



# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

## SENSORIAMENTO REMOTO (PQ012)



### SUA PROVA

- Além deste caderno contendo **5 (cinco)** questões discursivas **com as respectivas folhas de rascunho**, você receberá do fiscal de prova as folhas de textos definitivos;



### TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



### NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



### INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas. Caso contrário, **notifique imediatamente o fiscal da sala**, para que sejam tomadas as devidas providências;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher as folhas de textos definitivos;
- Para o preenchimento das folhas de textos definitivos, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Caso você tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em suas folhas de textos definitivos, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- O preenchimento das folhas de textos definitivos é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca de folha de texto definitivo em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas os textos das folhas de textos definitivos;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.
- **Boa prova!**



## QUESTÃO 1

---

Dados de radar são usados para estudos de vegetação, incluindo seu mapeamento, estimativas de estrutura florestal e biomassa. A vegetação em suas diferentes formações (arbórea, arbustiva e herbácea) e tipologias (boreal, tropical, decidual etc.) interage de variadas formas com a radiação na faixa das micro-ondas emitida pelo radar.

A frequência/comprimento de onda da radiação emitida pelo radar, entre outros parâmetros, determina os tipos de interação da micro-ondas com a vegetação, influenciando na profundidade de penetração nos dosséis vegetais e nos componentes preferenciais de interação (folhas, galhos, troncos etc.). A polarização da radiação incidente também influencia a interação com os componentes vegetais, definindo a magnitude do retroespalhamento. Os mecanismos principais de espalhamento na vegetação também definem a magnitude do retroespalhamento proveniente de florestas.

**Tendo em vista as afirmações acima, responda aos itens a seguir.**

- A) Descreva a trajetória das micro-ondas nos dosséis vegetais, assim como os mecanismos de espalhamento predominantes para duas bandas SAR a sua escolha.**
- B) Descreva a interação das diferentes polarizações na vegetação, indicando a adequação destas para mapeamento de vegetação e áreas desmatadas.**
- C) Indique a configuração de radar mais adequada para a estimativa e monitoramento de mudanças de biomassa em floresta tropical, mencionando, se for o caso, a questão da saturação do sinal radar.**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

---

37

---

38

---

39

---

40

---

41

---

42

---

43

---

44

---

45

---

46

---

47

---

48

---

49

---

50

---

51

---

52

---

53

---

54

---

55

---

56

---

57

---

58

---

59

---

60

---

## QUESTÃO 2

---

No processo de aquisição de imagens de radar há que se considerar a grandeza radiométrica que representa o retroespalhamento, entendido como o retorno do sinal registrado pelo sensor SAR. Os principais parâmetros que condicionam o retroespalhamento estão relacionados ao sistema de radar e às propriedades do alvo.

A constante dielétrica é um parâmetro que descreve as propriedades elétricas de um meio e influencia na capacidade de absorção da energia de micro-ondas, afetando diretamente o espalhamento da radiação eletromagnética.

A constante dielétrica varia de acordo com o conteúdo de água e elementos químicos condutores presentes nos materiais e é dada pela equação a seguir:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} = \epsilon' - j\epsilon''$$

Em que:  $\epsilon_r$  é a constante dielétrica relativa,  $\epsilon_c$  é a constante dielétrica do meio,  $\epsilon_0$  é a constante dielétrica do espaço livre,  $\epsilon'$  representa a parte real e,  $\epsilon''$  a parte imaginária da permissividade.

A Região Amazônica, conhecida pelos altos índices pluviométricos, pode apresentar chuvas no período de aquisição das imagens SAR, causando alterações no retroespalhamento e interferindo na interpretação dos dados.

Neste contexto, responda aos itens a seguir.

- A) Como a variação da constante dielétrica interfere na identificação de alvos como vegetação e solo, por exemplo? Descreva como os alvos aparecem nas imagens SAR e o porquê.**
- B) Indique os procedimentos que devem ser realizados para minimizar ou eliminar efeitos que as chuvas e/ou a umidade ocasionam em imagens SAR para a análise de áreas florestais em terra-firme.**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

---

37

---

38

---

39

---

40

---

41

---

42

---

43

---

44

---

45

---

46

---

47

---

48

---

49

---

50

---

51

---

52

---

53

---

54

---

55

---

56

---

57

---

58

---

59

---

60

---



### QUESTÃO 3

---

Um uso clássico de imagens SAR tem sido na cartografia temática. Na década de 70, os projetos Radar na Amazônia (RADAM), seguido pelo RADAMBRASIL, produziu o maior levantamento sistemático por radar no mundo, na escala ao milionésimo.

Mais recentemente, em dezembro de 2008, teve início o projeto Radiografia da Amazônia, coordenado pela Divisão de Cartografia do Exército DSG. Este projeto gerou produtos cartográficos e temáticos para uma ampla região conhecida como “vazio cartográfico” da Amazônia, caracterizada por frequente cobertura de nuvens e domínio de floresta densa. Neste projeto foram gerados produtos cartográficos nas escalas de 1:100:000 e 1:50.000, tais como cartas planialtimétricas, orto-imagens, modelos digitais de elevação, mapas temáticos, entre os quais o mapa de altura da vegetação. No levantamento foram empregados sensores SAR operando no modo polarimétrico nas bandas P e X, auxiliados por sistemas de geoposicionamento por satélite (GPS) e de navegação inercial, instalados em uma plataforma aerotransportada com linhas de voo programadas nas direções N-S e L-W. As imagens foram geradas em modo *single-look-complex* (SLC), monopolarizadas na banda X (X-HH), e multipolarizadas na banda P (P-HH, P-HV e P-VV). No levantamento foram posicionados refletores de canto (*corners reflectors*) no terreno ao longo das linhas de voo.

**Nesse contexto, responda às questões que seguem.**

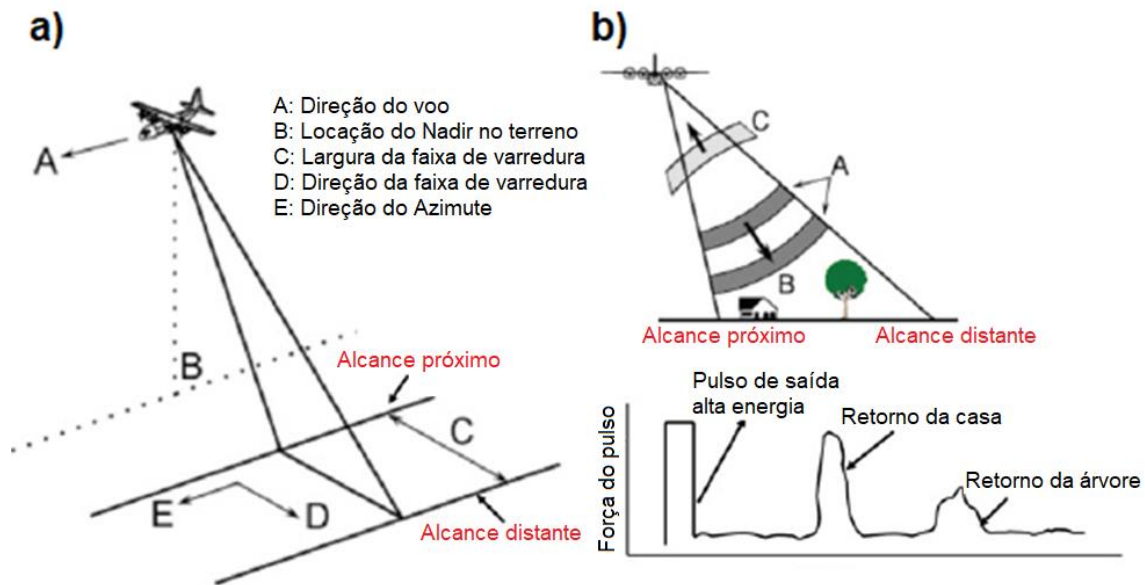
- A) Comente a importância dos refletores de canto (*corners reflectors*) nos procedimentos de calibração absoluta de amplitude e de *offset* de fase interferométrica para imagens SAR.**
- B) Explique como a rugosidade do terreno interfere na intensidade do retroespalhamento, nas distorções geométricas inerentes às imagens SAR e nos procedimentos usados para minimizá-las.**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36  
-----  
37  
-----  
38  
-----  
39  
-----  
40  
-----  
41  
-----  
42  
-----  
43  
-----  
44  
-----  
45  
-----  
46  
-----  
47  
-----  
48  
-----  
49  
-----  
50  
-----  
51  
-----  
52  
-----  
53  
-----  
54  
-----  
55  
-----  
56  
-----  
57  
-----  
58  
-----  
59  
-----  
60  
-----

## QUESTÃO 4

Na figura abaixo é possível observar que vários fatores podem induzir distorções geométricas em imagens de radar.



**Figura 1:** Arranjo fundamental e geometria das medições do SAR – Radar de Abertura Sintética (*Synthetic Aperture Radar*) sobre a paisagem mostrando: a) Direção de imageamento do radar, faixa de imageamento e locações dos alcances próximo e distante (*near and far-range*) do imageamento e, b) Pulsos do radar e retornos ao longo do alcance inclinado (*slant range*) e locação dos alvos na imagem de radar.

(Fonte: Adaptado de SAR-Handbook – 2019.)

A correção geométrica destas imagens é muito importante para garantir a acurácia dos dados para os seus diversos usos e aplicações. A correção geométrica envolve a retificação de distorções ocorridas no processo de aquisição das imagens de radar que podem afetar a representação das feições na superfície da terra.

Considerando que os fragmentos de texto e a figura acima têm caráter apenas motivador, responda às seguintes questões:

- Descreva sucintamente os fatores que podem causar distorções geométricas em imagens de radar e como eles causam essas distorções nas imagens.
- Porque é necessária a conversão da imagem de radar de visada lateral adquirida no Alcance Inclinado (*Slant range*) para o Alcance no Terreno (*Ground range*)?
- Como é feita a conversão da imagem de Alcance Inclinado (*Slant range*) para Alcance de Terreno (*Ground range*) e quais os parâmetros necessários para a conversão de imagens Alcance Inclinado (*Slant range*) para o Alcance de Terreno (*Ground range*)? Mencione as principais técnicas de reamostragem das imagens no processo de conversão, descrevendo o princípio de funcionamento de cada técnica.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

## QUESTÃO 5

---

Imagens de Radar de Abertura Sintética (SAR) são tipicamente corrompidas por ruído *speckle*, que é um fenômeno presente também em outros sistemas de imageamento coerente como sonar, ultrassom e laser. Este ruído confere um aspecto granular que dificulta o processamento e a interpretação das imagens SAR. A filtragem de ruído *speckle* pode se dar por diferentes abordagens sendo a mais simples delas o processamento em múltiplas visadas. A abordagem clássica de filtragem desse tipo de ruído considera o modelo multiplicativo, minimização do erro quadrático médio e janelas de filtragem que reduzem o *speckle* com objetivo de preservação de alvos e detalhes e ausência de artefatos.

**Tendo em vista a filtragem do ruído *speckle* no pré-processamento de imagens SAR, responda aos itens a seguir.**

*Obs.: adote dados em intensidade ou em amplitude na construção de suas respostas.*

- A) Descreva o processamento em múltiplas visadas para imagens SAR, cite uma vantagem e uma desvantagem deste tipo de abordagem.**
- B) Cite duas medidas de avaliação da qualidade da filtragem do ruído *speckle* em imagens SAR e descreva como se dá essa avaliação.**
- C) Discuta a importância da seleção do tamanho de janelas de filtragem em regiões homogêneas e heterogêneas, assim como o efeito do tamanho da janela no desempenho do filtro de ruído em imagens SAR, de modo que sua resposta inclua termos tais como borrramento de alvos e detalhes finos, preservação de bordas e alvos.**





36  
-----  
37  
-----  
38  
-----  
39  
-----  
40  
-----  
41  
-----  
42  
-----  
43  
-----  
44  
-----  
45  
-----  
46  
-----  
47  
-----  
48  
-----  
49  
-----  
50  
-----  
51  
-----  
52  
-----  
53  
-----  
54  
-----  
55  
-----  
56  
-----  
57  
-----  
58  
-----  
59  
-----  
60  
-----





Realização

