

## Aplicação de Algoritmo Genético para o problema de alocação de pontos de acesso em uma rede sem fio

**Willen Borges Coelho** (IFES) - willen@ifes.edu.br

**Ítalo de Oliveira Matias** (UCAM-Campos) - italo@ucam-campos.br

**Alcione Dias da Silva** (DATA CI) - diasalcione@gmail.com

**Bruno Missi Xavier** (DATA CI) - bmissix@gmail.com

*Resumo: As redes locais sem fio fornecem as mesmas funcionalidades das redes convencionais com fio, porém, com maior flexibilidade, mobilidade, simplicidade e compatibilidade com diversos equipamentos, e o mais importante, prover conectividade com a internet, que tem se tornado uma ferramenta importante em pesquisas e trabalhos de diversas áreas. Pensando nisso, foi proposto o desafio encontrar o melhor posicionamento para os rádios de transmissão dentro do IFES - Instituto Federal do Espírito Santo campus Cachoeiro de Itapemirim, que por possui uma área superior a 25 mil metros quadrados torna a tarefa complexa. Por isso, a proposta desse trabalho foi solucionar o problema de localização de antenas no IFES, que consiste no atendimento do maior número de clientes (demandas) e na utilização do menor número de antenas (facilidades), considerando as restrições de alcance de transmissão. Para isso aplicou-se matematicamente o processo de adaptação dos sistemas naturais, utilizando a heurística algoritmo genético. A ferramenta demonstrou ser uma excelente opção para auxílio na tomada de decisão, quanto à avaliação da utilização do menor número de access points e na maior cobertura das demandas. Além disso, com a aplicação da ferramenta via web, possibilita o seu uso por outros campi, todavia sem necessitar ter um vasto conhecimento de algoritmo genético ou de programação. Palavras-chave: Problema de localização; Heurísticas; Otimização; Algoritmos genéticos; Wireless.*

### 1. Introdução

Em Cachoeiro de Itapemirim, a Coordenadoria de Tecnologia da Informação (CTI) é responsável pela área de Tecnologia da Informação (TI) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) que possui aproximadamente 1100 alunos do curso técnico, integrado ao ensino médio e superior.

Dentre as principais atividades da CTI, pode-se citar o fornecimento de internet para os servidores e alunos do IFES, devido ao fato da internet ter se tornado uma ferramenta importante em pesquisas e trabalhos de diversas áreas. Pensando nisso, a CTI implantou uma rede local sem fio para facilitar esse acesso.

A rede local sem fio, também denominada *Wireless Local Area Network* (WLAN), é uma rede que permite fornecer as mesmas funcionalidades das redes convencionais com fio, porém, com maior flexibilidade, mobilidade, simplicidade e compatibilidade com diversos



equipamentos, como por exemplo: *notebooks*, *smartphones*, *tablets* e videogames. Este tipo de conectividade utiliza ondas de rádio para estabelecer conexão entre o ponto de acesso ou *access point* e o dispositivo móvel. O padrão que especifica a comunicação entre dispositivos *wireless* é o IEEE 802.11, promovido pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*).

Ao se comparar uma rede convencional com fio e uma sem fio, percebe-se que esta última também possui deficiências, uma delas é em virtude da mesma utilizar ondas eletromagnéticas como meio de transmissão, e com isso ter limite na área de abrangência do sinal, além da perda de sinal ao atravessar obstáculos. Portanto, para uma maior área de cobertura é necessário que os pontos de acessos estejam em locais com maior número de clientes sendo atendidos e com menor número de obstáculos.

A situação ideal para o IFES seria um software que distribuísse os melhores locais para instalação dos pontos de acesso, de forma que uma maior área seja atendida. Haja vista que as localizações dos pontos de acessos do IFES, que atualmente estão instalados nos corredores, não são suficientes para atender toda a demanda, pois existem diversas áreas sem cobertura de sinal.

Através da inteligência computacional é possível localizar esses pontos, no qual é o foco deste trabalho utilizando o Problema das  $p$ -Medianas (*p-Median Problem - PMP*).

## 2. Referencial Teórico

Conjuntos de antenas têm sido amplamente utilizados na comunicação de sistemas de celular, rede sem fio, satélite e radar para melhorar a qualidade do sinal, aumentando assim a cobertura do sistema, qualidade, capacidade e link. O desempenho destes sistemas depende principalmente do design do projeto das antenas. O processo de determinação dos parâmetros de um conjunto de antenas é conhecido como síntese padrão e têm sido extensivamente estudadas na literatura (ABU-AL-NADI; ISMAIL; MISMAR, 2006; GOUDOS et al., 2010; GUNAY, KERIM; BABAYIGIT, 2008; GUNAY, K.; BASBUG, 2008; GUNAY, K.; ONAY, 2007; MOUHAMADOU; VAUDON; RAMMAL, 2006)

O PMP inicialmente foi proposto por HAKIMI (1964) para resolução de apenas uma mediana, e, em seguida, aperfeiçoada para a identificação de múltiplas medianas (HAKIMI, 1965; KARIV; HAKIMI, 1979). Pertencente a classe *NP-hard* (GAREY; JOHNSON, 1979), possui ordem de complexidade exponencial, isto é, para sua resolução é necessário um esforço computacional que cresce exponencialmente com o tamanho do problema (número de nós). É possível solucionar através de algoritmo exato, aplicando o método exaustivo, que combina todas as soluções possíveis. Entretanto, sendo somente apropriado para problemas de pequeno porte.

Para problemas de grande porte faz-se necessário a utilização de métodos heurísticos e metaheurísticos em sua resolução, pois conseguem boas soluções em tempos aceitáveis, tendo em vista complexidade do problema. Diversos métodos heurísticos têm sido desenvolvidos para o PMP, dentre eles: métodos que exploram busca em árvore (TEITZ; BART, 1968), *branch-and-bound* (NEEBE, 1978), relaxação Lagrangeana (BEASLEY, 1993) e mais recentemente a relaxação Lagrangeana/*Surrogate* (LORENA et al., 2001).

De acordo com MICHALEWICZ (1996) o Algoritmo Genético (AG), considerado

como um EP (*evolution program*), é um algoritmo probabilístico que mantém uma população de indivíduos para  $n$  interações, sendo que cada indivíduo representa uma potencial solução para o problema. Essas soluções são submetidas à avaliação para distinguir sua aptidão. Então uma nova população é formada da seleção dos indivíduos mais aptos e os membros da nova população sofrem transformações por meio dos operadores genéticos, para formar novas soluções. Os novos indivíduos são submetidos ao processo de combinação (*crossover*), ou seja, os indivíduos (pais) selecionados são combinados formando novos indivíduos (filhos). Depois esses novos indivíduos são submetidos ao processo de mutação, a fim de buscar características novas, tornando-os diferentes de seus pais.

A proposta desse trabalho foi solucionar o problema de localização de antenas no IFES, que consiste no atendimento do maior número de clientes (demandas) e na utilização do menor número de antenas (facilidades), considerando as restrições de alcance de transmissão das antenas. Além disso, desenvolver uma ferramenta que possibilite que profissionais sem conhecimento de heurísticas, algoritmo genético ou programação possam utilizá-la. Para isso aplicou-se matematicamente o processo de adaptação dos sistemas naturais, utilizando a heurística AG, introduzido inicialmente por HOLLAND (1975). Permitindo o desenvolvimento de sistemas artificiais (simulados por computador) que evoluíssem de geração em geração, de modo que as características importantes fossem sendo mantidos nos indivíduos, inspirado na teoria evolutiva de Darwin.

### 3. Metodologia

Para solucionar o problema com base na metaheurística AG, utilizou-se a representação cromossomial. Cada ponto de demanda ou facilidade representa um único gene, formando um cromossomo com a união de todos os pontos de demandas e facilidades. Desta forma se o problema possui 40 demandas e 5 facilidades o cromossomo terá no total 45 genes, sendo diferenciados pelo valor binário do gene (0, 1), conforme mostrado na Figura 1. Caso o gene seja demanda terá o valor 0 e caso o gene seja facilidade terá valor 1.

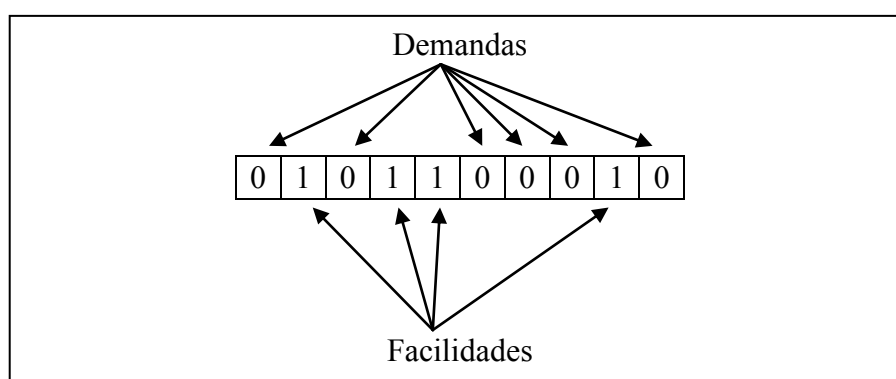


FIGURA 1 - Representação cromossomial.

Essa representação cromossomial faz-se necessária para que possa ser calculado pelo computador, pois o AG submete os indivíduos da população aos dois operadores genéticos clássicos, descrito por MICHALEWICZ (1996) como: *crossover* e mutação. Os operadores são responsáveis por modificarem os indivíduos, gerando um processo de evolução natural, de modo que as características dos melhores indivíduos sejam preservadas. Essas variações são importantes, pois modificam o posicionamento e a quantidade de facilidades, fazendo com

que soluções melhores possam ser encontradas, isto é, procurando resultados melhores em todo conjunto solução. O processo de seleção escolhido foi a roleta (*Roulette Wheel Selection - RWS*), associado com a estratégia do elitismo, garantindo que os melhores indivíduos não sejam descartados.

Para determinar o melhor resultado, o sistema considera a localização da facilidade e o alcance de transmissão da antena para determinar a quantidade de demandas atendidas, um exemplo pode ser visualizado na Figura 2 onde foram atendidos 11 demandas na primeira solução e somente 9 demandas na segunda solução, determinado de acordo com o alcance de transmissão da antena.

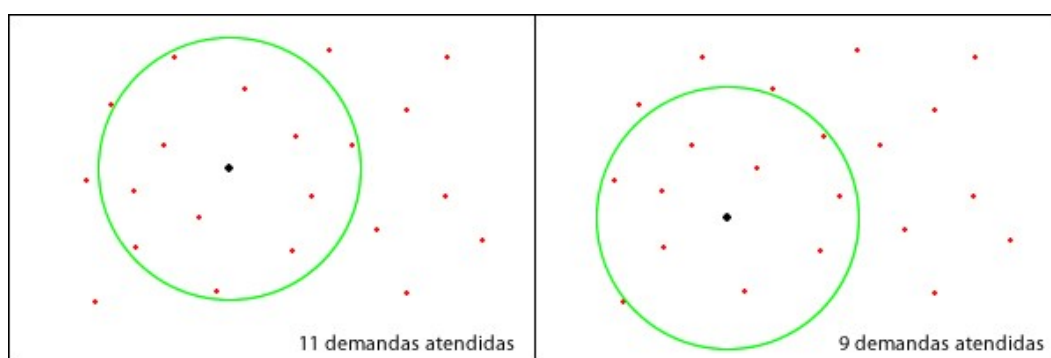


FIGURA 2 - Exemplo com duas soluções diferentes.

### 3.1 Estudo de Caso

Para realizar o cálculo do resultado é necessário obter informações das distâncias de todas as demandas. Para isso utilizou-se a imagem da planta em escala do IFES, conforme Figura 3, contendo também pontos vermelhos que representam os pontos de demanda, para que seja possível montar uma matriz com a localização das demandas no plano cartesiano.

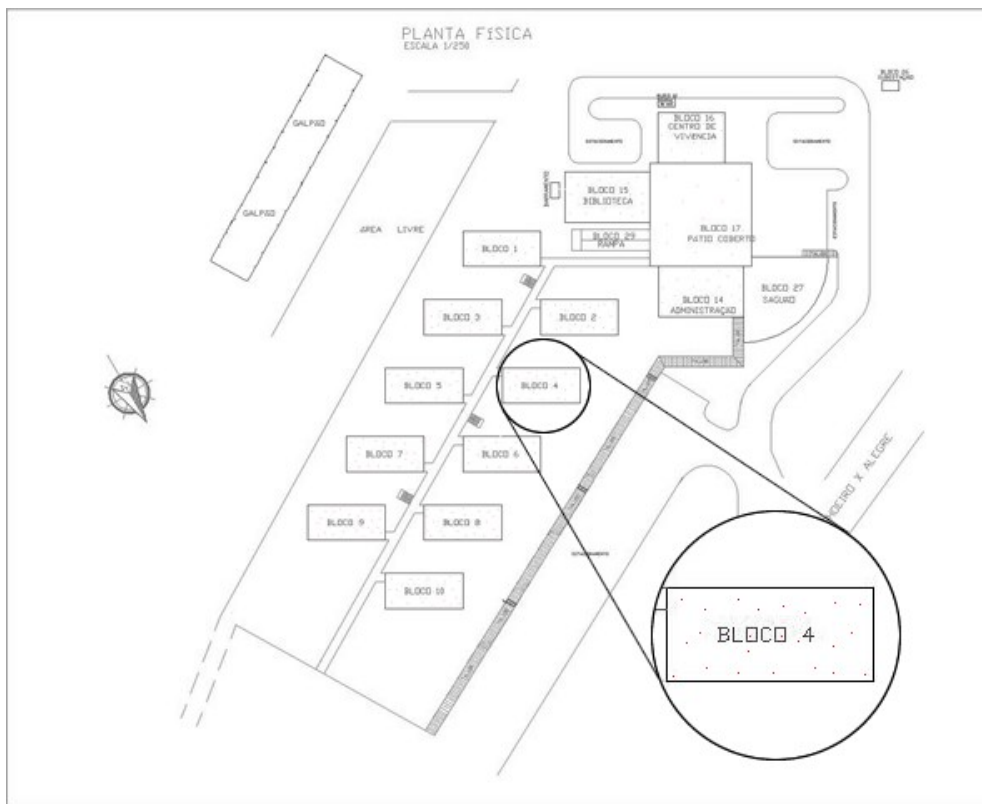


FIGURA 3 – Planta do IFES, contendo pontos vermelhos representando a localização das demandas

Através da matriz, que contém a localização dos pontos de demanda, é possível aplicar o Teorema de Pitágoras e determinar a distância entre os pontos, formando uma nova matriz contendo a distância entre todos os pontos. Por exemplo, considerando os pontos A =  $(x_A, y_A)$  e B  $(x_B, y_B)$ , a distância  $d_{AB}$  entre A e B pode ser calculado através da fórmula contida na Figura 4.

$$d_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$$

FIGURA 4 – Fórmula do Teorema de Pitágoras

### 3.2 Modificações nos mecanismos do AG

Foram projetadas algumas mudanças nos mecanismos utilizados no AG descrito originalmente por MICHALEWICZ (1996), estas mudanças se fazem necessárias devido à diferença da quantidade de pontos de demandas e o número máximo de pontos de facilidade. A imagem utilizada no trabalho possui 287 pontos de demanda, podendo ter no máximo 10 pontos eleitos como de facilidade. Gerando os cromossomos randomicamente a probabilidade dos cromossomos terem mais de 10 pontos de facilidade é alta, devido à quantidade de pontos de demanda e a probabilidade da função *random*, que é de 50%.

A primeira mudança altera a forma como os cromossomos são gerados, eles são gerados aleatoriamente, mas respeitando um percentual de 5% de bits ativados (pontos de facilidades), essa mudança se faz necessária, pois um cromossomo gerado aleatoriamente tende a ter 50% de bits ativados, gerando uma população inicial com uma quantidade de



facilidades muito acima do aceitável como solução para o problema. A segunda mudança modifica a mutação, isto é, adiciona uma função de viabilidade no indivíduo alterado pela mutação. A função de viabilidade tem como finalidade verificar se o indivíduo respeita a quantidade de bits ativados (pontos de facilidade) dentro do cromossomo, isto é, devido ao maior número de bits não ativados (bits com valor 0) a chance que esses bits sejam alterados para valor 1 é maior, fazendo com que os indivíduos sujeitos a mutação terminem com um número de facilidades acima do aceitável. A Figura 5 apresenta o pseudocódigo básico de uma heurística AG com as modificações realizadas.

```

Procedimento AG_modificado(Num_Geracoes)
01 ENTRADA: Imagem.jpg
02 Populacao ← CriarPopulacao (Imagem.jpg);
03 IndivíduoFinal ← Fitness (Populacao);
04 para Geracao ← 1 até Num_Geracoes faça
05   Populacao ← Roleta (Populacao);
06   Populacao ← Crossover (Populacao);
07   Populacao ← Mutacao (Populacao);
08   Populacao ← Viabilidade (Populacao);
09   IndivíduoMelhor ← Fitness (Populacao);
10   se IndivíduoMelhor > IndivíduoFinal então
11     IndivíduoFinal ← individuoMelhor;
12   fim se;
13 fim para;
14 retorna IndivíduoFinal;
  
```

FIGURA 5 – Pseudocódigo do AG com as modificações

A necessidade de alterar, os mecanismos do AG, foi identificada através da utilização de gráfico para acompanhamento do *fitness* total da população, onde foi observado que no decorrer das gerações o *fitness* fica abaixo do valor da primeira geração e que em certo momento esse valor chega à zero. Na Figura 6 observar-se dois gráficos, o primeiro sem a utilização das mudanças e no segundo utilizando as mudanças no mecanismo do AG.

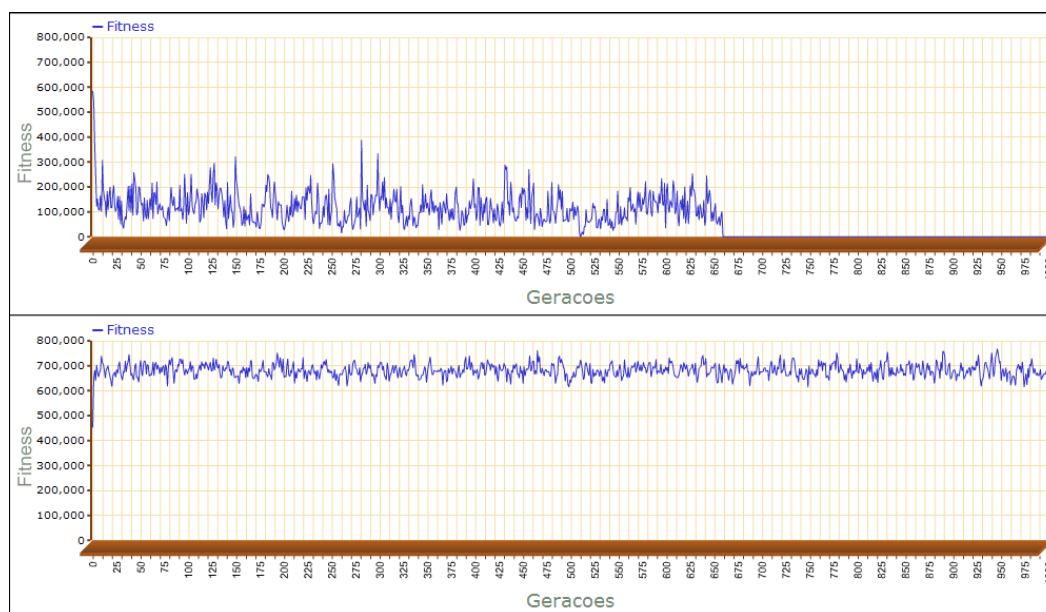


FIGURA 6 - Gráficos para acompanhamento do *fitness* da população

O fitness do cromossomo é dado através do seguinte calculo de pontos:

- Cada demanda atendida equivale a 100 pontos
- Cada facilidade tem um custo de 80 pontos
- Cada demanda atendida por mais de 1 facilidades (colisão de sinal) tem um custo de 40 pontos

Buscou-se através do fitness, encontrar resultados que atendam o máximo de clientes, mas minimizando o número de facilidade e a colisão de sinal entre as antenas, tendo como intenção encontrar um design de antenas bem disperso.

### 3.3 Parâmetros do Algoritmo Genético

A correta configuração dos parâmetros é, sem dúvida, um dos problemas enfrentados ao utilizar o AG. Esses parâmetros podem ser manipulados e alterados, e conseqüentemente eles modificam os mecanismos internos do algoritmo, visando uma melhor eficiência do mesmo. É importante ressaltar que estes parâmetros são influenciados pelo tempo de execução e pelos recursos computacionais disponíveis.

A teoria do AG não detalha a escolha da configuração dos parâmetros. Alguns pesquisadores realizaram experimentos sobre o ajuste dos parâmetros do AG, dentre eles destacamos o trabalho de GREFENSTETTE (1986). Ele aborda a escolha dos parâmetros como um problema e utilizou um segundo AG (Meta-AG) para encontrar os melhores parâmetros.

Os AG utilizam pelo menos três parâmetros básicos: taxa de *crossover* (recombinação), taxa de mutação e tamanho da população. Com as mudanças realizadas nos mecanismos do AG, adicionou-se um novo parâmetro: taxa de criação. Responsável por modificar o percentual do número de facilidades na criação do cromossomo.

Os parâmetros utilizados nesse trabalho estão relacionados na Tabela 1. Foram

utilizados valores com base em MICHALEWICZ (1996), porém com ajustes para melhoria da eficiência

TABELA 1 – Parâmetros do AG utilizados

Parâmetro	Valor
Taxa de <i>Crossover</i>	25%
Taxa de Mutação	1%
Taxa de Criação	10%
Tamanho da população	50
Número de Gerações	1000

#### 4. Resultados

A interface da ferramenta computacional gera uma imagem de resultado, utilizando a imagem original como base, representando os pontos eleitos como facilidade com cor verde-claro, uma linha entre os pontos de demandas atendidas e os pontos de facilidade com cor verde-escuro e um círculo com o raio de transmissão da facilidade com cor verde-claro, informado como parâmetro pela ferramenta. Pode-se verificar na Figura 7 o resultado obtido pela ferramenta, foram eleitos 9 pontos de facilidade. De cada ponto de facilidade eleito seguem linhas para as demandas atendidas, além do raio de amplitude do rádio.



FIGURA 7 - Resultado obtido através da ferramenta computacional



Além da imagem com os resultados representados graficamente, a ferramenta também exibe essas informações, como pode-se visualizar na Tabela 2.

TABELA 2 – Informações do melhor indivíduo

Resultados	Valores
Total de facilidades	9
Total de demandas	278
Demandas atendidas	276
Demandas atendidas (%)	99.28 %
Demandas não atendidas	2
Colisões de sinal	75
Indivíduo da geração	525
Valor do <i>fitness</i>	23880

## 5. Conclusões

Neste trabalho foi proposta uma solução para o problema de alocação de antenas para rede sem fio do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim, demonstrando a importância de utilizar um aplicativo com base em inteligência computacional na solução do melhor posicionamento para antenas de rede sem fio, de forma que o atendimento seja maximizado, o número de antenas seja minimizado e seja respeitado o limite na área de abrangência do sinal. Atualmente não existem softwares que forneçam uma solução completa, desde a alocação dos pontos de demandas, realizar os cálculos de distâncias e encontrar a melhor solução para o problema.

A utilização de uma imagem, com todos os pontos de demandas incluídos, facilita e auxilia o profissional na tomada de decisão, pois montar uma matriz de distância entre todos os 287 pontos de demandas é muito trabalhoso e impraticável, já que terão que ser realizadas mais de 82 mil medições de pontos. Ainda assim, algumas medições podem ser consideradas improváveis, pois podem, por exemplo, existir objetos entre os pontos, locais de difícil acesso ou por estarem em prédios diferentes sem acesso direto. Por se tratar de uma imagem em escala, idêntica a estrutura atual, não há a necessidade de realizar as medições, porque através do teorema de Pitágoras é possível calcular a distância entre dois pontos no plano cartesiano, utilizando com base em suas coordenadas (x,y), possibilitando que problemas com grande quantidade de pontos de demanda possam ser calculadas. Outra facilidade que a utilização de imagem produz é o controle das áreas mais importantes, que não podem ser deixadas sem atendimento, bastando adicionar mais pontos de demandas na determinada área e induzindo o aplicativo a atender à essas áreas mais populosas.

Disponibilizar o aplicativo via *web*, possibilita que seu uso seja feito por outros campi do Ifes, porém sem a necessidade de ter um vasto conhecimento de programação, heurísticas ou algoritmo genético. Tendo somente que exportar a planta do campus para uma imagem em boa resolução, adicionar os pontos de demandas na imagem e informar dois dados: número máximo de *access points* e o seu alcance de transmissão, em pixels.

A ferramenta demonstrou ser uma excelente opção para auxílio na tomada de decisão, quanto à avaliação da utilização do menor número de *access points* e na maior cobertura das demandas.

## 6. Trabalhos futuros

A correta configuração dos parâmetros do AG é um problema complexo e que deve ser tratado individualmente, isto conduz para realização experimentos, utilizando valores aleatórios, para avaliação dos melhores parâmetros, empregando métodos estatísticos, a fim de melhorar e otimizar os resultados.

Para uma aplicação eficiente da ferramenta em ambientes *indoor*, é necessário que sejam levados em consideração objetos que atenuam a transmissão dos pontos de facilidade. Sugere-se, portanto, um estudo mais aprofundado, procurando identificar a real consequência dos impactos na transmissão do sinal e um aperfeiçoamento na ferramenta, visando uma abordagem mais funcional nestes ambientes.

### Referências

- ABU-AL-NADI, D. I.; ISMAIL, T. H.; MISMAR, M. J. Interference suppression by element position control of phased arrays using LM algorithm. *Aeu-International Journal of Electronics and Communications*, v. 60, n. 2, p. 151-158, 2006 2006. ISSN 1434-8411.
- BEASLEY, J. E. Lagrangean heuristics for location problems. *European Journal of Operational Research*, v. 65, n. 3, p. 383-399, 1993. ISSN 0377-2217.
- GAREY, M. R.; JOHNSON, D. S. *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*. W. H. Freeman & Co., 1979. 338 ISBN 0716710447.
- GOUDOS, S. K. et al. PARETO OPTIMAL YAGI-UDA ANTENNA DESIGN USING MULTI-OBJECTIVE DIFFERENTIAL EVOLUTION. *Progress in Electromagnetics Research-Pier*, v. 105, p. 231-251, 2010 2010. ISSN 1559-8985.
- GREFENSTETTE, J. J. Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, v. 16, n. 1, p. 122-128, 1986. ISSN 0018-9472.
- GUNEY, K.; BABAYIGIT, B. Amplitude-only pattern nulling of linear antenna arrays with the use of an immune algorithm. *International Journal of Rf and Microwave Computer-Aided Engineering*, v. 18, n. 5, p. 397-409, Sep 2008. ISSN 1096-4290.
- GUNEY, K.; BASBUG, S. Interference suppression of linear antenna arrays by amplitude-only control using a bacterial foraging algorithm. *Progress in Electromagnetics Research-Pier*, v. 79, p. 475-497, 2008 2008. ISSN 1559-8985.
- GUNEY, K.; ONAY, M. Amplitude-only pattern nulling of linear antenna arrays with the use of bees algorithm. *Progress in Electromagnetics Research-Pier*, v. 70, p. 21-36, 2007 2007. ISSN 1559-8985.
- HAKIMI, S. L. Optimum Locations of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph. *Operations Research*, v. 12, n. 3, p. 450-459, 1964. ISSN 0030364X.
- \_\_\_\_\_. Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems. *Operations Research*, v. 13, n. 3, p. 462-475, 1965. ISSN 0030364X.
- HOLLAND, J. H. *Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. Oxford, England: U Michigan Press, 1975. viii, 183 ISBN 0472084607.
- KARIV, O.; HAKIMI, S. L. An Algorithmic Approach to Network Location Problems. II: The p-Medians. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, v. 37, n. 3, p. 539-560, 1979. ISSN 00361399.
- LORENA, L. A. N. et al. Integração de modelos de localização a sistemas de informações geográficas. *Gestão & Produção*, v. 8, p. 180-195, 2001. ISSN 0104-530X.
- MICHALEWICZ, Z. *Genetic algorithms + data structures*. Springer-Verlag, 1996. ISBN 9783540606765.
- MOUHAMADOU, M.; VAUDON, P.; RAMMAL, M. Smart antenna array patterns synthesis: Null steering and



multi-user beamforming by phase control. Progress in Electromagnetics Research-Pier, v. 60, p. 95-106, 2006. ISSN 1559-8985.

NEEBE, A. W. A Branch and Bound Algorithm for the p-Median Transportation Problem. The Journal of the Operational Research Society, v. 29, n. 10, p. 989-995, 1978. ISSN 01605682.

TEITZ, M. B.; BART, P. Heuristic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weighted Graph. Operations Research, v. 16, n. 5, p. 955-961, 1968. ISSN 0030364X.