154 | 8 |
| 9 | 2,9783 | 1,0499 | 2,836746357 | 50 | 110 | 60 |
| 10 | 2,9765 | 1,4714 | 2,022903357 | 42 | 142 | 100 |
| Média | 2,9479 | 1,2085 | 3,6369 | | | |

Resultados e Conclusão

Os valores encontrados para a relação sinal-interferência foram:

| Numero de Elementos (N) | Relação Sinal-Interferencia (média) |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 3 | 3,6369 |
| 5 | 3,1598 |
| 7 | 4,6803 |

Estes dados demonstram a robustez deste sistema mesmo sem a preocupação em se reduzir o ganho na direção de interferência.

Com 7 elementos compondo o sistema o resultado foi melhor devido ao fato de o feixe ser mais estreito na direção de comunicação e por possuir mais nulos. A medida que se aumenta o valor de N a tendência é esta relação melhorar, porém, num caso de comunicação móvel onde o usuário se desloca, a taxa de ajuste do feixe teria que ser maior devido ao fato do feixe ser mais estreito.