



**Modalidade do trabalho:** Ensaio teórico

**Evento:** XVII Jornada de Pesquisa

## DETECÇÃO DA ÁREA DE COBERTURA EM REDES WIRELESS USANDO À METAHEURÍSTICA SIMULATED ANNEALING<sup>1</sup>

**Maira Tanise de Vlieger<sup>2</sup>, Paulo Sérgio Sausen<sup>3</sup>, Airam Sausen<sup>4</sup>, Ciro Reckziegel<sup>5</sup>, Sandro Sawicki<sup>6</sup>.**

<sup>1</sup> Projeto de pesquisa realizado no curso de Mestrado em Modelagem Matemática da Unijui.

<sup>2</sup> Aluna do Mestrado em Modelagem Matemática da UNIJUI, bolsista CAPES, maira.vlieger@unijui.edu.br

<sup>3</sup> Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, sausen@unijui.edu.br

<sup>4</sup> Professora Doutora do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, airamsausen@gmail.com

<sup>5</sup> Professor Mestre do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, ciro@unijui.edu.br

<sup>6</sup> Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Orientador, sawicki@unijui.edu.br

**Resumo:** A implantação de redes sem fio, em ambientes complexos, exige a análise de diferentes variáveis, como, número de pontos de acesso, potência de transmissão das antenas, número de usuários, restrições de cobertura, entre outros. Entretanto, na maioria das vezes, este planejamento não ocorre, sendo a sua implantação realizada in loco, sem uma metodologia definida, tornando o processo oneroso. Neste contexto, o presente trabalho busca desenvolver uma solução que possibilite encontrar a área de cobertura dos sinais gerados a partir das posições das antenas utilizadas em redes wireless (i.e., Pontos de Acesso - APs). Pretende-se ainda aplicar esta solução na função de custo da Metaheurística Simulated Annealing a fim de encontrar a melhor área de cobertura utilizando o menor número de APs. Para facilitar a compreensão do problema e auxiliar no desenvolvimento das equações matemáticas, foi utilizada a ferramenta Geogebra, já a simulação e validação será implementada em Linguagem C++.

**Palavras-chave:** Redes Sem Fio; Modelagem Matemática; Heurísticas.

### Introdução

As redes de computadores e a nanotecnologia são alguns dos principais fatores que vem revolucionando a sociedade em que vivemos. Estas tecnologias estão constantemente presentes na educação, no lazer e, principalmente, no trabalho. Neste sentido, as redes sem fio estão em constante crescimento, pois proporcionam mobilidade, flexibilidade e baixo custo (Gast e Loukides, 2002). Ao contrário das redes cabeadas que utilizam-se de meios físicos para a comunicação entre diferentes elementos, uma rede sem fio segundo Sousa et. al. (2002) é “todo tipo de conexão efetuado sem fios como transmissão de dados via rádio digital, redes locais sem cabeamento físico que utilizam infravermelho, telefonia celular e outros”.

As redes sem fio padrão IEEE 802.11 estão espalhadas nos mais diversos lugares (escritórios, bares, restaurantes, parques) propiciando acesso fácil aos usuários. A instalação deste tipo de rede em pequenos ambientes é uma tarefa relativamente simples, pois normalmente deseja-se cobertura total do local e apenas um equipamento já é suficiente para essa cobertura.





**Modalidade do trabalho:** Ensaio teórico

**Evento:** XVII Jornada de Pesquisa

Entretanto, a implantação deste tipo de rede em ambientes complexos, depende de vários fatores, tais como a potência de alcance da antena, barreiras, número de usuários, restrição de cobertura, entre outros. Atualmente, a definição da posição física das antenas é realizada sem uma metodologia definida, sendo executada in loco no momento de sua implantação. Neste sentido, a distribuição aleatória das antenas (i.e., pontos de acesso) pode causar desperdício do sinal (problemas de segurança), assim como, falhas de cobertura no ambiente.

Para a resolução deste problema tem-se como objetivo desenvolver um modelo matemático que encontre a área de cobertura dos sinais gerados a partir da posição das antenas wireless e inserir este modelo na função de custo da metaheurística Simulated Annealing (Kirckpatrick, 1983) para encontrar a melhor área de cobertura utilizando o menor número de antenas.

### Metodologia

Este trabalho iniciou-se por meio de um estudo acerca de características e topologias de redes, formas de transmissão, padrão IEEE 802.11, assim como uma revisão bibliográfica do estado-da-arte, na procura por soluções similares a esta proposta. Em seguida, através de um modelo estático, formulou-se o escopo e restrições do problema. Por último, o modelo matemático será avaliado por meio de testes analíticos e, após, inserido na função de custo da metaheurística Simulated Annealing, desenvolvida em linguagem C++.

### Resultados e discussão

O problema da área de cobertura em redes sem fio é abordado de diversas maneiras, variando de acordo com as características de aplicação e, principalmente, dos objetivos e restrições impostas. Os trabalhos de Arroyo e Marques (2006), Borges et. al. (2001), baseiam-se em pontos de demanda pré-definidos, diferente da abordagem proposta por este trabalho, a qual busca encontrar a cobertura a partir da área pré-estabelecida. Já o trabalho de Wang e Zhang (2009) e Negahdar et. al. (2008) se aplica na cobertura de redes de sensores sem fio, em sua abordagem, o número de sensores tem raios iguais e formam uma espécie de malha representando, assim, a cobertura.

Em um cenário real, a propagação do sinal emitido pelas antenas forma uma espécie de elipse, transformando-se em um ambiente tridimensional. Contudo, este trabalho tem seu foco em ambientes bidimensionais, sendo a propagação do sinal vista como uma circunferência, assim, para a obtenção de uma cobertura homogênea, tais elementos devem sofrer uma leve sobreposição. Utiliza-se o Método UDG (Unit Disk Graph) Kuhn et. al, (2003) para o posicionamento dos APs, pois ele determina que a distância entre os raios seja igual ou menor que o raio, desta forma encontra-se sempre uma área de cobertura homogênea, ou seja, os sinais dos diferentes pontos de acesso sempre irão se tocar.

# SALÃO DO CONHECIMENTO

XX Seminário de Iniciação Científica II Mostra de Iniciação Científica Júnior  
XVII Jornada de Pesquisa II Seminário de Inovação e Tecnologia  
XIII Jornada de Extensão

2012



Modalidade do trabalho: Ensaio teórico

Evento: XVII Jornada de Pesquisa

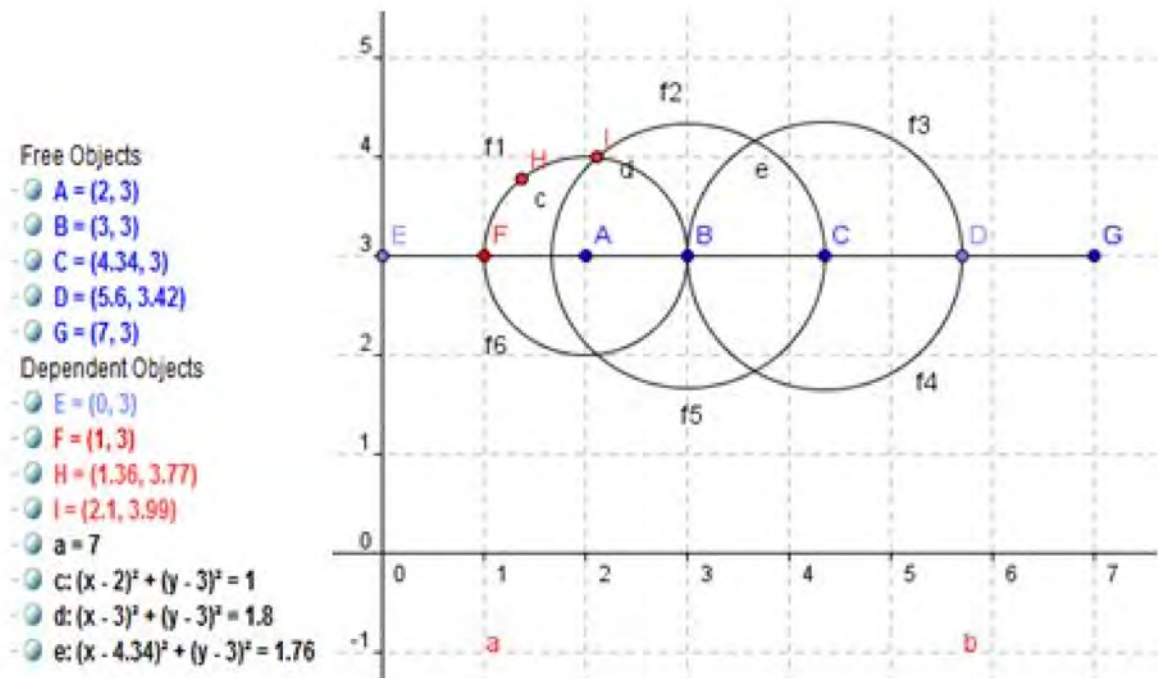


Figura 1: Simulação gráfica de um problema estático através do software Geogebra

A Figura 1 considera um cenário em duas dimensões, no qual os centros dos círculos encontram-se no mesmo eixo y e se propagam sem nenhuma atenuação, ou seja, não existem barreiras que dificultem a passagem do sinal. Neste contexto, devido à sobreposição das circunferências e, conseqüente, forma da figura, a área resultante será encontrada por meio de cálculos integrais. Assim, para iniciar a modelagem torna-se necessário, inicialmente, encontrar as funções que descrevem cada uma das curvas externas e, para isso, é fundamental se obter, no mínimo, três pontos pertencentes a cada uma das curvas.

Percebe-se, ainda, três círculos com centros A, B e C com suas respectivas curvas externas, as quais fazem a cobertura da área considerando os três círculos. Após, uma reta foi traçada, chamada de ponto de corte, com o objetivo de satisfazer a condição de existência de função, onde para cada valor de x pode-se ter apenas um valor de y. Este corte considera o menor e o maior valor de x.

O segundo passo encontra os três pontos pertencentes a cada curva. Na primeira curva tem-se os pontos: F, H e I obtidos considerando a intersecção entre os círculos ou então com a reta do ponto de corte, já o outro ponto, é obtido calculando o ponto médio entre os dois primeiros. O terceiro passo encontra a função que melhor descreve esta curva. Abaixo segue o procedimento adotado:

Monta-se um sistema com os três pontos:



**Modalidade do trabalho:** Ensaio teórico

**Evento:** XVII Jornada de Pesquisa

$$\begin{cases} ax_1^2 + bx_1 + c = y_1 \\ ax_2^2 + bx_2 + c = y_2 \\ ax_3^2 + bx_3 + c = y_3 \end{cases} \quad (1)$$

Resolve-se o sistema escrito na forma matricial,  $Ax = B$ , encontrando os valores de a, b e c:

$$\begin{pmatrix} x_1^2 & x_1 & 1 \\ x_2^2 & x_2 & 1 \\ x_3^2 & x_3 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Com os valores de a, b e c pode-se montar a função:

$$F(x) = ax^2 + bx + c \quad (3)$$

Neste caso específico, este processo é realizado seis vezes, pois existem seis curvas que cobrem a área entre os três círculos, estas determinadas pelas incógnitas  $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5$  e  $f_6$ , que se caracterizam como funções. O quarto passo, calcula a área com o uso de integrais. Para realizar este cálculo, determina-se a área  $A_1$ , dada por:

$$A_1 = \int_a^b F(x) dx, \quad (4)$$

com esta fórmula consegue-se calcular a área considerando as curvas superiores ao ponto de corte, ou seja,  $F(x) = f_1 + f_2 + f_3$  até o eixo x num limite de integração de a até b. Em seguida determina-se uma área  $A_2$ , dada por:

$$A_2 = \int_a^b G(x) dx, \quad (5)$$



**Modalidade do trabalho:** Ensaio teórico

**Evento:** XVII Jornada de Pesquisa

com a qual será possível calcular a área considerando as curvas inferiores ao ponto de corte, ou seja,  $G(x) = f4 + f5 + f6$  até o eixo  $x$ , num limite de integração de  $a$  até  $b$ . Portanto, para encontrar a área desejada, a qual representa a área de cobertura das antenas, para uma determinada situação, basta realizar o seguinte cálculo:

$$\text{ÁREA} = \int_a^b F(x)dx - \int_a^b G(x)dx \quad (6)$$

Com a modelagem matemática realizada, o modelo gerado tem o objetivo de compor a função de custo da metaheurística Simulated Annealing (Kirkpatrick et al. 1983), a fim de encontrar a melhor área de cobertura utilizando o menor número de pontos de acesso. Como o processo é dinâmico, a cada iteração da metaheurística, o novo cenário é reavaliado, buscando convergir para uma boa solução em termos de cobertura. A cada iteração da metaheurística, a função de custo calcula seguindo as equações (1) até a (6) a cobertura dos pontos de acesso, a qual posteriormente é avaliada pela função (7), determinando se esta será aceita ou não.

A metaheurística Simulated Annealing necessita de uma solução inicial para começar o seu processo. Na maioria das vezes esta solução é aleatória, visto que a cada processo de perturbação são geradas soluções diferentes da inicial. Somente quando a temperatura estiver relativamente baixa é que a etapa de avaliação fica mais criteriosa, aceitando soluções, na maioria das vezes, melhores que as anteriores. Abaixo são descritos algumas etapas, focando o problema da alocação de antenas em redes sem fio.

**Solução inicial** – é um conjunto de pontos de acesso com diferentes raios de cobertura, os quais visam solucionar o problema. Para iniciar, o processo faz um sorteio de forma aleatória escolhendo a posição dos pontos de acesso.

**Perturbação** – nesta fase sorteia-se um dos pontos de acesso e também novas posições  $(x,y)$  que determinam seu novo centro, ou seja, ele troca de posição as antenas até que sejam aceitas pela função de avaliação.

**Função Custo** – a cada perturbação o modelo matemático gerado é avaliado.

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico  
 Evento: XVII Jornada de Pesquisa

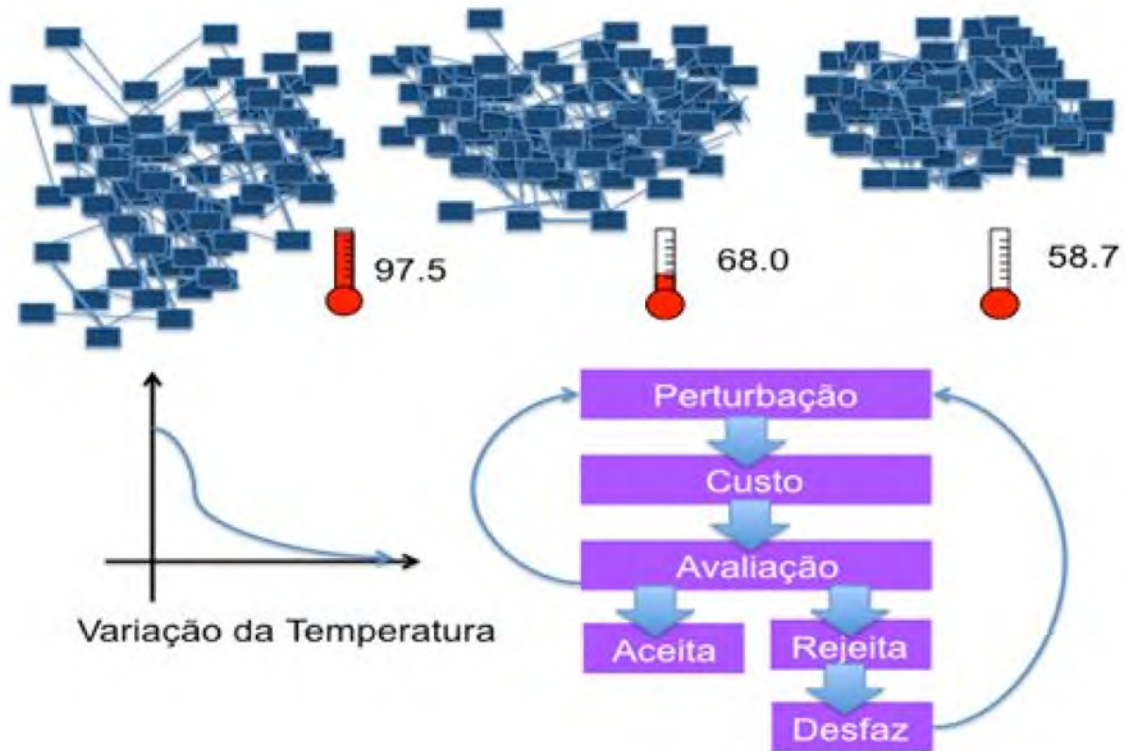


Figura 2: Funcionamento da Metaheurística Simulated Annealing

Avaliação – avalia a aceitação da nova solução considerando a probabilidade do fator de Boltzmann dada abaixo:

$$p = e^{(-\Delta/T)}, \quad (7)$$

onde T é um parâmetro do método, chamado de temperatura.

Por exemplo:

- Gera-se um número aleatório retirado de uma distribuição uniforme no intervalo [0, 1].
- Se este número for menor ou igual a “p”, aceita-se a solução.
- Se for maior que “p”, rejeita-se a solução.

O problema de alocação de antenas altera a função de custo da metaheurística Simulated Annealing, fazendo com que a área calculada em uma iteração seja comparada com o resultado da iteração anterior. Baseada na avaliação, os pontos do novo círculo podem ser aceitos ou rejeitados, como mostra



**Modalidade do trabalho:** Ensaio teórico

**Evento:** XVII Jornada de Pesquisa

a Figura 2. Neste aspecto, a metaheurística busca convergir para que a área tenha uma cobertura máxima, utilizando para isso, um número mínimo de APs.

### Conclusões

Este trabalho apresentou um modelo matemático capaz de calcular a área de cobertura das antenas em um determinado ambiente. A partir da informação do centro e do raio de cada ponto de acesso, este modelo executa funções de busca com o objetivo de encontrar o perímetro de cobertura de sinal em diferentes ambientes. Esta área é gerada dinamicamente sempre que a metaheurística requisitar, a fim de convergir para resultados com boa qualidade, utilizando o menor número de pontos de acesso.

### Referências Bibliográficas

- ARROYO J. E. C.; MARQUES T. B. Heurística Grasp Aplicado ao Problema de Alocação de Antenas de Transmissão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 38. 2006, Goiânia: Sbp, 2006. p. 1345 – 1356.
- BORGES. E. S. et al. Ferramenta Computacional para Alocação de Pontos de Acesso Wireless Utilizando Algoritmos Genéticos. In: Engenharia de Produção: Expansão com Qualidade e Interface com o Mercado, 2001, São João del Rei: EMEPRO, 2001.
- GAST, M. S.; LOUKIDES, M. 802.11 wireless networks: the definitive guide. O’Reilly & Associates, Inc. Sebastopol, CA, USA, 2002.
- KIRKPATRICK, S., GELATT, Jr. C. D. and VECCHI, M. P. Optimization by Simulated Annealing. Science, n. 220, 1983, p. 671 – 680.
- KUHN, Fabian; WATTENHOFER, Rogert; ZOLLINGER, Aaron. Ad-hoc networks beyond unit disk graphs, Proceedings. DIALM-POMC ’03 Proceedings of the 2003 joint workshop on Foundations of mobile computing, Pages, 69-78, ISBN 1-58113-765-6.
- NEGAHDAR, M. ARDEBILIPOUR, M. MAPAR, M. Adaptive method for decreasing over-covered areas in Wireless Sensor Networks. In: The Fourth International Conference on Wireless and Mobile Communications, 2008. ISBN: 978-0-7695-3274-5.
- SOUSA, Lindeberg Barros de. Redes de computadores: dados, voz e imagem. Ed. Erica, São Paulo, 2002, 484p.
- WANG X.; ZHANG S.; Research on Efficient Coverage Problem of Node in Wireless Sensor Networks; In: Second International Symposium on Electronic Commerce and Security, 2009. ISECS ’09. ISBN: 978-0-7695-3643-9.