



**RADAR GEOLOGIA:
SISTEMÁTICA DE ELEMENTOS RADAR GRÁFICOS**

Região Serra dos
Carajás (SC) - PA
Imagem SRTM

GEÓLOGO MÁRIO IVAN CARDOSO DE LIMA

2017

SUMÁRIO

1 PRINCÍPIOS BÁSICOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	37
1.1 Introdução.....	37
1.2 Sensoriamento Remoto (SR).....	39
1.3 Mecanismos de transferência de calor	41
1.4 Natureza da radiação eletromagnética (REM)	42
1.4.1 Modelo Ondulatório	43
1.4.2 Modelo Corpuscular	46
1.5 Espectro eletromagnético	48
1.6 Interferências atmosféricas.....	49
1.7 Radiometria.....	53
1.8 Resoluções das imagens: óticas versus micro-ondas (MO).....	56
1.8.1 Resolução Espacial.....	56
1.8.2 Resolução Espectral.....	57
1.8.3 Resolução Radiométrica	58
1.8.4 Resolução Temporal.....	59
2 PRINCÍPIOS BÁSICOS DE RADAR DE VISADA LATERAL	62
2.1 Introdução	62
2.2 Bandas de Radar	64
2.3 Radar de Visada Lateral (RVL)	65
2.3.1 Introdução.....	65
2.3.2 Resolução Espacial.....	75
2.4 Geometria de Radar	83
2.4.1 Sombra de Radar	83
2.4.2 Encurtamento de Radar	88
2.4.3 Sobreposição de Radar (Layover).....	88
2.4.4 Paralaxe de Radar.....	91

2.5 Interação entre as ondas de Radar e as Superfícies do Terreno.....	94
2.5.1 <i>Introdução.....</i>	94
2.5.2 <i>Comprimento de Onda (λ).....</i>	95
2.5.3 <i>Ângulo de Incidência (θ).....</i>	99
2.5.4 <i>Ângulo de Aspecto</i>	100
2.5.5 <i>Polarização.....</i>	101
2.5.6 <i>Constante Dielétrica Complexa (Permitividade).....</i>	105
2.5.7 <i>Rugosidade de Superfície</i>	108
2.5.8 <i>Rugosidade de Subsuperfície</i>	111
2.5.9 <i>Volume de Espalhamento</i>	111
2.6 Comportamento dos Materiais em relação às Micro-ondas (MO)	112
2.6.1 <i>Água</i>	112
2.6.2 <i>Neve e Gelo.....</i>	113
2.6.3 <i>Vegetação</i>	114
2.6.3.1 <i>Floresta Ombrófila</i>	119
2.6.3.2 <i>Floresta Estacional.....</i>	121
2.6.3.3 <i>Campinarana (Campinas)</i>	122
2.6.3.4 <i>Savana (Cerrado/Campos).....</i>	123
2.6.3.5 <i>Savana-Estépica</i>	124
2.6.3.6 <i>Estepe</i>	125
2.6.3.7 <i>Formações Pioneiras.....</i>	126
2.6.4 <i>Rochas</i>	128
2.6.5 <i>Relevo</i>	134
2.6.6 <i>Solos.....</i>	135
2.7 Sistemas de Radar	138
2.7.1 <i>Introdução.....</i>	138
2.7.2 <i>Orbitais</i>	140
2.7.2.1 <i>SEASAT.....</i>	140
2.7.2.2 <i>Shuttle Imaging Radar (SIR)</i>	141

2.7.2.3 Programa Europeu de Radar (ESA).....	141
2.7.2.4 Japan Earth Resources Satellite (JERS).....	144
2.7.2.5 ALMAZ.....	145
2.7.2.6 RADARSAT	147
2.7.2.7 SAR-Lupe	153
2.7.2.8 Sentinel-1	153
2.7.2.9 KOMPSAT-5	156
2.7.2.10 RISAT-1	158
2.7.2.11 COSMO-SkyMed	160
2.7.2.12 ASAR.....	161
2.7.2.13 PALSAR.....	162
2.7.2.14 TerraSAR-X	165
2.7.2.15 TanDEM-X.....	167
<i>2.7.3 Equipados em Espaçonaves.....</i>	<i>169</i>
<i>2.7.3.1 Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM).....</i>	<i>169</i>
<i>2.7.4 Equipados em Aeronaves</i>	<i>170</i>
2.7.4.1 GEMS.....	171
2.7.4.2 INTERA.....	172
2.7.4.3 Projeto Cartografia da Amazônia.....	173
2.8 Interferometria	179
<i>2.8.1 Mapeamento Topográfico por Interferometria</i>	<i>179</i>
<i>2.8.2 Mapeamento Interferométrico por Velocidade</i>	<i>181</i>
2.9 Produtos e Aplicações	182
3 METODOLOGIA DE INTERPRETAÇÃO RADARGEOLÓGICA.....	190
3.1 Introdução	190
3.2 Metodologia	196
3.3 Interpretação.....	212

4 ESTÁDIO LEITURA	214
4.1 Introdução.....	214
4.2 Comprimento de Onda.....	216
4.3 Sentido de Visada.....	218
4.4 Ângulo de Incidência Local.....	219
4.5 Constante Dielétrica.....	220
4.6 Configurações Geométricas do Sistema	221
5 ESTÁDIO RECONHECIMENTO	229
5.1 Introdução.....	229
5.2 Textura Radargráfica.....	229
5.3 Tom Radargráfico.....	240
6 ESTÁDIO IDENTIFICAÇÃO	249
6.1 Forma, Estrutura e Padrão	249
6.2 Análise das Formas de Relevo.....	250
6.2.1 <i>Introdução</i>	250
6.2.2 <i>Topo</i>	254
6.2.3 <i>Pendente (Encosta)</i>	255
6.2.4 <i>Quebra de Relevo</i>	255
6.2.5 <i>Grau de Dissecação</i>	255
6.2.6 <i>Análise de Drenagem</i>	265
6.3 Morfolitoestruturas.....	281
7 ESTÁDIO ANÁLISE	292
7.1 Introdução.....	292
7.2 Feições Planares	293
7.3 Feições Lineares	294
7.4 Feições Tabulares	296

8 ESTÁDIO INTERPRETAÇÃO	312
8.1 Introdução	312
8.2 Interpretação Litológica	312
8.2.1 <i>Rochas Ígneas</i>	313
8.2.1.1 Estruturas Circulares e Policirculares, e Astroblemas.....	322
8.2.2 <i>Rochas Sedimentares</i>	337
8.2.3 <i>Rochas Metamórficas</i>	344
8.3 Notação das Litologias	351
8.4 Interpretação Estratigráfica	352
8.4.1 <i>Introdução</i>	352
8.5 Interpretação Estrutural	359
8.5.1 <i>Introdução</i>	359
8.5.2 <i>Tensão</i>	359
8.5.3 <i>Círculo de Mohr</i>	367
8.5.4 <i>Deformação</i>	372
8.5.4.1 <i>Introdução</i>	372
8.5.4.2 <i>Deformações Rúptil e Dúctil</i>	373
8.5.4.3 <i>Deformações Homogênea e Heterogênea</i>	374
8.5.4.4 <i>Deformação coaxial dúctil</i>	378
8.5.4.5 <i>Deformação não coaxial rúptil</i>	378
8.5.4.6 <i>Deformação não coaxial dúctil</i>	379
8.5.5 <i>Acamamento e Foliação</i>	382
8.5.6 <i>Descontinuidades</i>	387
8.5.7 <i>Lineamentos</i>	407
8.5.8 <i>Dobras</i>	413
8.5.9 <i>Redobramentos</i>	421
9 SISTEMAS MORFOLITOESTRUTURAIS	424

9.1 Introdução	424
9.2 Exemplos de Sistemas Morfolitoestruturais	428
9.2.1 <i>Associados às Rochas Ígneas</i>	428
9.2.2 <i>Associados às Rochas Sedimentares</i>	435
9.2.3 <i>Associados às Rochas Metamórficas</i>	438
9.2.4 <i>Mistos</i>	443
10 EXERCÍCIOS PRÁTICOS	453
10.1 Introdução	453
10.2 Interpretação Radargeológica da Área Modelo	453
10.3 Exercícios Práticos	460
10.3.1 <i>Estruturas Circulares</i>	460
10.3.2 <i>Discordâncias</i>	462
10.3.3 <i>Falhas</i>	464
10.3.4 <i>Dobras</i>	469
10.3.5 <i>Redobramentos</i>	471
10.4 Considerações finais	473