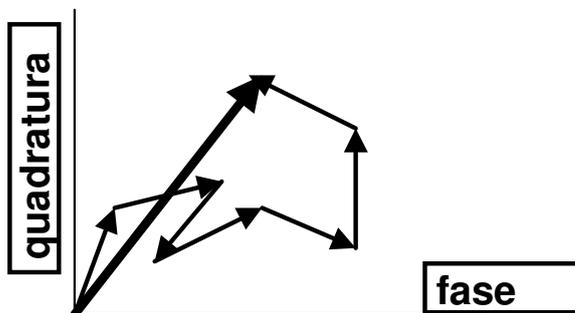
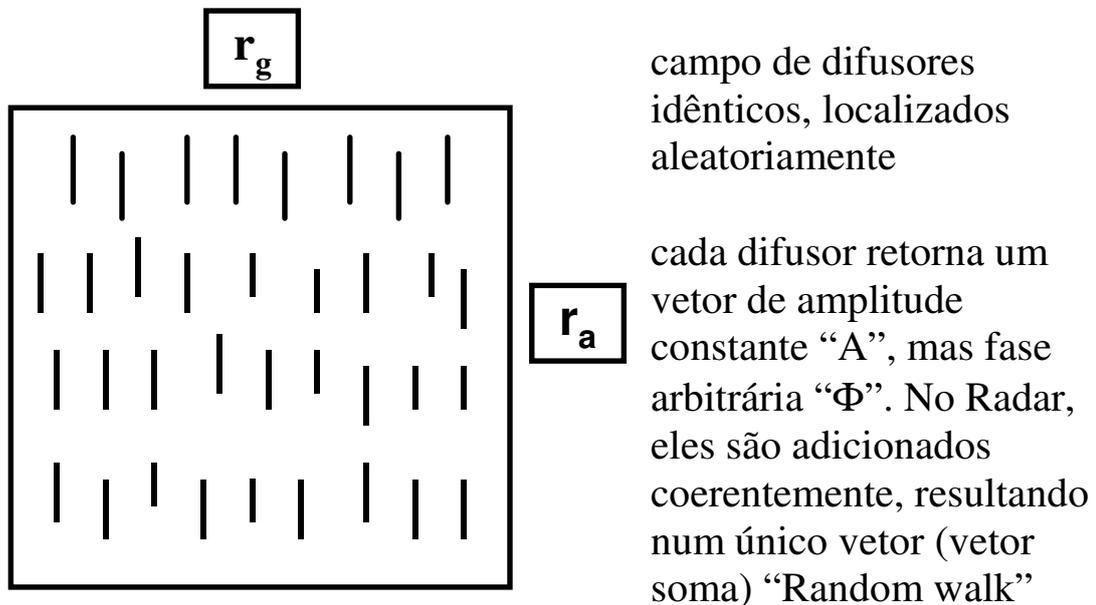


## SPECKLE

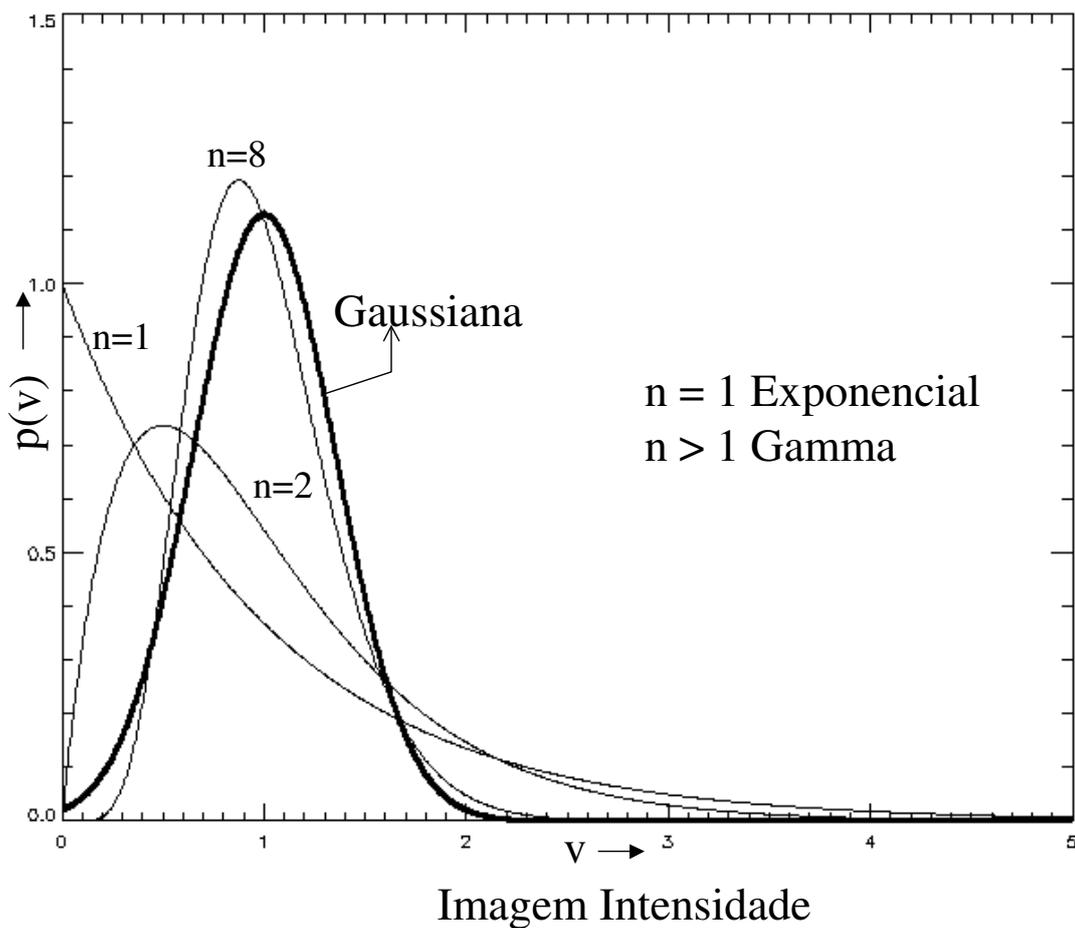
- Speckle é um ruído devido a natureza coerente de um SAR
- Cada célula de resolução é composta de vários difusores que retornam à antena um sinal de fase arbitrária, implicando num fenômeno de interferência complexa, de modo que para uma célula de resolução, a refletividade aparente varia entre a soma de todas as refletividades dos elementos individuais e zero (apagamento, “fading”)



$$\dots V_0 e^{-j\theta} = \sum_{n=1}^N V_{in} + V_{qn}$$

## Redução do speckle

Supondo um processo de detecção quadrático em que a potência é dada pela soma dos quadrados das componentes real e imaginária do sinal de retorno, e a voltagem normalizada detectada é igual a potência de entrada, a função densidade de probabilidade da voltagem ( $p(v)$ ) é uma exponencial (Imagem Intensidade). Adicionando-se várias amostras independentes a distribuição passa a ser uma Gamma, que se aproxima da Gaussiana apenas para  $n > 10$ .



No processo de detecção linear (imagem em amplitude), em que a voltagem média recebida é dada pela média das voltagens de entrada, tem-se a distribuição Rayleigh. Para várias amostras independentes a distribuição é a Raiz da Gamma, que se aproxima mais rapidamente da distribuição Gaussiana que a exponencial.

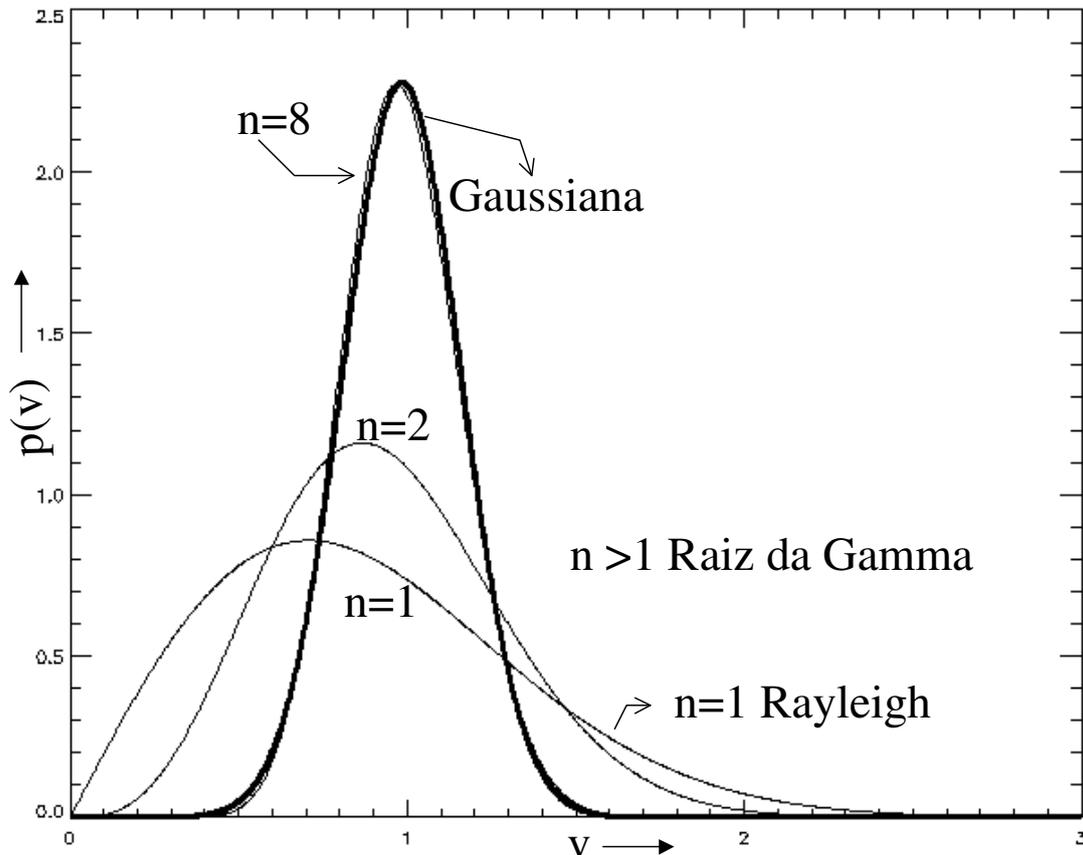


Imagem em amplitude

O desvio padrão,  $\sigma_x$ , da medida de N amostras detectadas pelo processo linear varia inversamente com a raiz quadrada do número de amostras.

$$\Rightarrow \boxed{\sigma_x \propto \frac{1}{\sqrt{N}}}$$

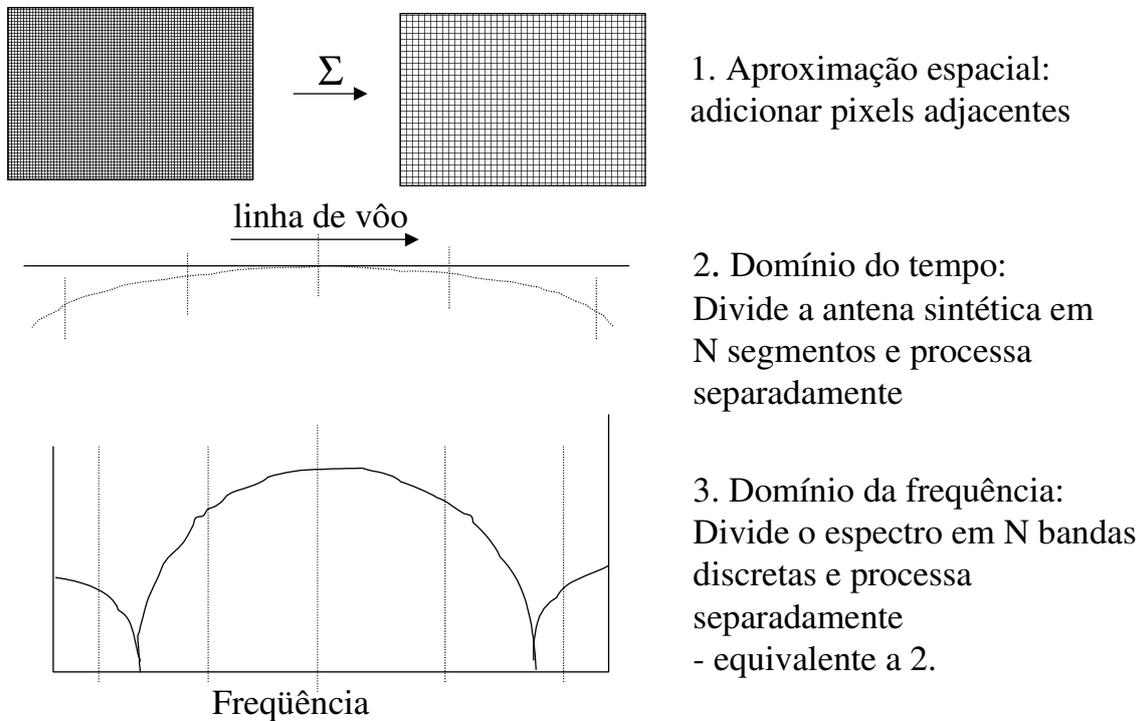
## Multilooking

Imagens SAR formadas por detecção de lei quadrática apresenta alvos com speckle com FDP exponencial, em que o desvio padrão,  $\sigma_x$ , é igual a média

A obtenção de uma média através da adição (não coerente) de  $N$  amostras independentes muda a forma da distribuição, que passa a ser uma Qui-quadrado (uma Gaussiana se  $N \rightarrow \infty$ ), de forma que

$$\sigma_{xad} = \frac{\sigma_x(\text{orig})}{\sqrt{N}}$$

Vantagens: maior precisão e resolução para medições radiométricas  
Desvantagem: resolução espacial é degradada



## Fatos sobre Speckle

1. Speckle dificulta a interpretação radiométrica e espacial
  - 1.1. Um grande número de amostras independentes é necessário para estimar com precisão o retroespalhamento de uma área homogênea. 100 amostras implicam em 10% de incerteza; 1% requer 10000 amostras.
  - 1.2. Estima-se que uma imagem de  $r$  metros de resolução de 1 look tem a mesma interpretabilidade que uma imagem de um sensor óptico de resolução  $8 \times r$ , no mapeamento de bordas e limites. Por exemplo, uma imagem RADARSAT de resolução 10 m (modo “fine”) fornece erros na atualização de mapas similar ao do sensor Landsat MSS (79 m de resolução espacial).
2. Pixels adjacentes são correlacionados em termos de speckle. Eles não são amostras independentes. Um simples speckle influencia seus vizinhos mais próximos. Isto é o que se espera se a imagem foi amostrada seguindo o critério de Nyquist. Isto significa que a redução de speckle pela filtragem de média móvel no domínio da imagem requer uma janela maior que a que inclua apenas vizinhos próximos (vizinhança 1). Uma janela 3x3 resulta em aproximadamente 4 “looks” e não 9.
3. Áreas de ruído termal (apenas) possuem o mesmo speckle que outras áreas, embora de brilho menor, porque o ruído termal é representado por um processo aleatório Gaussiano que afeta os canais I e Q independentemente mas aproximadamente da mesma magnitude.
4. Speckle é a textura mais fina que aparece numa imagem SAR. A textura de uma imagem SAR é uma “composição” entre a textura speckle e a textura da cena. Operadores de textura, tais como autocorrelação espacial, podem ser capazes de descrever a textura da cena, mesmo na presença da textura do speckle.