INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Telefonia Celular: Geometria Hexagonal

CMS60808 – 2015/1

Professor: Bruno Fontana da Silva

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Introdução ao padrão hexagonal.

GEOMETRIA CELULAR

Conceito Celular

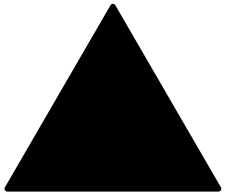
Para definir uma célula de cobertura do serviço radiomóvel, precisamos de um modelo (para fins de estudo, análise, simulação e projetos).

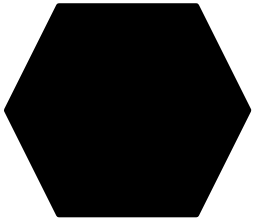
Uma antena eletromagnética simples (ex.: dipólo de Hertz) possui um padrão de propagação circular (omnidirecional).

Porém, parar cobrir uma região inteira, o círculo não é um bom modelo (possui espaços vazios ou sobreposições).

Conceito Celular

As figuras que se agrupam (em uma região bidimensional) de maneira eficiente para ocupar toda sua área são os quadrados, triângulos equiláteros e hexágonos regulares.

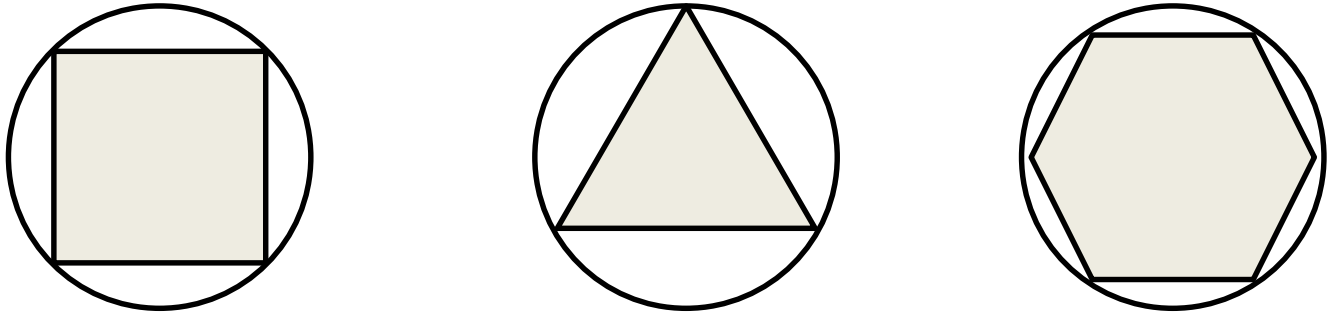




INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

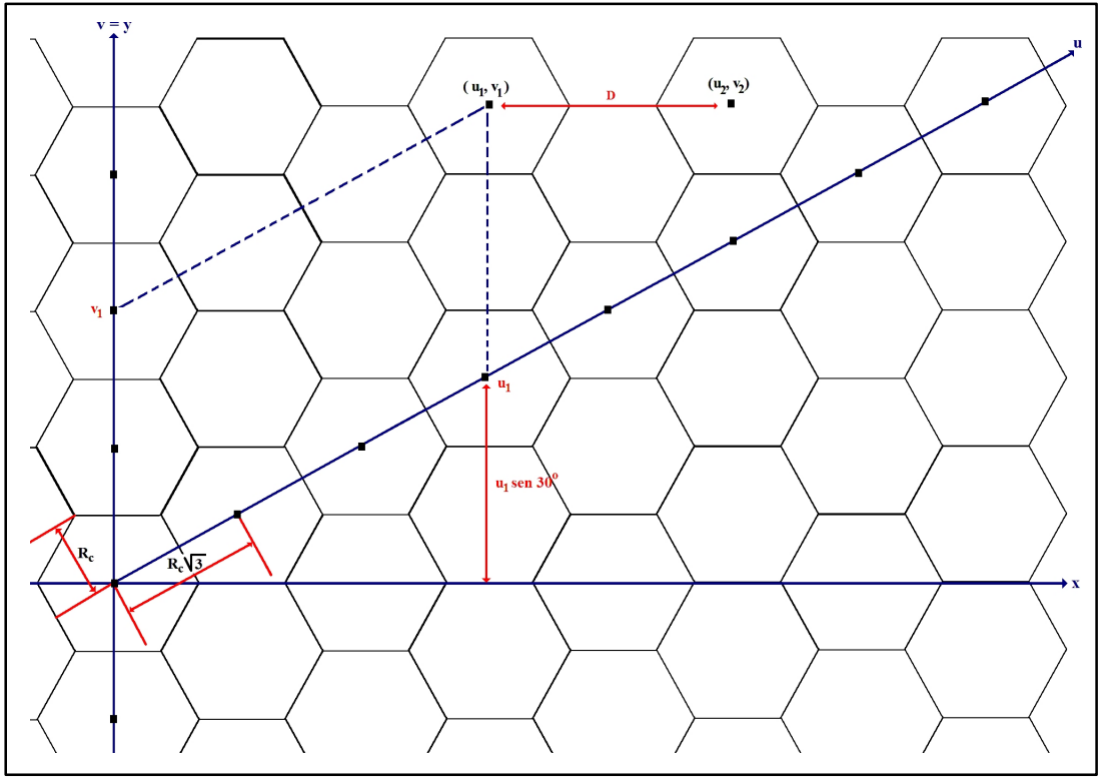
Conceito Celular

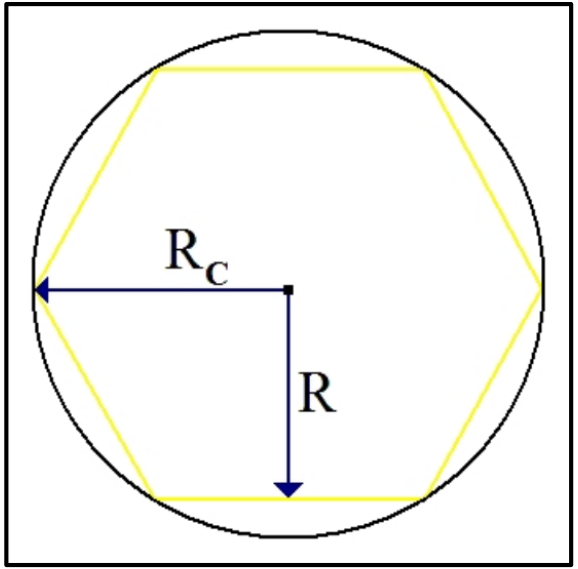
Para uma mesma medida de raio, o hexágono é a figura geométrica que ocupa a maior área, considerando a distância do centro da figura à extremidade mais distante.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Coordenadas no sistema hexagonal





Raio celular R_C.

(GOMES e MACHADO, 2011)

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Localização das células

A posição real dos centros das células é dada pelas coordenadas:

$$(u; v) = \left(\sqrt{3}R_C i; \sqrt{3}R_C j\right)$$

em que (i, j) são números naturais que estão associados ao centro das células no sistema de coordenadas hexagonal.

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Distância entre células

A distância entre o centro da célula na origem do sistema de coordenadas $(0,0)$ e o centro de uma célula qualquer é dada por:

$$D = \sqrt{3}R_C\sqrt{i^2 + i \cdot j + j^2}$$

em que (i, j) são números naturais. Observa-se que a menor distância entre centros de células (ou seja, adjacentes) é para $(i; j) = (1; 1)$ e vale $\sqrt{3}R_C$

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

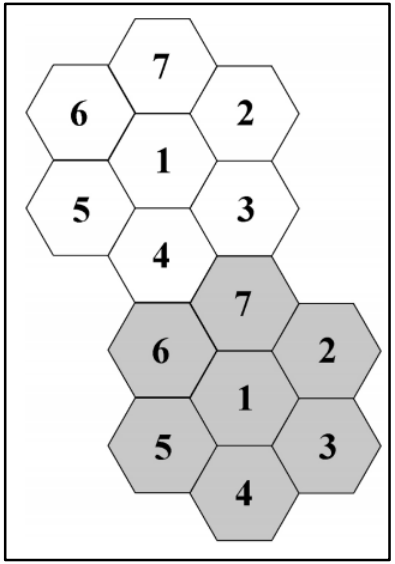
Clusters

Um conjunto de células é denominado cluster.

A Figura ao lado ilustra dois clusters de 7 células.

Todos os **canais** de comunicação de um sistema são **agrupados e distribuídos em um cluster**.

Os mesmos canais são **reusados** em clusters adjacentes, buscando maximizar a distância entre as células que ocupam os mesmos canais.



(GOMES e MACHADO, 2011)

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Capacidade do *Cluster*

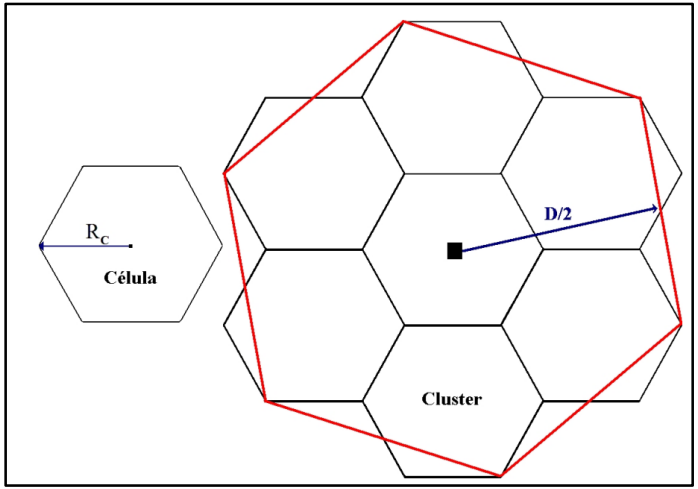
A área de uma célula hexagonal regular é dada por

$$a = \frac{3\sqrt{3}}{2} R_C^2$$

e a área de um *cluster* é dada por

$$A = \frac{\sqrt{3}}{2} D^2$$

em que D representa a distância entre dois *clusters*.



(GOMES e MACHADO, 2011)

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Capacidade do *Cluster*

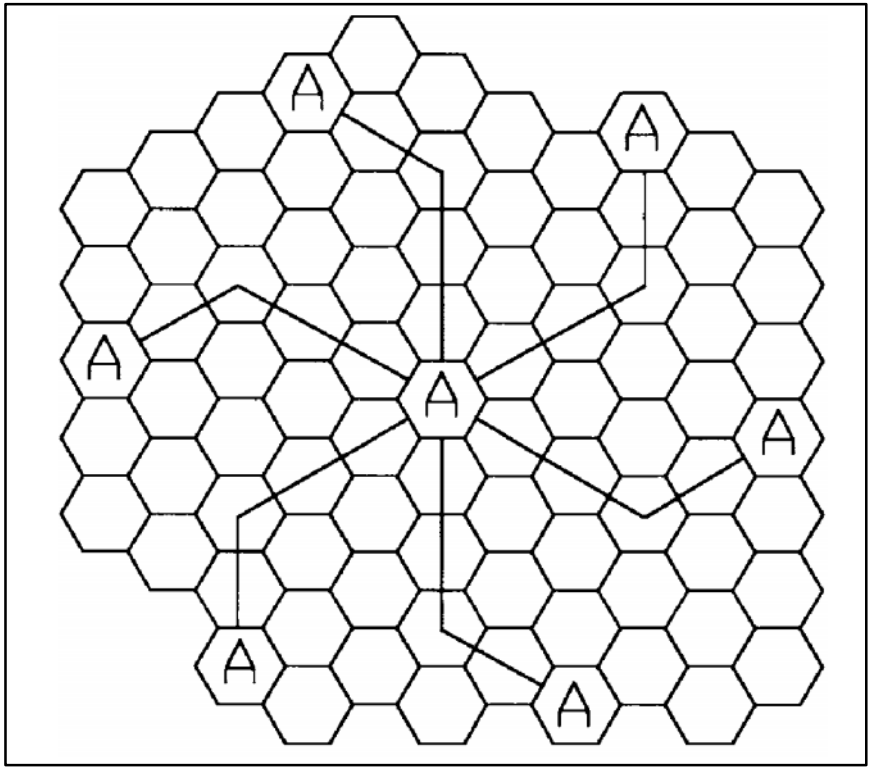
O número de células por cluster é dado pela razão entre a área do cluster e a área de uma célula:

$$N = \frac{A}{a} = \left(\frac{D}{\sqrt{3}R_c}\right)^2$$

$$\boldsymbol{N = i^2 + i \cdot j + j^2}$$

$(i; j)$	Tamanho do Cluster (N)
$(1; 0)$	1
$(1; 1)$	3
$(1; 2)$	7
$(1; 3)$	13
$(1; 4)$	21
$(2; 0)$	4
$(2; 2)$	12
$(2; 3)$	19
$(3; 0)$	9
$(4; 0)$	16

Capacidade do *Cluster*



(RAPPAPORT, 2002)

Exemplo: método de localização de células co-canais em um sistema celular.

$$N = 19$$
$$(i = 3, j = 2)$$

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Calculando a quantidade de canais por célula.

DISTRIBUIÇÃO DE CANAIS NO CLUSTER

Distribuição de Canais no Cluster

Considere um sistema celular com S canais *full duplex*.

Os canais devem ser divididos em N grupos únicos e disjuntos (sem repetição) com a mesma quantidade de canais.

Em cada célula é alocado um grupo de canais. Assim,

$$k = \frac{S}{N}$$

É a quantidade de canais por célula.

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Distribuição de Canais no Cluster

Se um cluster é replicado M vezes, o número total de canais do sistema (capacidade do sistema) é

$$C = MkN = MS$$

Coletivamente (união) em um cluster, os N canais são responsáveis por cobrir toda faixa de espectro disponibilizada no sistema.

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Exemplo

Se um total de 33 MHz de largura de banda é alocado para um sistema de telefonia celular FDD (frequency division duplex) utiliza dois canais simplex de 25 kHz para prover serviço completo de voz e controle do canal, encontre o número de canais disponíveis por célular se um sistema utiliza:

(a) Reuso de 4 células

(b) Reuso de 7 células

(c) Reuso de 12 células

Referências Bibliográficas

GOMES, N. R.; MACHADO, R. **Notas de aula.** Disciplina de Telefonia Celular (UFSM), 2011. Disponível em http://coral.ufsm.br/gpscom/professores/Renato%20Machado/telefonia.html

RAPPAPORT, T. S. **Wireless Communications: Principles and Practice**, 2ª ed., 2002.

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA