



**ESTIMAÇÃO DE DESLOCAMENTOS DE FASE EM IMAGENS  
INTERFEROMÉTRICAS  
PATENTE BR 10 2014 024586 3**

**LEONARDO SANT ANNA BINS**

**INPE  
2016**

## Por que usar Imagens de Radar?

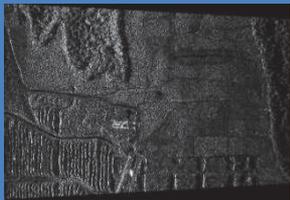
- Sistema ativo, provê sua própria iluminação.
- Nuvens e chuvas são translúcidas aos comprimentos de onda utilizados.
- **Interferometria => Permite obter informação sobre o relevo da Terra.**



# Geração da Imagem Interferométrica

## Imagem Complexa - C1

Amplitude



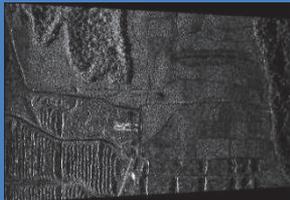
Fase



$C1 \times C2^*$

## Imagem Complexa - C2

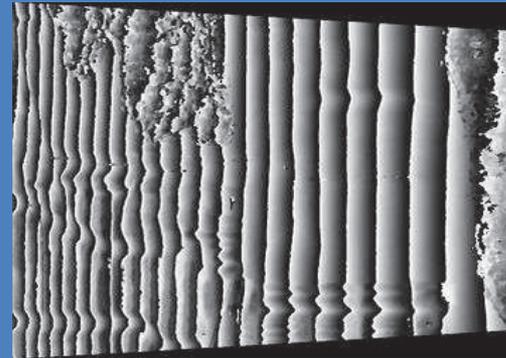
Amplitude



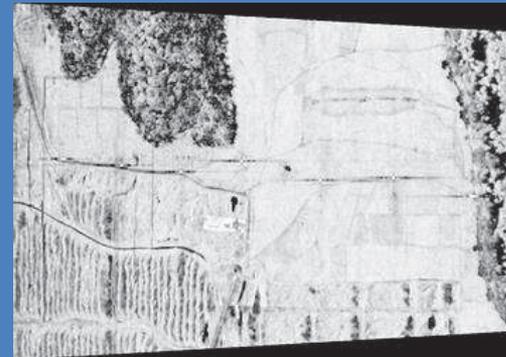
Fase



## Fase Interferométrica



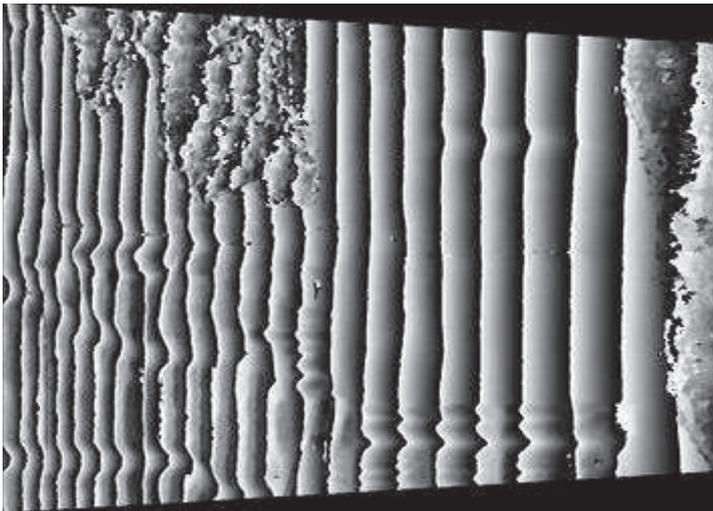
Coerência



## Desdobramento da fase

$$\phi = \text{mod}(\phi_{abs}, 2\pi)$$

$$\phi_{abs} = \phi + 2k\pi$$



## Geocodificação

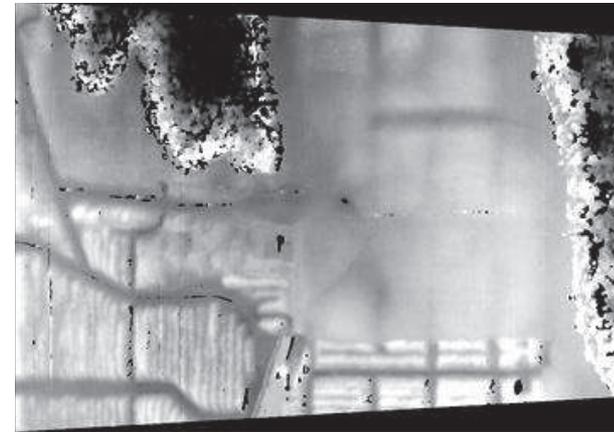
$$\phi_{abs} = (\phi + \psi) + 2k\pi$$



$$\phi_{abs} = \frac{2r\pi\Delta r}{\lambda}$$



Coordenadas WGS84

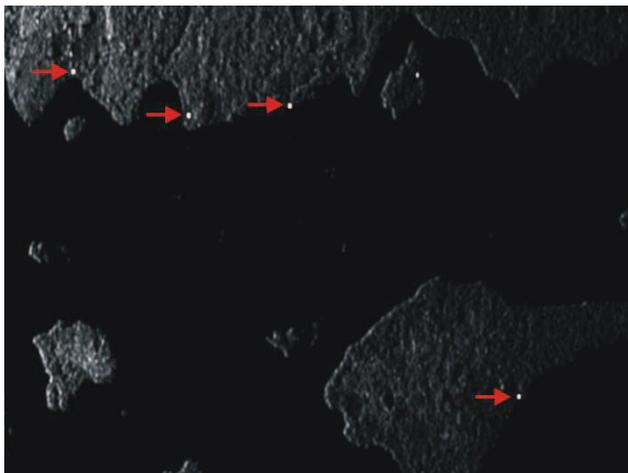


Deslocamento de fase  $\psi$

Erros de sincronização do sistema de aquisição de dados.

Produz erros planimétricos e de altimetria.

## Como determinar deslocamento de fase, $\psi$ ?



Refletores de canto – Desvantagens:

- Áreas de instalação de difícil acesso.
- Podem ser removidos do lugar antes da aquisição dos dados.
- Custo da logística para instalação e remoção bem como eventuais perdas.

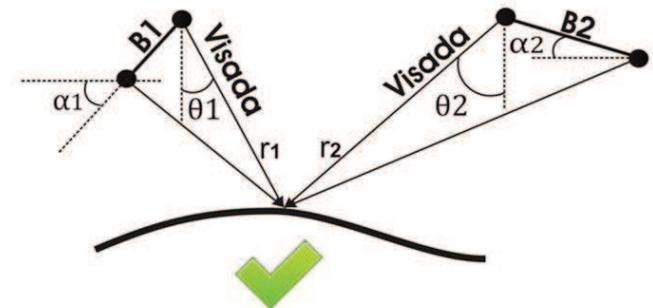
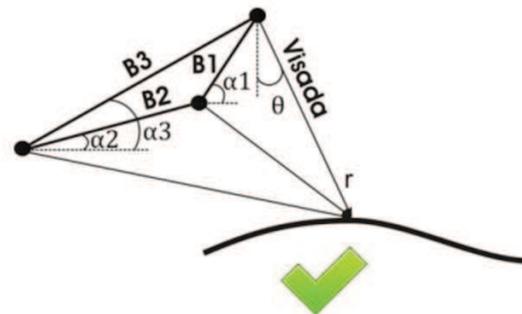
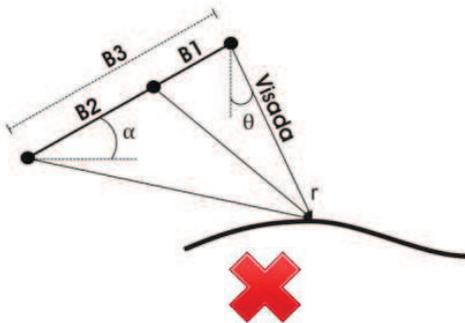
## Inovação Tecnológica

O método estima o deslocamento de fase usando somente os dados obtidos do processo de imageamento.

O método explora o fato de que a razão entre as sensibilidades dos interferômetros não ser constante em determinadas geometrias.

O método consiste na minimização da distorção geométrica introduzida por valores de deslocamentos de fase diferentes do verdadeiro.

Dispensa a instalação de refletores de canto nas áreas a serem imageadas.



## Impacto para o Mercado

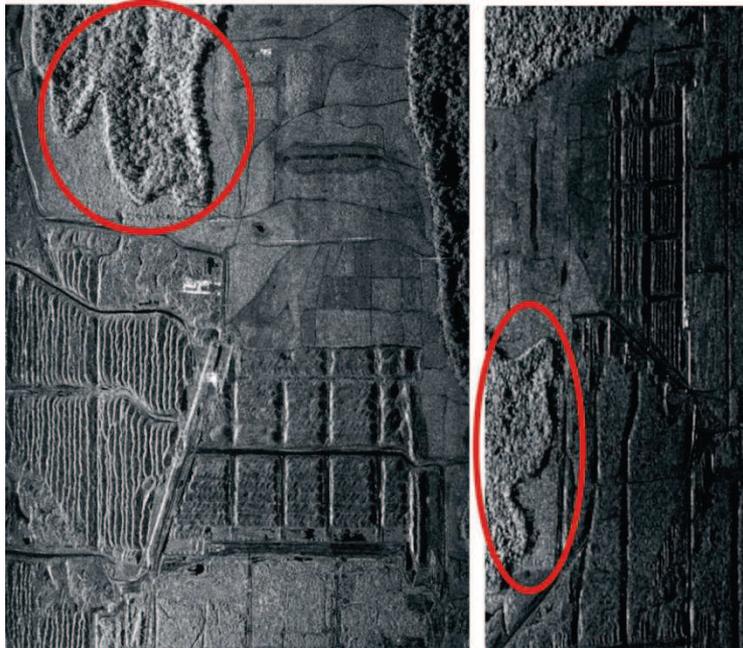
**Estimação dos Deslocamentos de Fase:** O método pode reduzir em 15% o tempo e custo pela redução da necessidade de instalação de RCs em campo. Adicionais 35% em horas de voo, pela eliminação da necessidade de sobrevoar faixas transversais auxiliares.

**Estimação de Linhas de Base:** Reduziu de 7 para 1 dia, o tempo gasto em medições das posições relativas das antenas durante a instalação das mesmas na aeronave. No processamento, igual economia de tempo para a estimação das linhas de base.

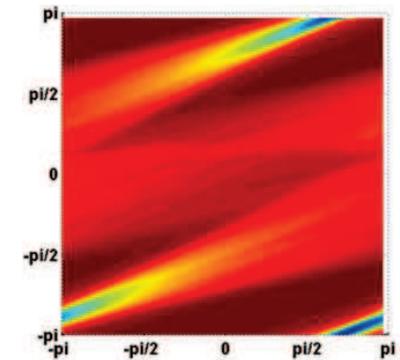
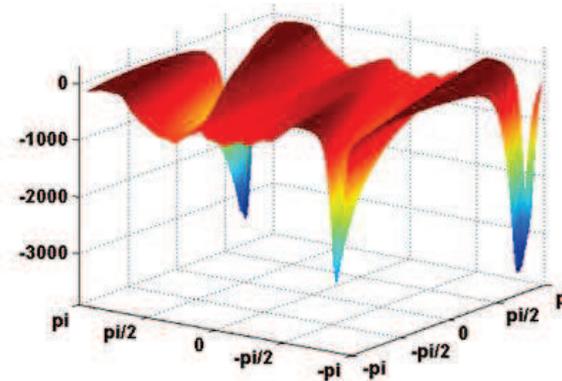
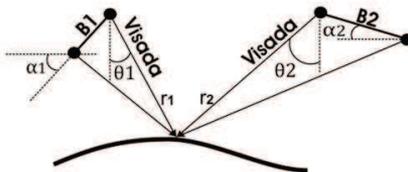
**Estimação de Fase Absoluta:** É estimado em 20% a redução no tempo de edição manual para corrigir erros no Modelos Digitais de Terreno.

**Fonte: Bradar – Embraer Defesa e Segurança**

## Resultados



Faixas transversais



Parâmetro	Faixa 1	Faixa 2
Comprimento de Onda (banda X) [m]	0,03122	0,03122
Altura de voo [Km]	3,3	3,3
Largura de faixa imageado (aprox.) [Km]	2,2	7,5
Espaçamento entre <i>pixels</i> em alcance [m]	0,375	1,5
# Pontos usados no algoritmo	~100.000	
Erro médio da estimação do deslocamento de fase para LBC [rad]	-0,0061	-0,0023
Média do desnível do MDE, $\Delta$ [m]	-0,129	0,195



## Equipe

### INPE

Leonardo Sant Anna Bins (inventor)

### Unicamp

Max Henrique Machado Costa (inventor)

### Bradar

João Roberto Moreira Neto

Christian Wimmer

Rafael Rosa

Leandro Matos

Thiago Luiz Barreto