



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

## UM MODELO MATEMÁTICO USADO PELA METAHEURÍSTICA SIMULATED ANNEALING VOLTADO PARA A OTIMIZAÇÃO DA COBERTURA DE SINAL EM REDES SEM FIO<sup>1</sup>

Vinicius Schuster<sup>2</sup>, Sandro Sawicki<sup>3</sup>, Gerson Battisti<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Trabalho resultante de atuação de bolsista em projeto de pesquisa PIBIC/UNIJUI no curso de Ciência da Computação;

<sup>2</sup> Bolsista PIBIC/UNIJUI. Estudante do Curso de Ciência da Computação; E-mail: [vinicius.schuster@unijui.edu.br](mailto:vinicius.schuster@unijui.edu.br)

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias; E-mail: [sawicki@unijui.edu.br](mailto:sawicki@unijui.edu.br)

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias.

### Resumo

Este artigo propõe a aplicação do modelo matemático apresentado por Reckziegel [8] na meta-heurística Simulated Annealing [1]. O objetivo é fazer com que Simulated Annealing consiga convergir para soluções otimizadas em problemas de intersecção de sinais gerados pelas redes sem fio.

Palavras-chave: heurísticas, meta-heurísticas, simulated annealing, modelagem matemática.

### Introdução

As redes sem fio conquistaram um reconhecido espaço no mundo atual apresentando várias vantagens. Entre estes benefícios pode-se destacar: (i) conveniência: grande parte dos equipamentos móveis estão equipados com tecnologia sem fio; (ii) produtividade: o acesso fácil a informação estimula a cooperação entre profissionais; (iii) mobilidade: livre de conexões físicas; (iv) custo: reduz os custos com cabeamento no caso de mudanças ou configurações.

Para atender a demanda de conectividade e acesso à dados de aplicações surgem algumas questões que necessitam de avanço para poder oferecer garantias de qualidade e desempenho das redes sem fio.

A instalação de redes sem fio em ambientes complexos requer uma análise detalhada de diferentes variáveis, tais como, múltiplos pontos de acesso, espessura das paredes, números de usuários, sombra de sinal (objetos poderão interferir na qualidade e intensidade do sinal como também gerar uma perda de pacotes), interferências eletromagnéticas, restrições de cobertura (áreas que não devem ser cobertas pelo sinal ou lugares onde o sinal não deve “vazar”), sobreposição de sinal ou canal (dois ou mais pontos de acesso cobrindo o mesmo local ou o mesmo canal), desperdício de sinal (ponto de acesso distribuído incorretamente) entre outros.

Tendo em vista a questão relacionada a posição dos APs, pode-se defini-la como a etapa em que se determina a sua posição física em uma determinada área. O posicionamento é





**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

um problema NP-completo, podendo ser classificado pela complexidade do melhor algoritmo que é capaz de resolvê-lo (considera-se o melhor algoritmo aquele que tem a menor complexidade).

Técnicas baseadas em meta-heurísticas, como *simulated annealing* e algoritmos genéticos, também são muito utilizadas para se reduzir a complexidade do problema. São conhecidas como *simulação de fenômenos*. Outras meta-heurísticas usadas para esse tipo de problema são GRASP (*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*) e Busca Tabu.

Esta pesquisa visa aplicar o modelo matemático proposto por Reckziegel [8] na meta-heurística *Simulated Annealing* com o objetivo de melhorar a distribuição de pontos de acesso em ambientes complexos.

### Metodologia

A metodologia aplicada foi baseada no entendimento do estado-da-arte, destacando a revisão bibliográfica e a pesquisa de modelos matemáticos que envolvam o círculo e suas interseções. O Estudo buscou desenvolver um modelo que encontre e atue na interseção de um número fixo ou ilimitado de círculos.

O trabalho de Reckziegel [8] apresentou um modelo de intersecções de círculos com raios diferentes baseado em geometria plana e analítica. Este trabalho buscou aplicar tal modelo na metaheurística *Simulated Annealing* para otimizar a área de cobertura em redes sem fio.

Problemas que demandam um grande número de variáveis podem ser tratados por meio de heurísticas e meta-heurísticas. Para isso foram analisados diferentes algoritmos para poder utilizar na resolução do problema. Entre eles destacam-se os GRASP (*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*) e *Simulated Annealing*. Após a comparação dos mesmos, a meta-heurística escolhida foi o *Simulated Annealing* porque possui uma habilidade de analisar e fornecer resultados próximos ao ideal. Outro motivo é por ser uma meta-heurística genérica, podendo ser utilizada em muitas outras aplicações como na análise da estrutura de cadeias complexas de proteínas.

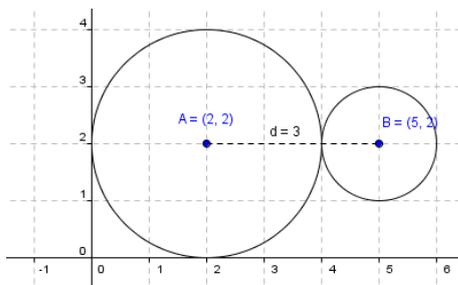
Como a meta-heurística *Simulated Annealing* tem grande parte de seu código-fonte desenvolvida na linguagem C++, foi necessário o conhecimento da linguagem assim também como a utilização de um ambiente para o desenvolvimento, foi utilizada a IDE Dev-C++.

### Resultados e Discussão

O modelo matemático proposto por Reckziegel [8] encontra a sobreposição dos círculos com raios diferentes. Abaixo são ilustradas alguns casos de intersecção previstos por tal modelo, entre eles: a) quando as circunferências são tangentes exteriores; b) quando circunferências são secantes; c) quando as circunferências são interiores.

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

a) As circunferências são tangentes exteriores:



Dados:  
 $A(x_1, y_1)$  e  $B(x_2, y_2)$  – centros das circunferências  
 $r_1$  e  $r_2$  – raios  
 $d$  – distância entre os centros

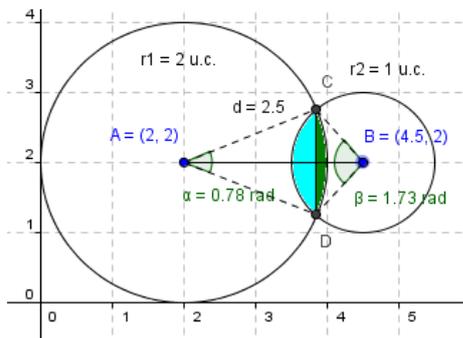
$d = r_1 + r_2$   
 Área sobreposta:  $A = 0$

b) As circunferências são secantes:

b1) A distância  $d$  pertence ao intervalo:

$r_1 - r_2 < d < r_1 + r_2$

b1.1) Cálculo da distância entre os centros:  $d$



$d =$

$d =$

b1.2) Cálculo da altura  $h$  do triângulo qualquer ABC de lados conhecidos:  $AB = d$ ;  $AC = r_1$  e  $BC = r_2$

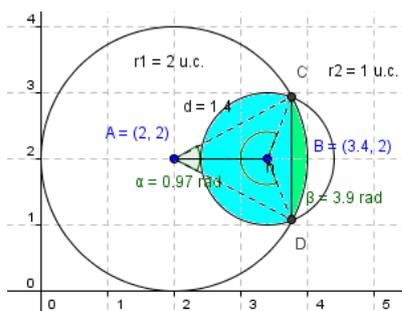
$h =$  , onde  $p$  é o

semiperímetro do triângulo ABC.

b2) A distância  $d$  pertence ao intervalo:  $r_2 \leq d < r_1$

b2.1) Cálculo da distância entre os centros:  $d$

$d =$

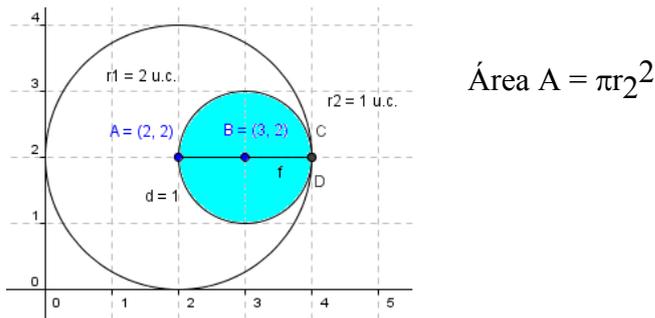


b2.2) Cálculo da altura  $h$  do triângulo qualquer ABC de lados conhecidos:  $AB = d$ ;  $AC = r_1$  e  $BC = r_2$

$h =$  , onde  $p$  é o semiperímetro

do triângulo ABC.

c) As circunferências são interiores:  $d \leq r_2$



A meta-heurística desenvolvida tem como solução inicial o processo de perturbação que neste caso é a troca dos pontos de acesso. Após esta troca, calcula-se o somatório da área de intersecção por meio do modelo proposto. Tal método chama-se *GetCost()*.

O fator mais avaliado no projeto de uma rede sem fio é a sua área de cobertura. Muitos algoritmos e ferramentas foram propostas para buscar a maior cobertura com o menor número de pontos de acesso. Essas técnicas nem sempre consideram que o sinal pode sair da área desejada, ou seja, ultrapassar os limites da empresa ou organização, abrindo possibilidades para falhas graves de segurança.

Outro fator a ser considerado é que nem sempre queremos ter cobertura total de toda a área. Por diversos motivos queremos que determinada área fique na sombra do sinal, ou seja, os equipamentos nesta área não têm acesso à rede sem fio por falta do sinal. Este cenário pode ocorrer em locais que possuam áreas que não possa sofrer interferências eletromagnéticas, como salas de ressonância em hospitais, etc. Essa situação caracteriza uma área sem cobertura contida dentro da área de cobertura. Em resumo, uma rede sem fio não é sempre desejada em todos os lugares.

### Conclusões

O modelo proposto foi validado por meio de pequenos testes e simulações aleatórias. Sempre que o método *getCost()* é disparado, o modelo matemático é executado. Para tanto a metaheurística necessita da nova informação, mas não de forma isolada. Assim, aplica-se o somatório de todas as intersecções a fim de encontrar a área total de intersecções. Novos experimentos estão sendo elaborados com o intuito de subtrair a área total e a área coberta (sobreposições).

### Agradecimentos



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

Em especial a UNIJUI.

#### Referências

- [1] KIRKPATRICK, S.; GELATT, C. D.; VECCHI, M. P. Optimization by Simulated Annealing. Science, Number 4598, 13 May 1983, [S.l.], v.220, 4598, p.671-680, 1983.
- [2] GÔMARA, Sonia; JUIZ, Carlos; Estudio en rendimiento de redes en un palacio de congresos mediante simulacion; In: XXXV Latin American Informatics Conference, CLEI 2009.
- [3] BISATTO, Ana Paula; PERES, André. Localização de Estação Sem Fio Utilizando Trilateração; X Salão de Iniciação Científica e Trabalhos Acadêmicos, 2009.
- [4] MORAES, Luis Felipe; NUNES, Bruno; FERNANDES, Rafael. Utilizando Características do Ambiente Monitorado Para Aumentar a Precisão na Localização de Dispositivos Wi-Fi Evitando a Calibragem. In: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distriuídos, SRBC, 2008
- [5] LOPES, R.; FREIXO, P.; SERRADOR, A., Modelo de Propagação para WLANs. In: Terceiras Jornadas de Engenharia de Electrónica e Telecomunicações e de Computadores. , JETC'05. Lisboa, Portugal, Novembro, 2005.
- [6] HOFFMANN, L. T. ; GÓMEZ A. T.; Desenvolvimento de um Protótipo de um Sistema de Informação Geográfica para Auxílio à Tomada de Decisão de Posicionamento de Torres de Radiotransmissão. Trabalho de Conclusão de Curso, Unissinos, 2002.
- [7] VISWANATHAN, N.; PAN, M.; CHU, C.-N. FastPlace: an analytical placer for mixed-mode designs. In: ISPD '05: PROCEEDINGS OF THE 2005 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PHYSICAL DESIGN, 2005, New York, NY, USA. Anais. . . ACM Press, 2005. p.221–223
- [8] M.D. Deitel, P. J. Deitel, C++ como programar, Bookman.
- [9] RECKZIEGEL, C. T. ; Gerson Battisti ; Sandro Sawicki . MODELOS MATEMÁTICOS PARA A DETERMINAÇÃO DE INTERSEÇÕES ENTRE CIRCUITOS DE TAMANHOS DIFERENTES. In: XV JORNADA DE PESQUISA DA UNIJUI, 2010, SANTA ROSA RS. CT&I e SOCIEDADE, 2010.

---

Projeto: Heurísticas Aplicadas na Distribuição de Pontos de Acesso em Redes Sem Fio