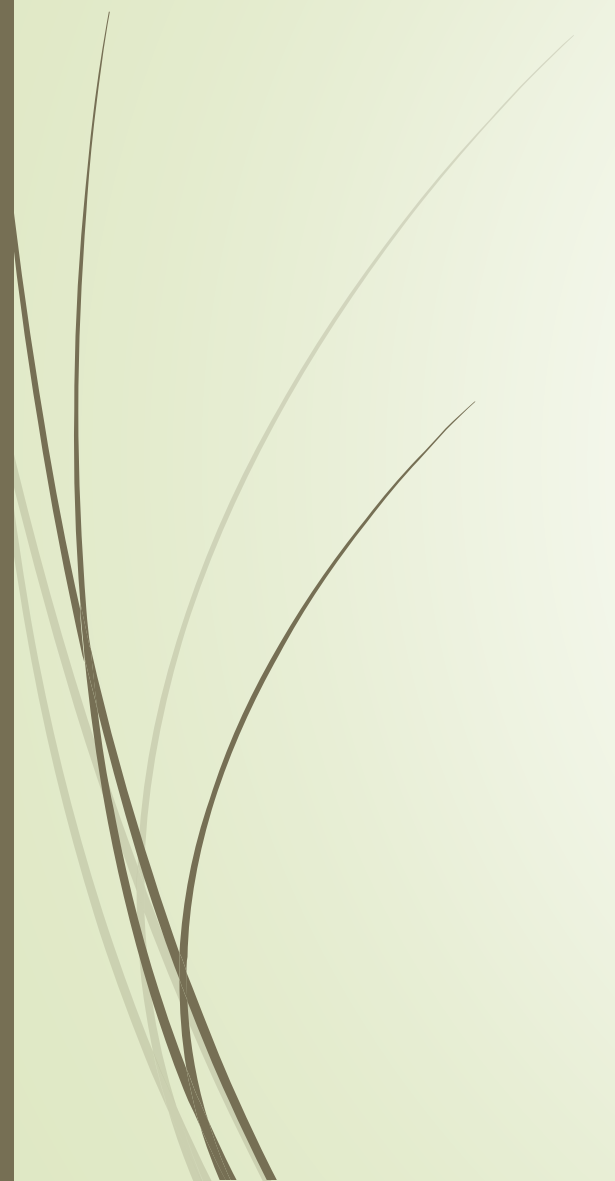




A P M BC AC M MDGAG J BC
L GA AML

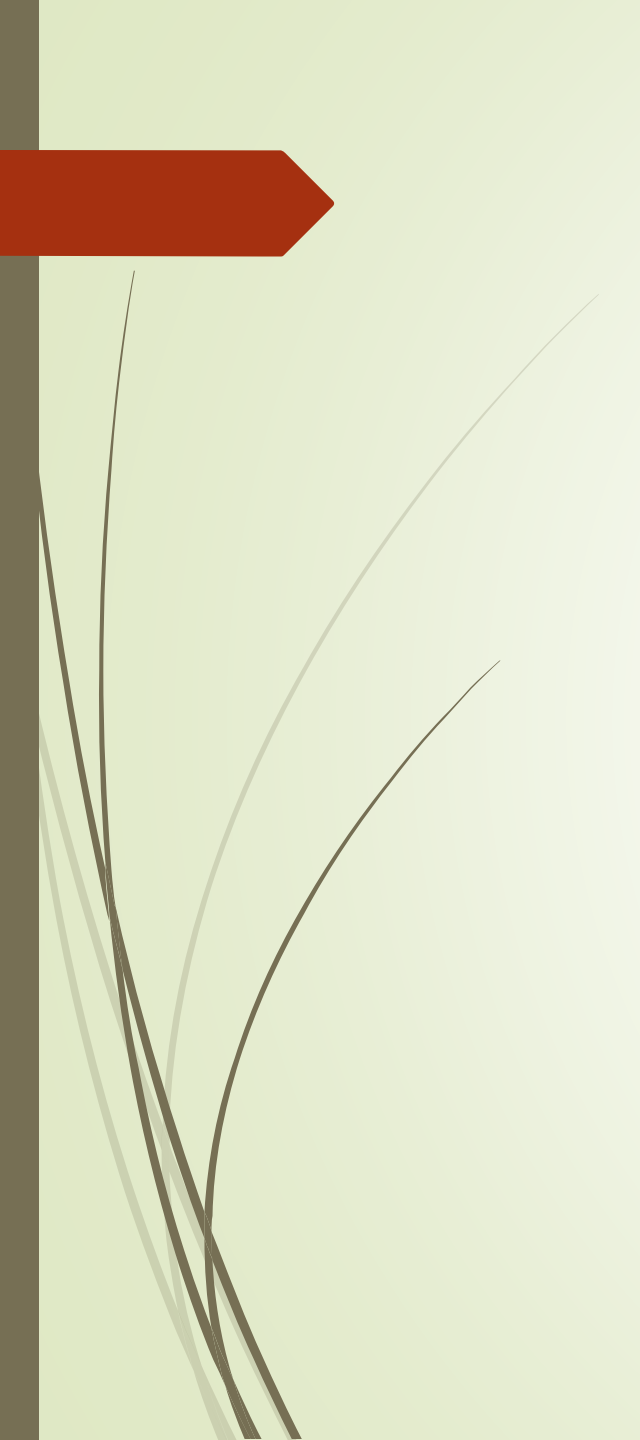


L CE M CJC P LA ,



Navegação eletrônica é o uso de sistemas e equipamentos digitais (como GPS, radar, ECDIS) e outros, para coletar, integrar e apresentar informações marítimas, visando aumentar a segurança e a eficiência do transporte ao fornecer dados precisos em tempo real sobre posição, rumo e ambiente, substituindo métodos tradicionais e integrando dados de bordo e em terra.

Seu objetivo, conforme a IMO, é aprimorar a navegação de porto a porto com infraestrutura digital para segurança marítima e proteção ambiental.



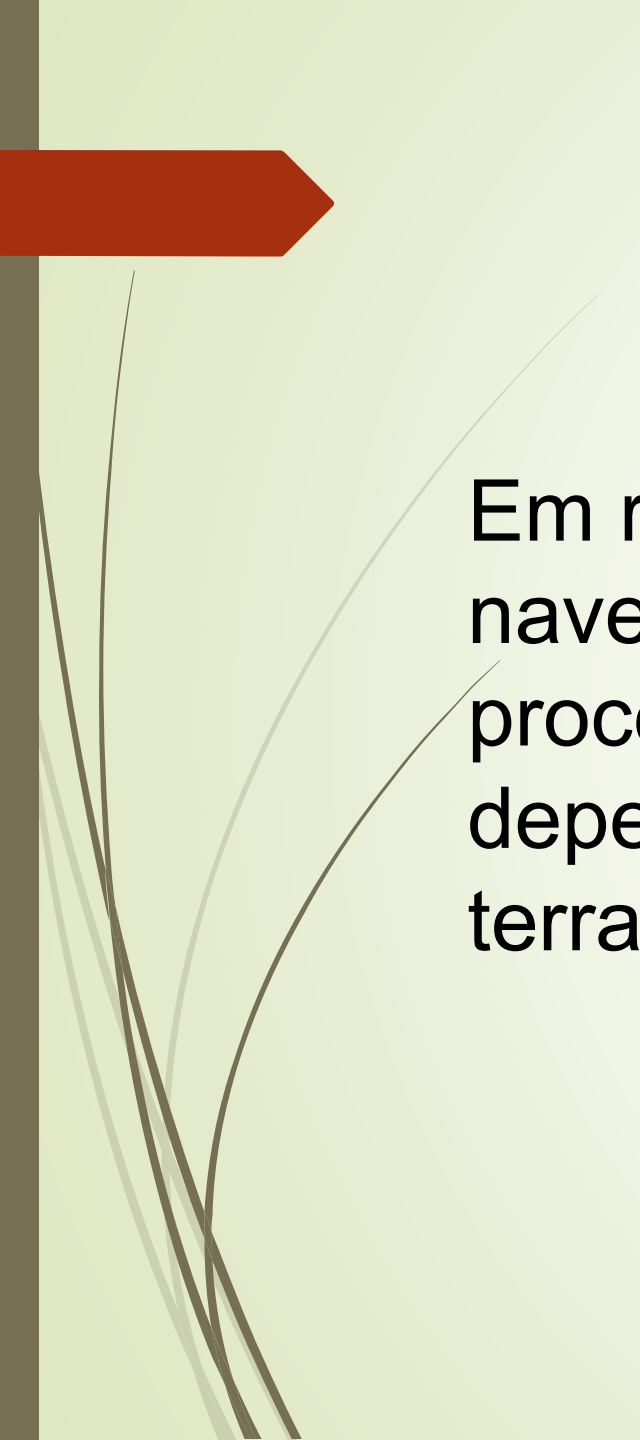
OBJETIVOS PRINCIPAIS.



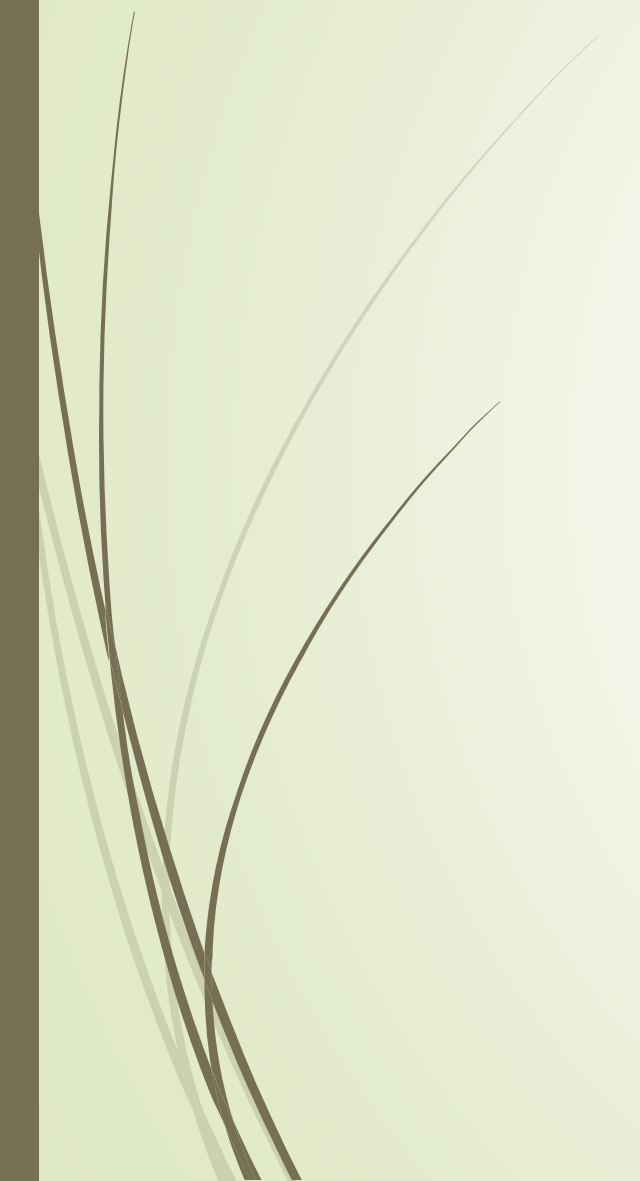
Reduzir acidentes através de informações mais precisas e em tempo real.

C Otimizar rotas e reduzir burocracia.

A Atender às normas da IMO para um transporte marítimo mais seguro e sustentável.



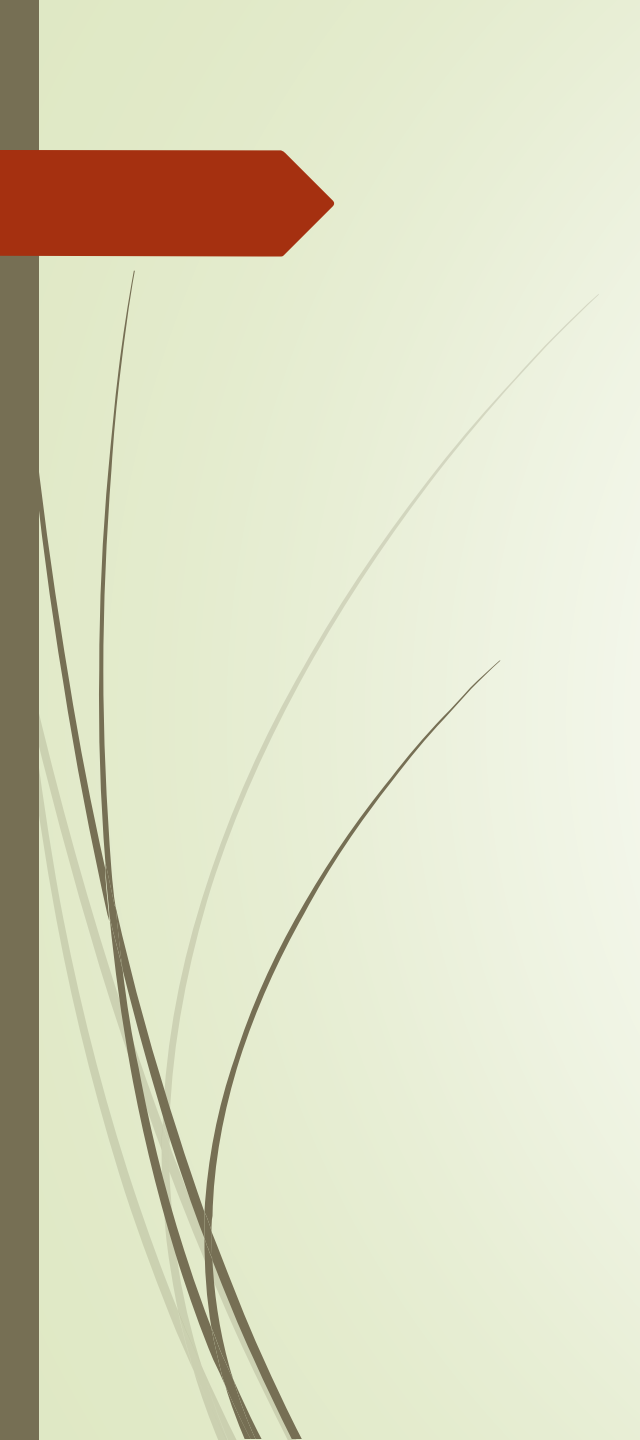
Em resumo, a navegação eletrônica moderniza a navegação tradicional, transformando-a em um processo digitalizado, integrado e altamente dependente de tecnologia para guiar veículos em terra, mar e ar.



P B P,



RADAR DE NAVEGAÇÃO, cujas principais finalidades são a obtenção de linhas de posição (LDP) para determinação da posição do navio, na execução da navegação e a detecção e medição de distâncias e marcações para outras embarcações, a fim de evitar colisões no mar.



Fundamentos do sistema radar.

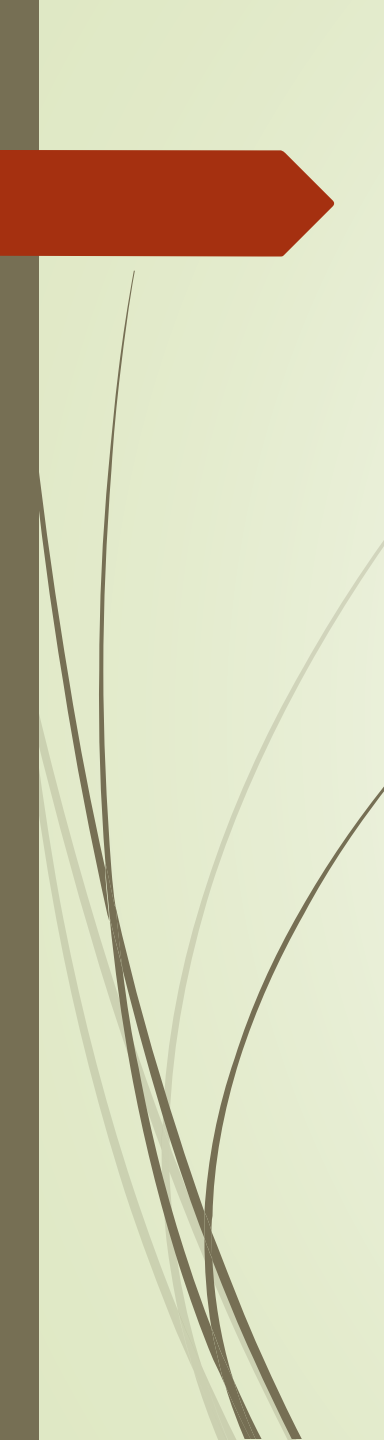


Os fundamentos do sistema radar (Radio Detection And Ranging) baseiam-se na

- sendo crucial para
navegação, meteorologia, defesa e controle de tráfego.



Princípio Básico de Funcionamento.



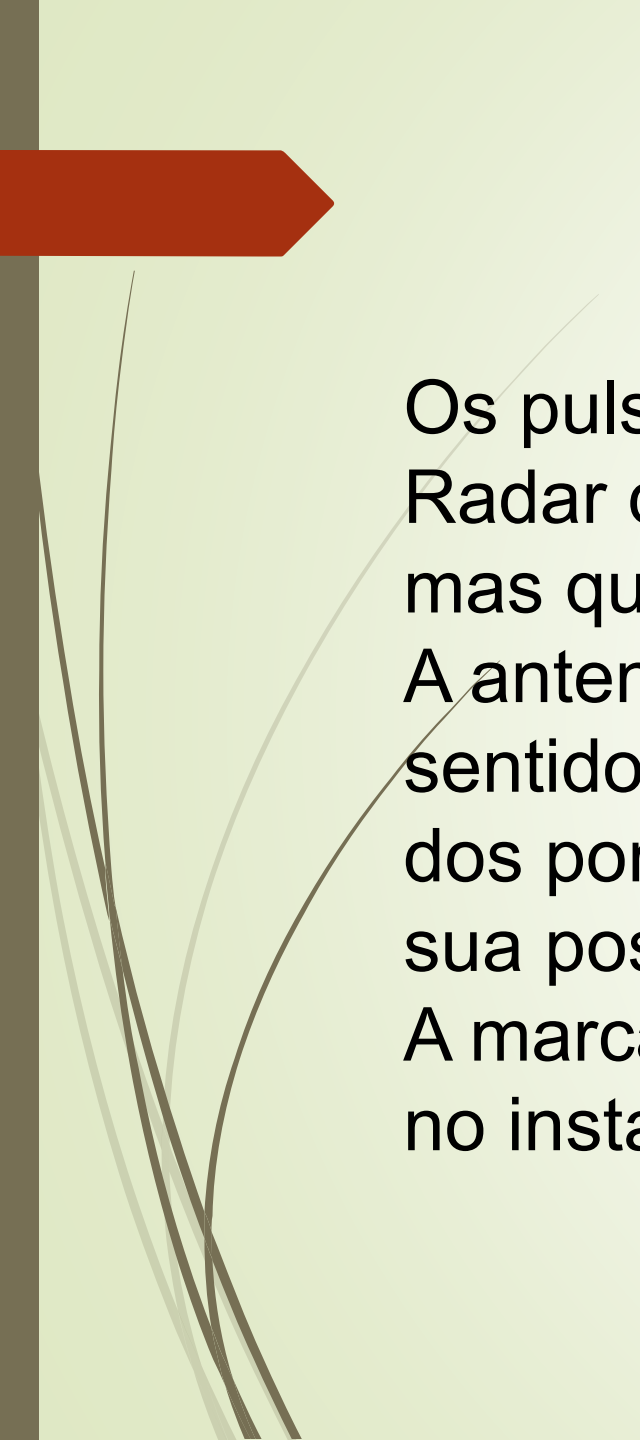
Embora os equipamentos RADAR possam ser classificados, quanto ao tipo de modulação, em RADAR DE PULSOS, RADAR DE ONDA CONTÍNUA e RADAR DOPLER, vamos estudar apenas o princípio de funcionamento do RADAR DE PULSOS, pois este é, normalmente, o tipo de RADAR empregado na navegação marítima.



O princípio básico do RADAR DE NAVEGAÇÃO é a determinação de distância para um objeto, ou “alvo”, pela medida do tempo requerido para um pulso de energia de radiofrequencia (RF), transmitido sob a forma de onda, deslocar-se da fonte de referência até o alvo e retorna como um eco refletido.

O RADAR DE NAVEGAÇÃO, como vimos, é um radar de pulsos, que emite ondas de frequencia muito elevada, em pulsos de duração extremamente curta e mede o intervalo de tempo entre a transmissão do pulso e a recepção do eco, refletido no alvo.

A metade do intervalo de tempo, multiplicada pela velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas, determina a distância do alvo.



Os pulsos transmitidos pela antena formam um feixe que, no Radar de Navegação, é bastante estreito no plano horizontal, mas que pode ser bem mais largo no plano vertical.

A antena é normalmente de forma parabólica e gira no sentido

dos ponteiros do relógio, de forma a varrer 360° em torno de sua posição.

A marcação do alvo é determinada pela orientação da antena no instante de recepção do eco por ele refletido.

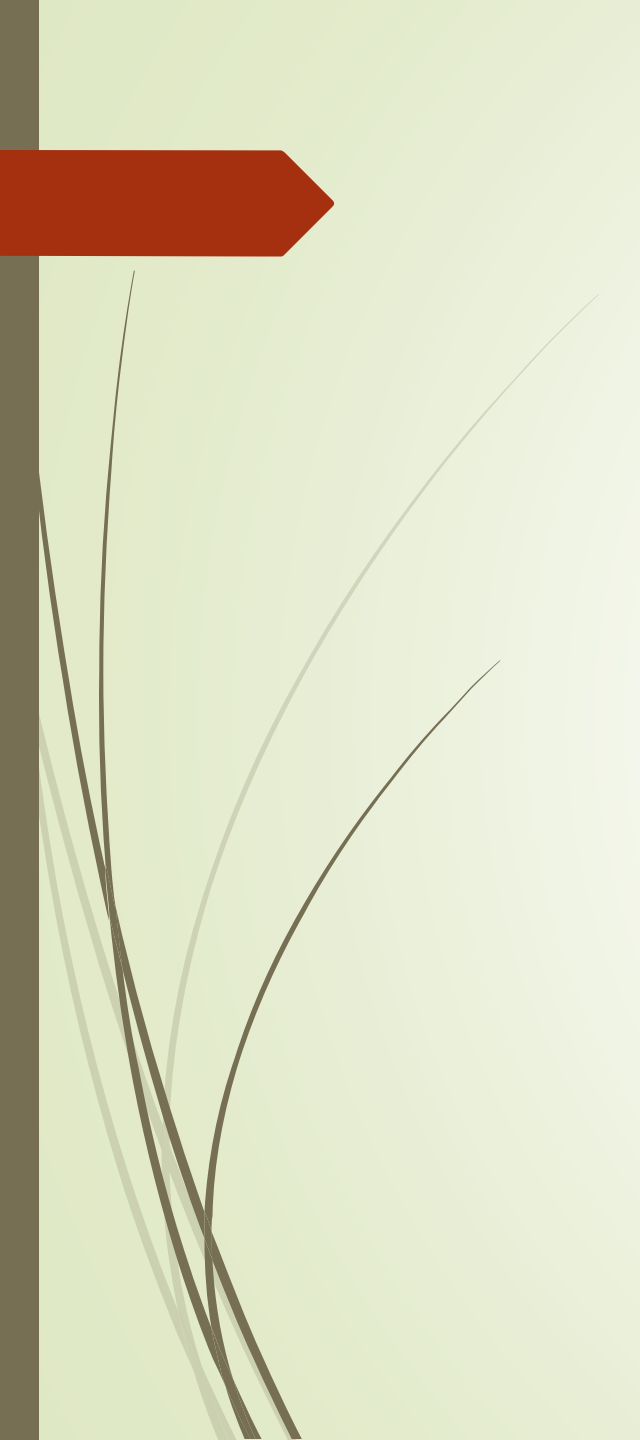


Os equipamentos RADAR utilizam as três últimas faixas do espectro de RF: frequenciais ultra altas (UHF), super altas (SHF) e extremamente altas (EHF).

Quanto às frequências de operação, são classificados por letras, conforme mostrado no quadro a seguir:



FAIXA		FREQÜÊNCIA (MHz)	COMPRIMENTO DE ONDA (cm)
P	(100 cm)	225 a 390	133 a 77
L	(25 cm)	390 a 1650	77 a 18,2
S	(10 cm)	1650 a 5200	18,2 a 5,8
C	(6 cm)	3900 a 6200	7,7 a 4,8
X	(3 cm)	5200 a 11900	5,8 a 2,5
J	(2,25 cm)	11900 a 14250	2,5 a 2,1
K	(1,25 cm)	20500 a 26500	1,5 a 1,1
Q	(0,75 cm)	33300 a 37500	0,9 a 0,8
V	(0,50 cm)	50000 a 75000	0,6 a 0,4
O	(0,30 cm)	99900 a 112500	0,33 a 0,26



Componentes Básicos do Radar.

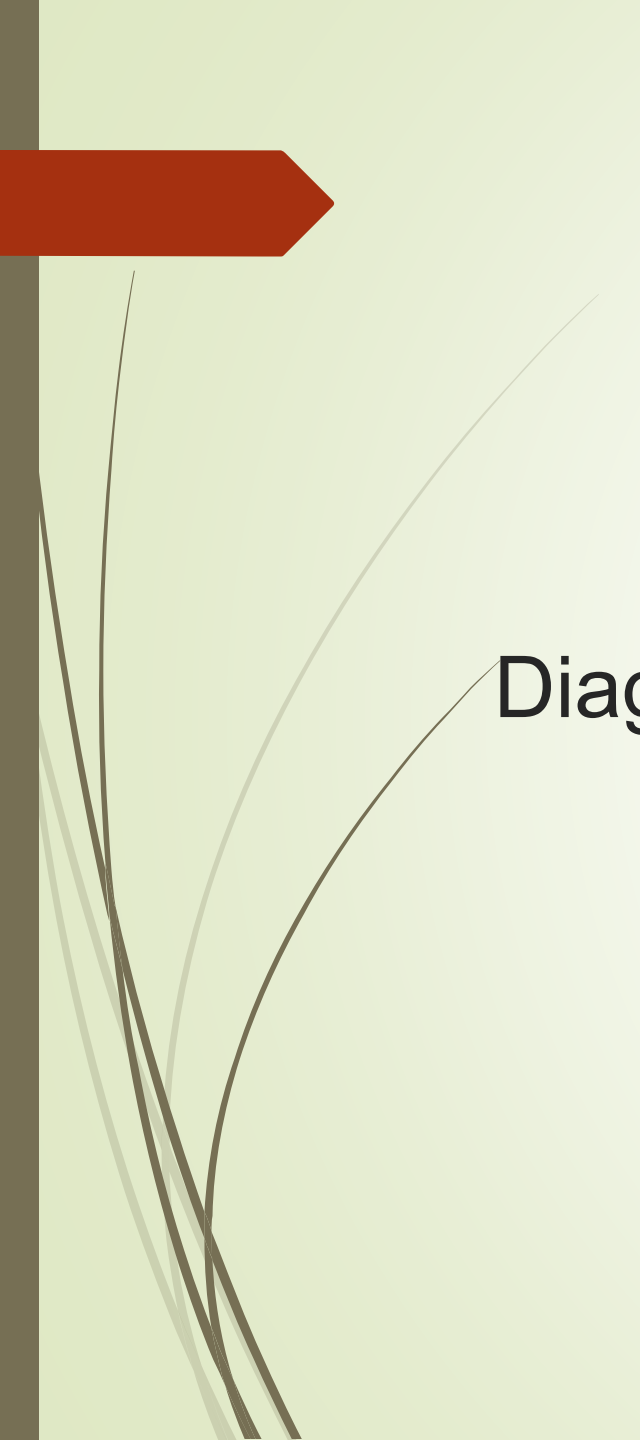
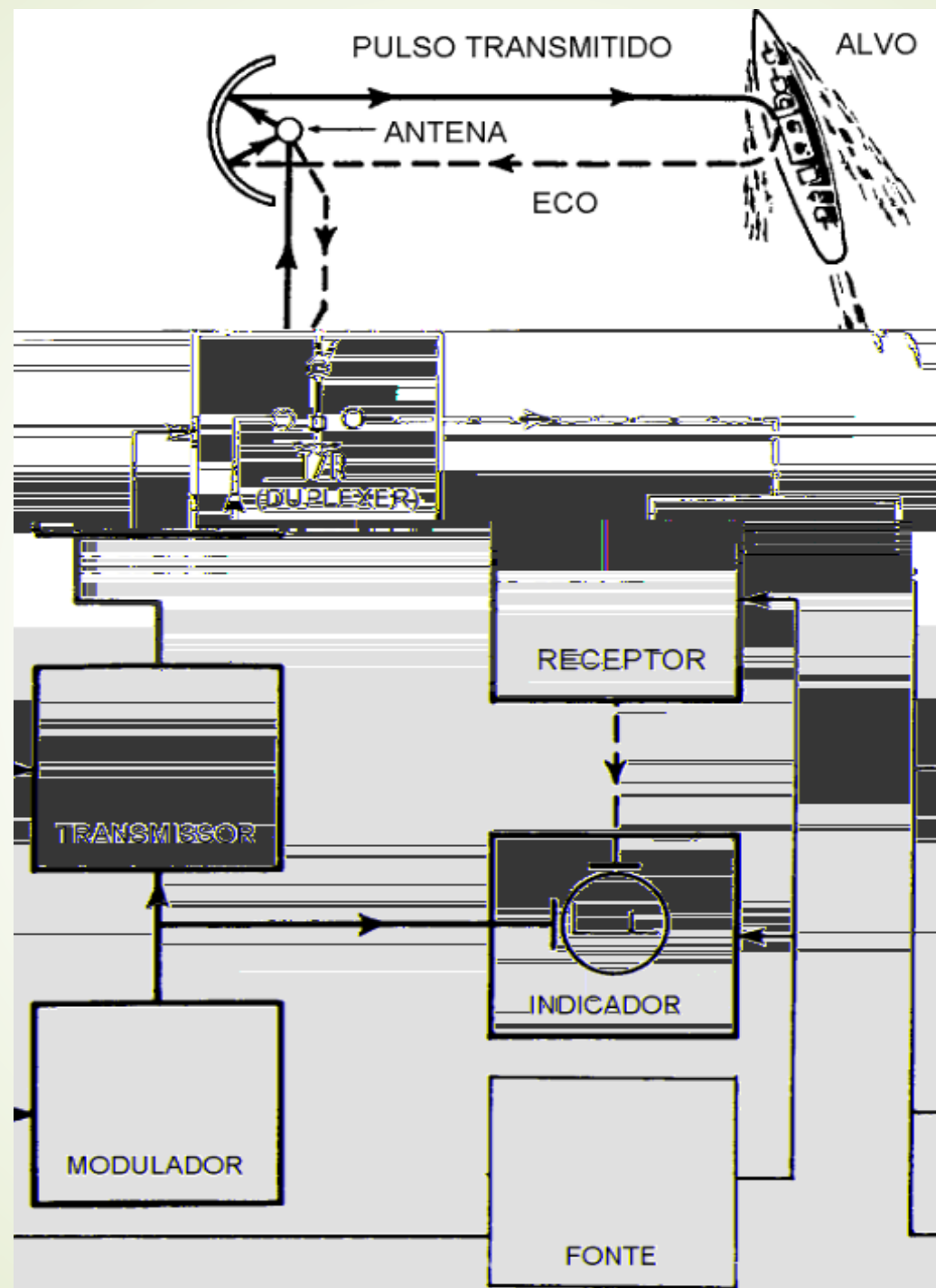


Diagrama em Bloco de um Sistema Radar Básico.





P B P é constituído por 6 componentes principais, cujas funções podem ser resumidamente definidas como se segue:

FONTE (unidade de força): fornece todas as voltagens AC e DC necessárias para a operação dos componentes do sistema.

MODULADOR: dispara o TRASMISSOR e, simultaneamente, envia pulsos de sincronização para o INDICADOR e outros componentes. Circuitos de tempo (que podem estar, ou não, localizados no MODULADOR) estabelecem a frequência de Repetição de impulsos (FRI) na qual o MODULADOR gera seus pulsos de disparo e de sincronização, ou seja, o número de Pulsos transmitidos por segundo.



TRANSMISSOR: gera energia em radio frequência (RF), sob a forma de pulsos curtos de alta potência. A chave T/R (DUPLEXER) controla os ciclos de transmissão de pulsos e de recepção de ecos (quando a transmissão é bloqueada).

SISTEMA DE ANTENA: recebe os pulsos de energia RF do TRANSMISSOR e os irradia em um feixe altamente direcional. Ademais, recebe os ecos refletidos, transmitindo-os para o RECEPTOR.

RECEPTOR: amplifica os ecos refletidos pelos alvos, reproduzindo-os como pulsos de vídeo, e os transmite para o INDICADOR.

INDICADOR: produz uma indicação visual dos pulsos dos ecos, em uma maneira que forneça as informações desejadas dos alvos detectados.



Princípio de medição de distância e marcação.

1 - Medição de Distância (Range).

A distância até um alvo é determinada pelo tempo de percurso que um pulso de rádio leva para viajar até o objeto e retornar como um eco.

- Velocidade Constante: As ondas viajam na velocidade da luz (aprox 300.000 km/s).

- Cálculo: A distância (D) é a metade do tempo total (t) multiplicado pela velocidade:

$$D=(c \times t)/2$$

- Ferramenta Digital: Em telas de radar, utiliza-se o VRM (Variable Range Marker), um anel ajustável que fornece a distância precisa até o ponto de contato.

2. Marcação Radar (Bearing).

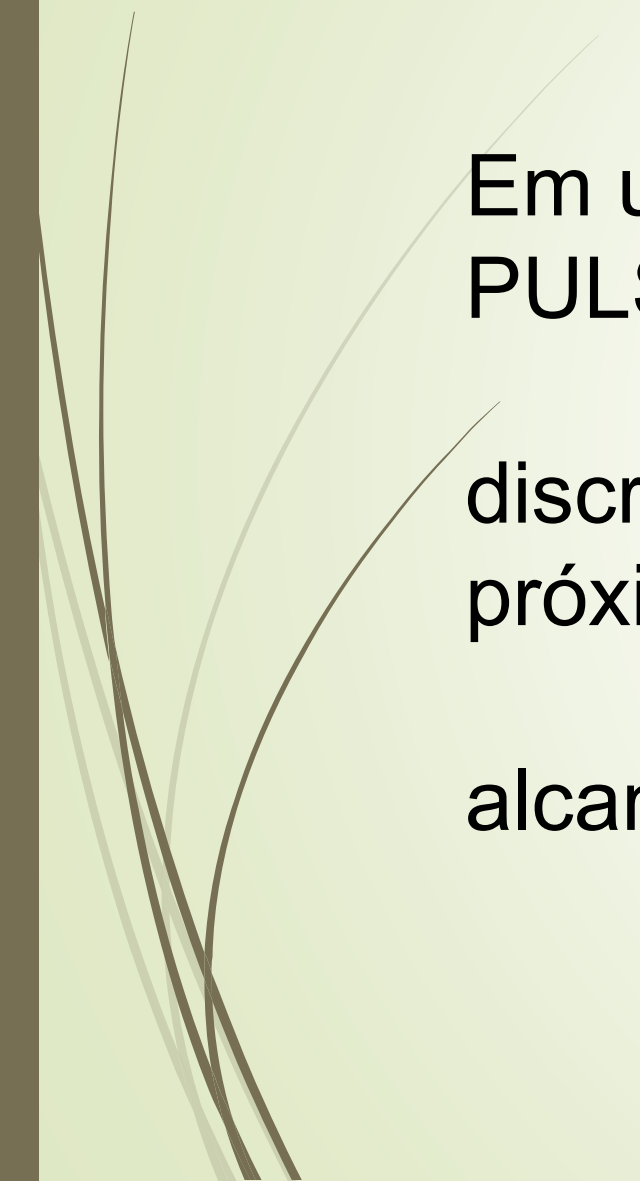
A marcação refere-se à direção angular do alvo em relação à proa do navio (marcação relativa) ou ao Norte (marcação verdadeira).

- Direcionalidade da Antena: O radar sabe para onde a antena está apontada no exato momento em que o eco é recebido.
- Largura do Feixe: Quanto mais estreito for o feixe horizontal emitido pela antena, maior será a precisão da marcação.
- Ferramenta Digital: Utiliza-se a EBL (Electronic Bearing Line), uma linha radial móvel que permite ler o ângulo exato do alvo na tela.



Resumo de Controles e Precisão

Recurso 	Função	Precisão Requerida (IMO)
VRM	Mede a distância exata até o alvo.	Dentro de 30m ou 1% da escala.
EBL	Mede a marcação/ângulo do alvo.	Dentro de 1°.



Em um radar de navegação, a largura de pulso – PULSE WIDTH (duração do pulso) é crucial:

(NARROW PULSE) melhoram a discriminação em distância (resolução entre alvos próximos), mas reduzem o alcance, enquanto (WIDE PULSE) aumentam o alcance, mas pioram a resolução.

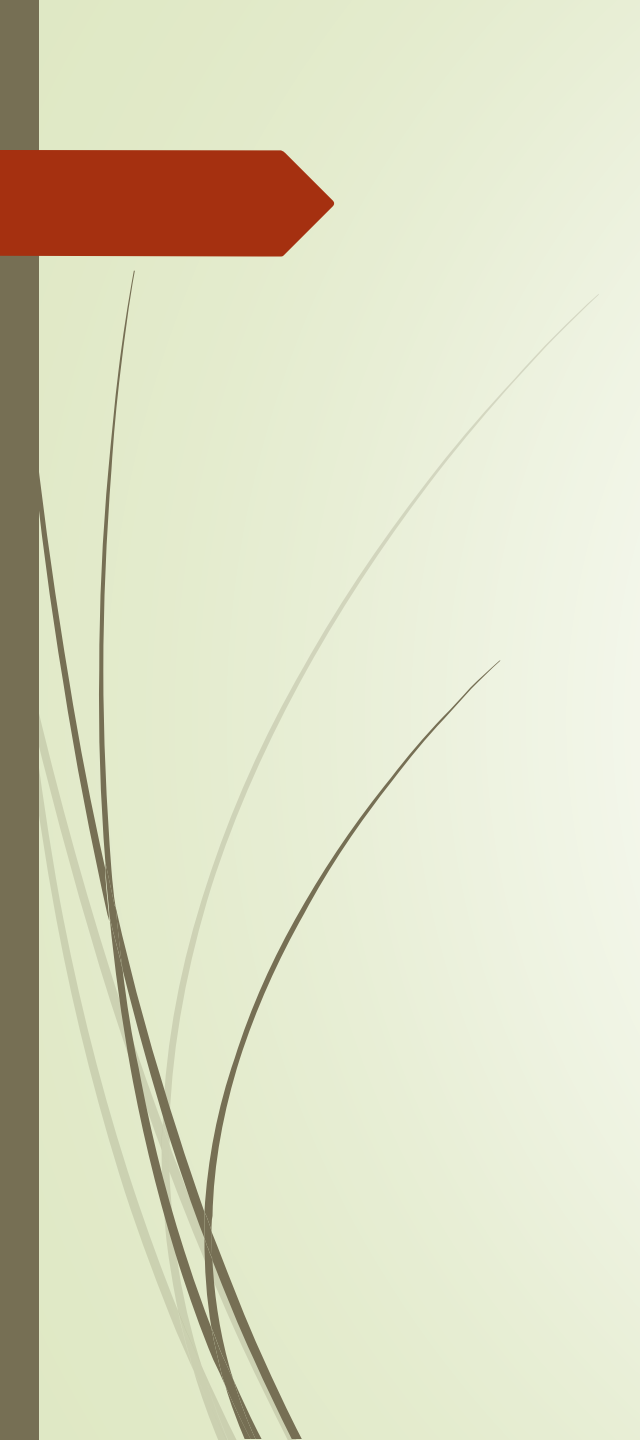
O **em distância (RANGE DISCRIMINATION/RESOLUTION)** é a menor diferença de distância para separar alvos na mesma direção (marcação), e o poder *discriminador em marcação (BEARING DISCRIMINATION/RESOLUTION)* é a menor *diferença angular para separar alvos na mesma distância*, sendo afetado pela largura do feixe.



A relação entre o alcance máximo não ambíguo do radar ($R_{\max}$) e o intervalo de repetição de pulso (PRI ou T), do inglês Pulse Repetition Interval) é inversamente proporcional.



O intervalo de repetição de pulso (PRI) é o tempo que decorre entre o início de um pulso transmitido e o início do próximo pulso. Para que um radar determine com precisão o alcance de um alvo sem ambiguidade (fenômeno conhecido como range folding ou ecos de segundo/terceiro varrimento), o eco do alvo deve retornar ao receptor antes que o próximo pulso seja transmitido.



Implicações práticas.



NPG - NPD Permite que o radar "ouça" ecos de alvos a distâncias maiores, aumentando o alcance máximo não ambíguo. Radares de busca de longo alcance, como os radares meteorológicos, geralmente usam PRFs baixas.



NPG

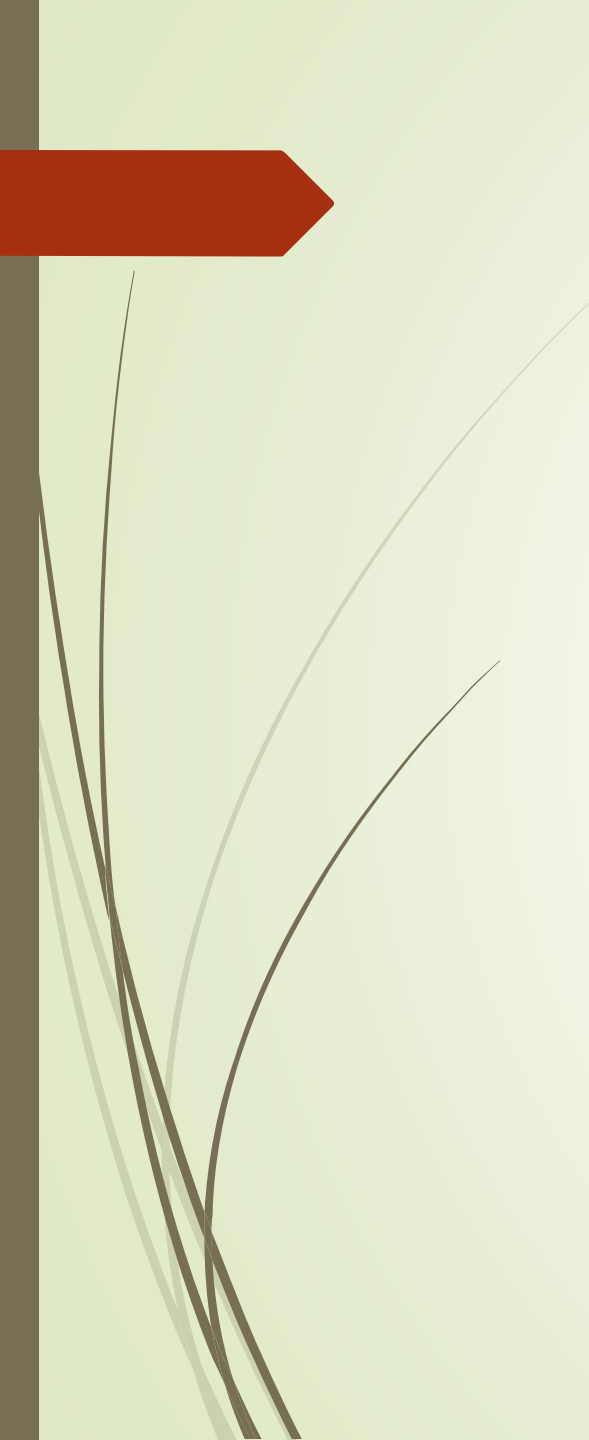
- NPD

Reduz o

alcance máximo não ambíguo, mas permite uma melhor detecção de velocidade (em radares Doppler) e uma taxa de atualização de imagem mais rápida. Radares de controle de fogo ou navegação em curtas distâncias podem usar PRFs mais altas.



A relação entre distância, largura do pulso e energia transmitida varia conforme o contexto (ondas eletromagnéticas, acústica, etc.), mas segue princípios físicos gerais.



Distância e Energia Transmitida.



A energia de um pulso diminui com a distância percorrida devido à atenuação e à dispersão. Em um meio homogêneo, a energia se espalha e é absorvida pelo meio (ar, tecido, etc.). Para ondas eletromagnéticas no espaço livre (sem barreiras), a intensidade ou potência do sinal diminui com o quadrado da distância da fonte (lei do inverso do quadrado).



Largura do Pulso e Energia Transmitida.



é o
intervalo de tempo em que a energia é transmitida.

- Maior largura do pulso significa que a energia é transmitida por um período de tempo mais longo. Em geral, para uma mesma amplitude e frequência de pulso, um pulso mais longo transporta mais energia total do que um pulso mais curto.

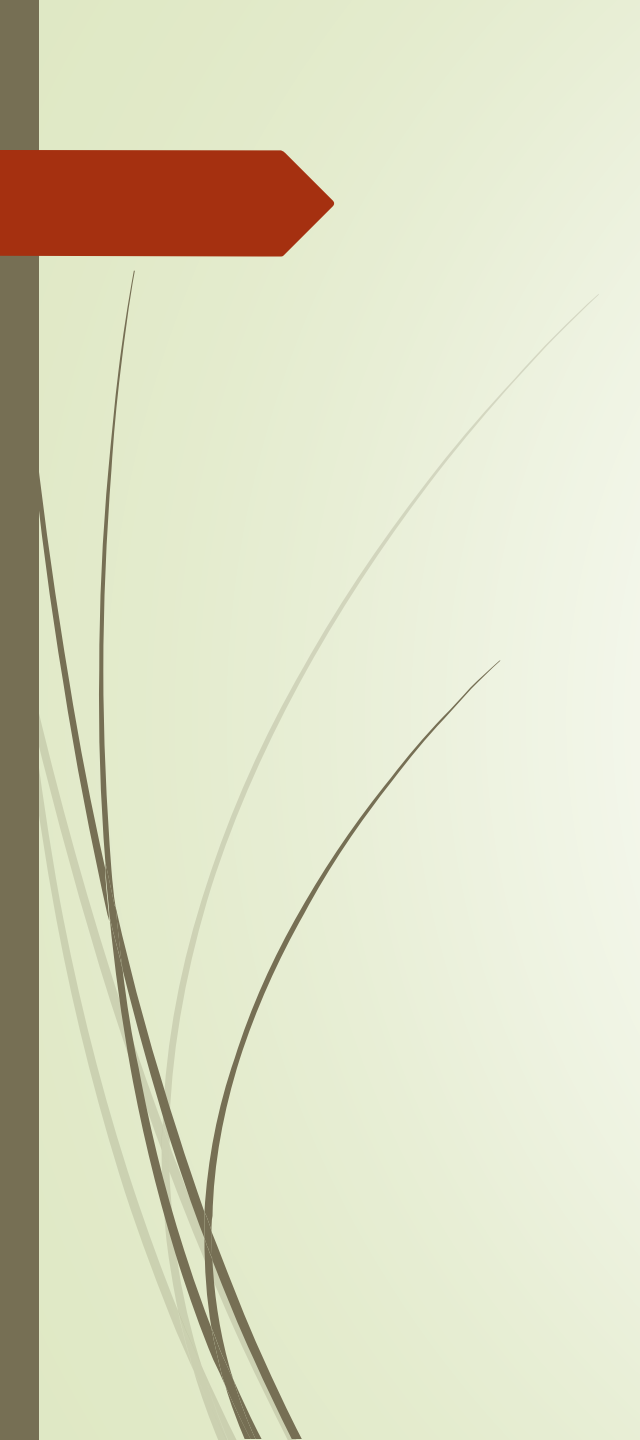
- Em sistemas de radar, aumentar a largura do pulso permite detectar objetos a distâncias maiores, pois mais energia total é enviada, aumentando a chance de um retorno detectável, embora possa reduzir a precisão do alcance.



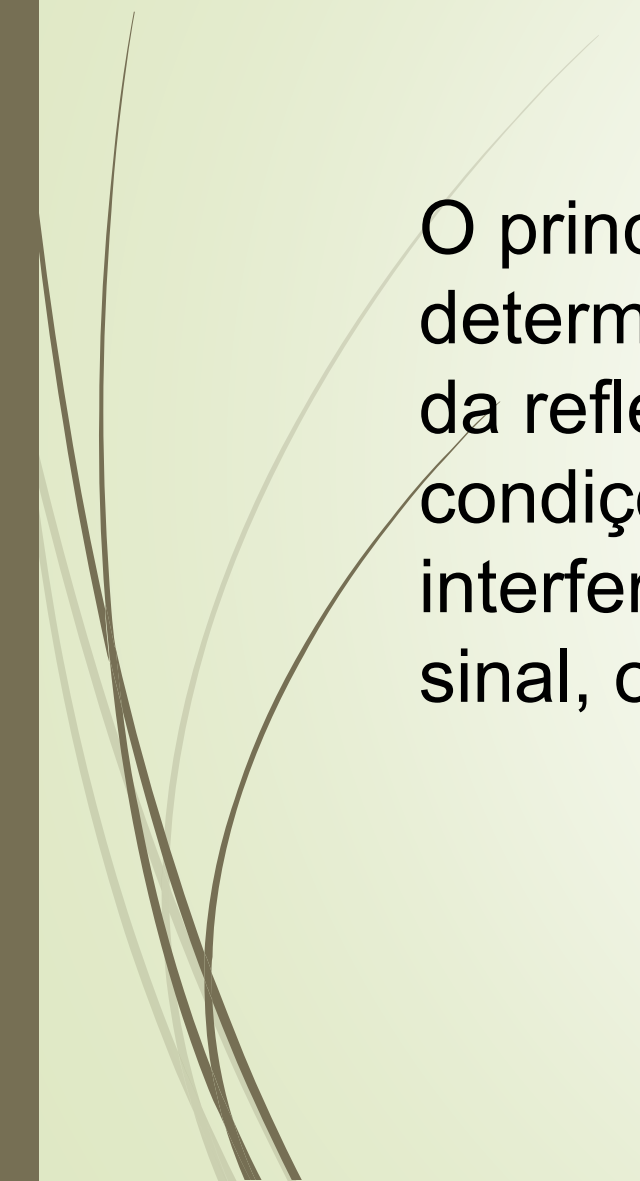
A relação entre o alcance mínimo e a largura do pulso em sistemas de radar é diretamente proporcional e crucial: quanto maior a largura do pulso (duração do pulso), maior será o alcance mínimo no qual o radar pode detectar um alvo de forma eficaz.

O alcance mínimo de um radar é determinado pelo fato de que o radar não pode transmitir e receber sinais simultaneamente através da mesma antena. A antena de um radar de pulso precisa de um curto período de tempo para alternar do modo de transmissão para o modo de recepção após o término do pulso transmitido.

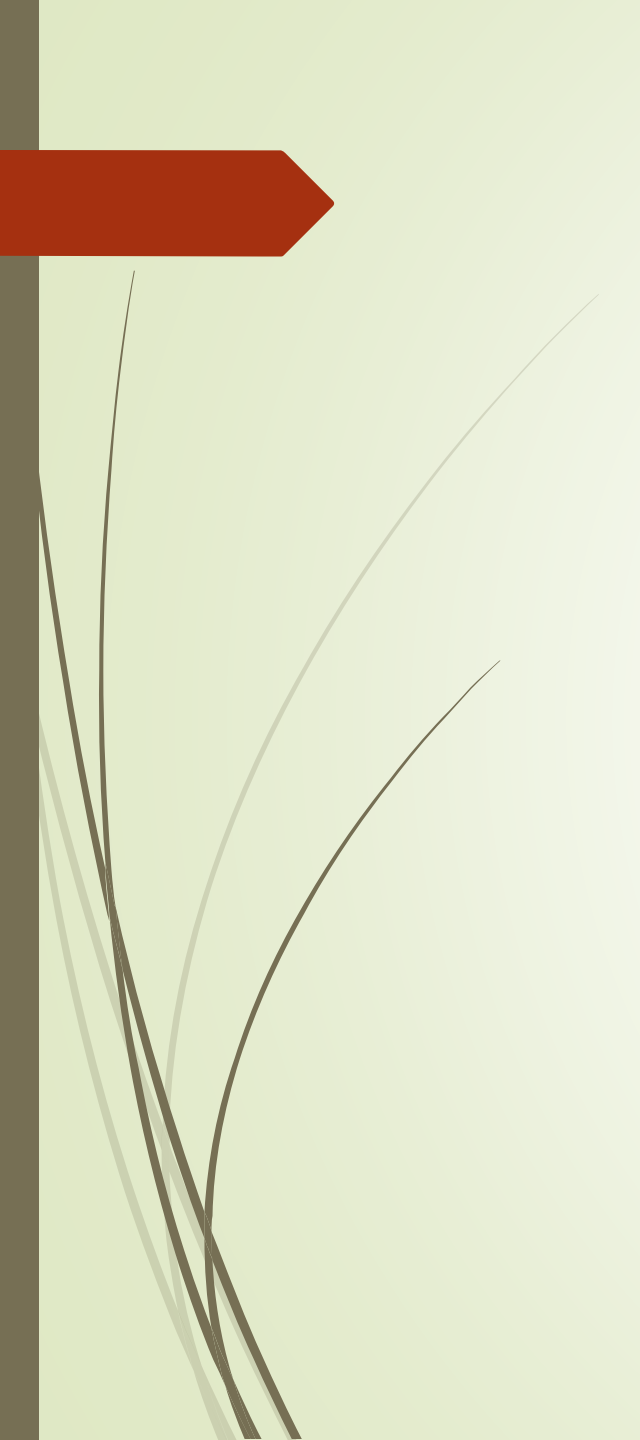




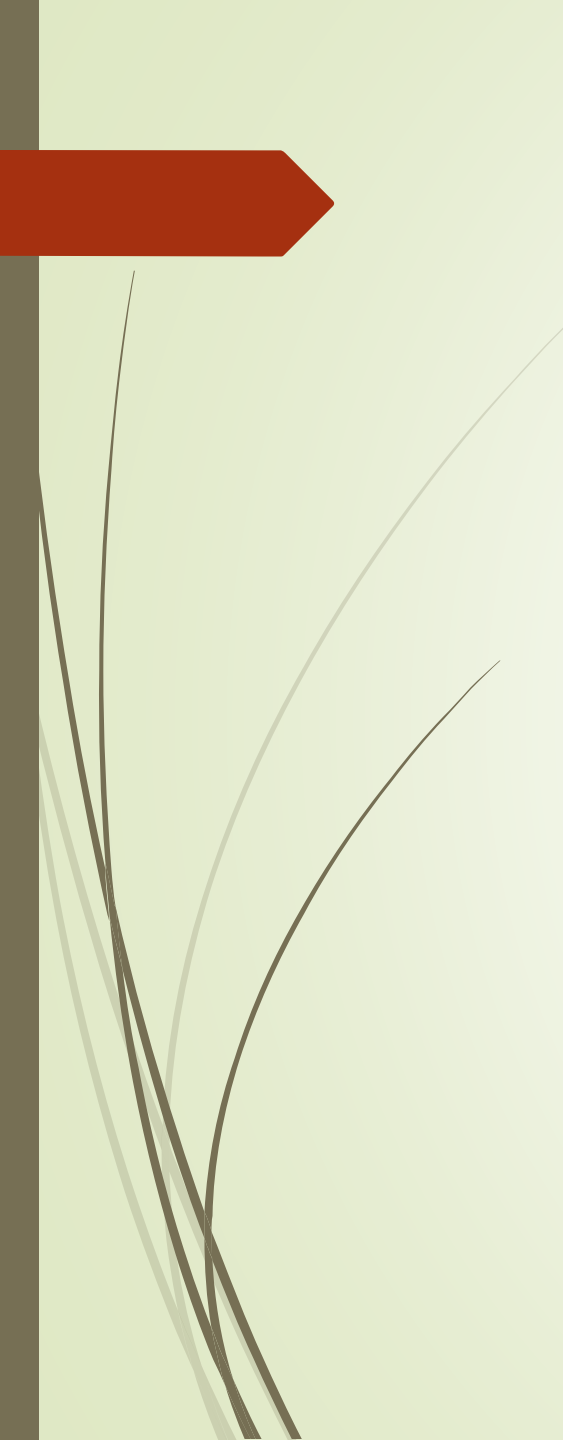
Efeitos da propagação radar.



O principal efeito da propagação do radar é a determinação da distância e localização de objetos através da reflexão de ondas eletromagnéticas. No entanto, as condições atmosféricas e o ambiente causam interferências e alterações na trajetória e intensidade do sinal, o que afeta a precisão e o alcance do radar.



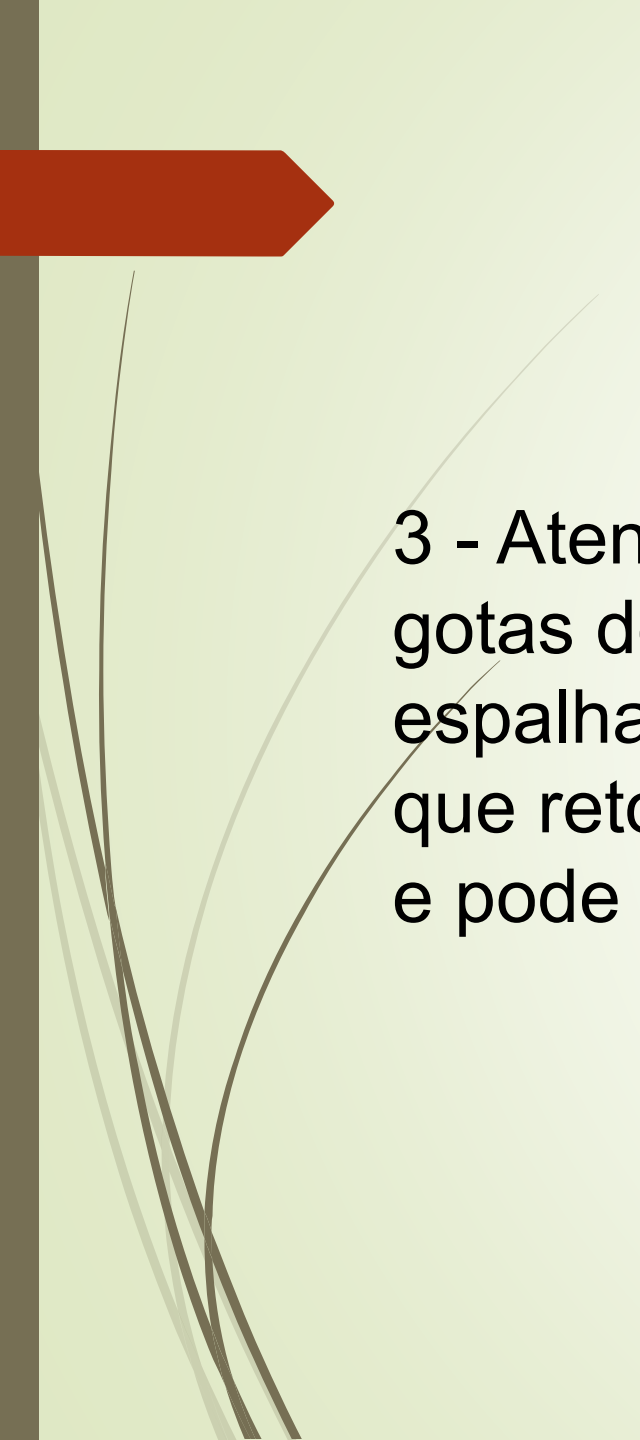
Efeitos da Propagação:



1 - Determinação de Distância e Velocidade: O princípio básico do radar envolve medir o tempo que um pulso de energia leva para ir até um alvo e retornar como um eco, permitindo calcular a distância. O Efeito Doppler permite medir a velocidade do alvo através da mudança na frequência da onda refletida (frequência maior se aproximando, menor se afastando).



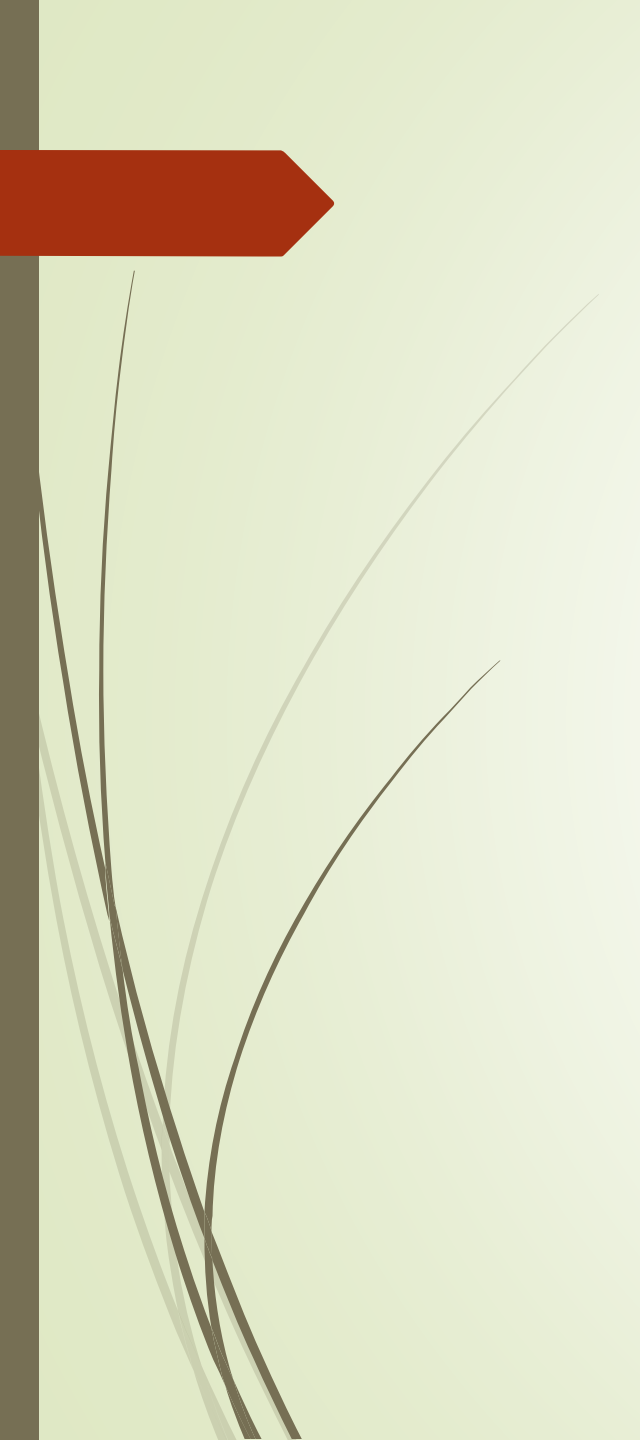
2 - Refração e Curvatura do Feixe: As ondas de radar propagam-se de forma ligeiramente curva ao longo da superfície da Terra devido à difração e à variação do índice de refração atmosférico. Em condições atmosféricas específicas (como em uma camada de inversão térmica), pode ocorrer a propagação anômala, que curva o feixe do radar para a superfície, fazendo com que ele atinja o chão e retorne ao radar em vez de continuar em linha reta. Isso pode levar a detecções falsas ou à incapacidade de detectar alvos reais acima dessa camada.



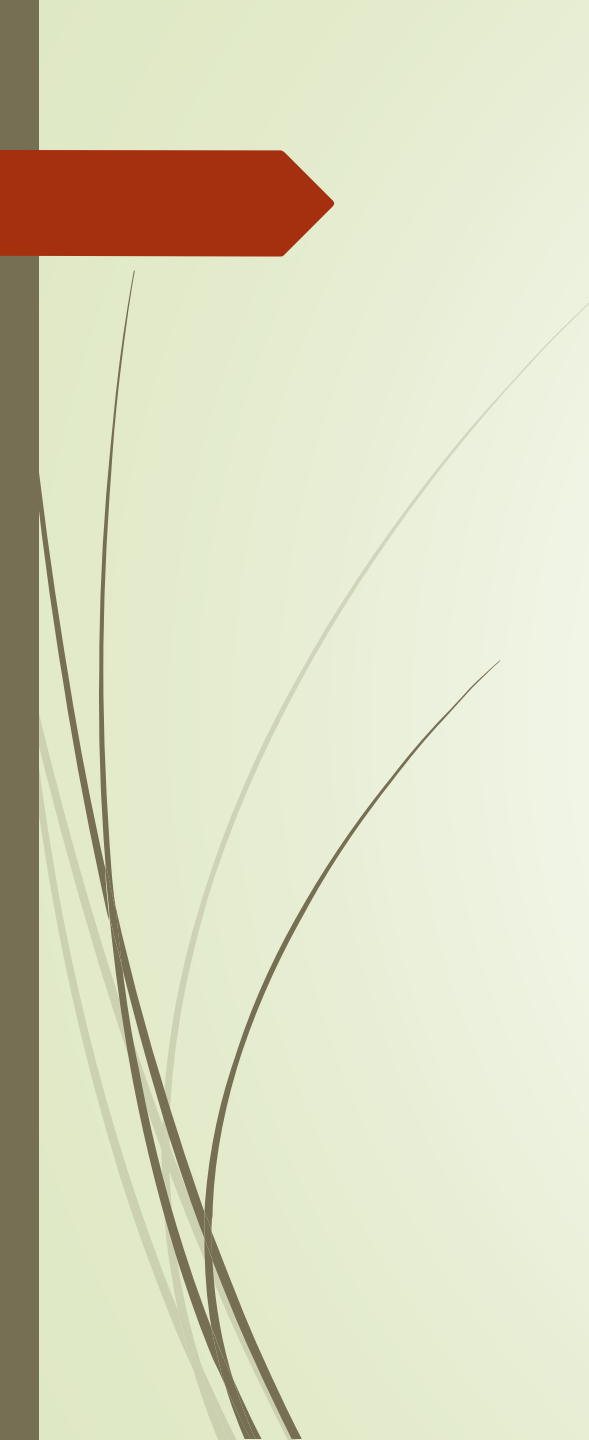
3 - Atenuação e Dispersão: Partículas na atmosfera, como gotas de chuva, gelo e neve, podem absorver (atenuação) e espalhar (dispersão) as ondas do radar, reduzindo a energia que retorna ao recetor. Isso diminui o alcance efetivo do radar e pode afetar a precisão da medição de precipitação.



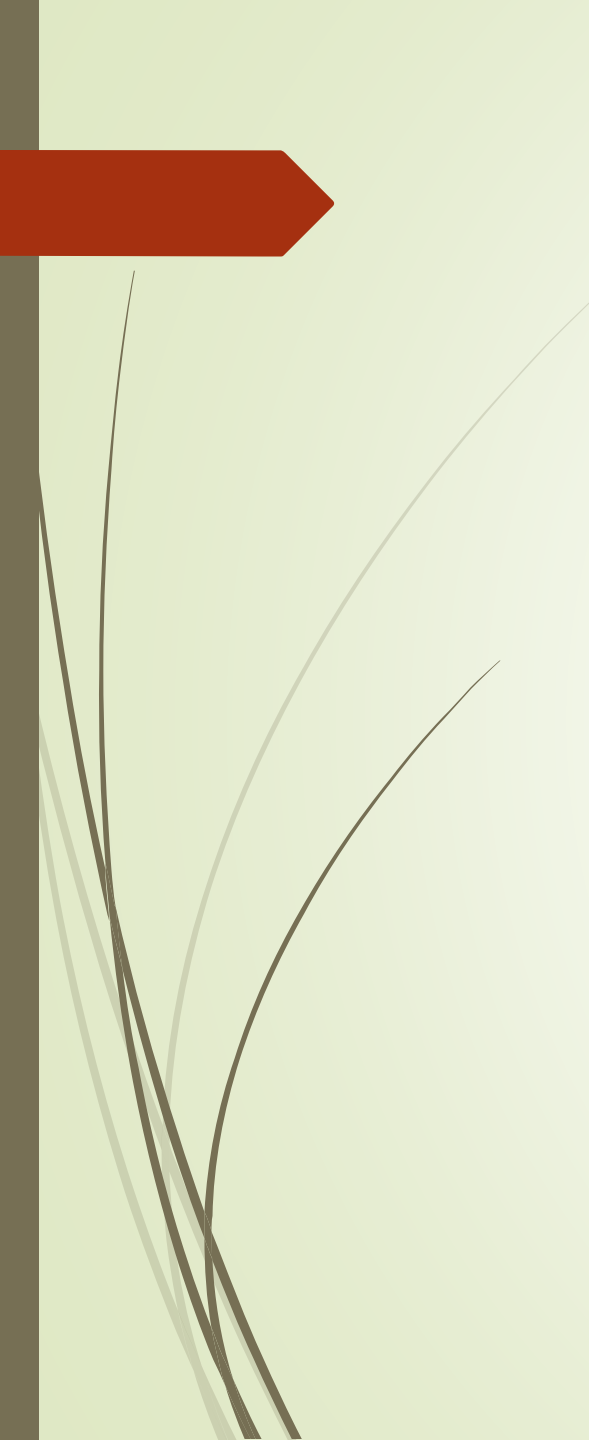
4 - Clutter (Ecos Indesejados): Ondas eletromagnéticas indesejadas reirradiadas por estruturas no solo, edifícios ou descontinuidades atmosféricas podem interferir com o eco do alvo, dificultando a detecção e exigindo técnicas de processamento de sinal para mitigação.



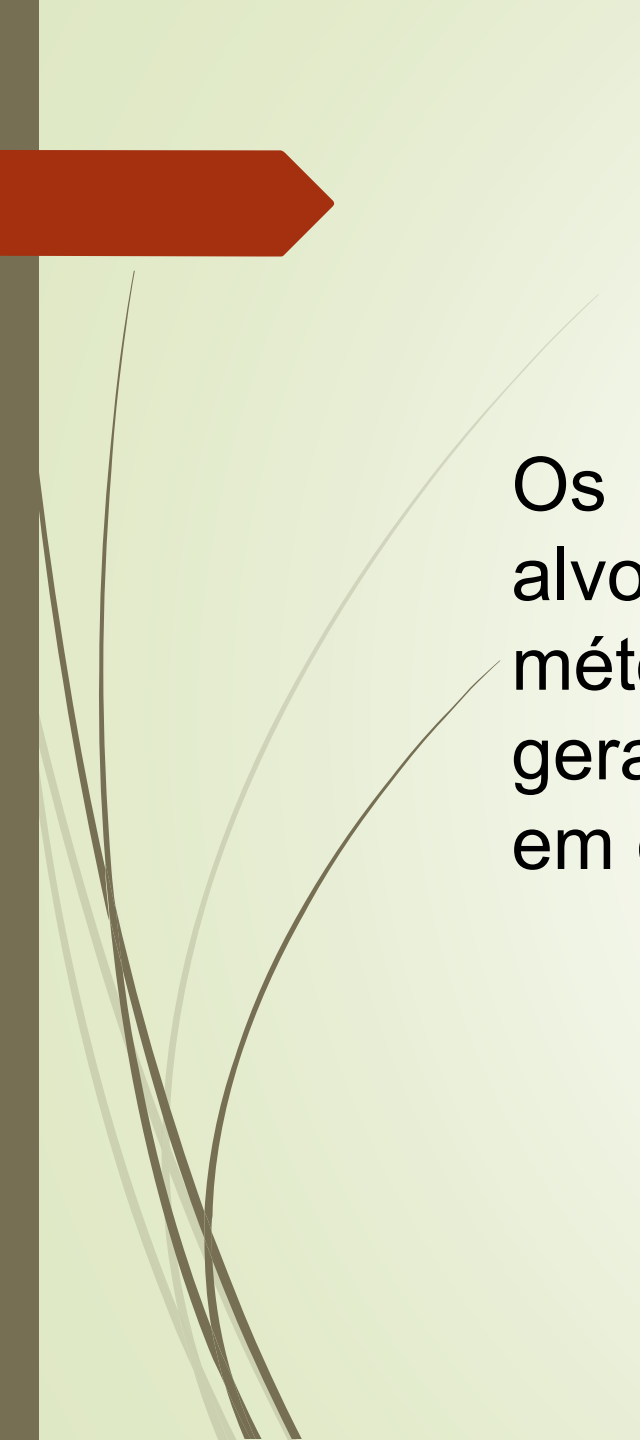
5 - Multipercurso (Multipath): O sinal do radar pode seguir múltiplos caminhos para chegar ao alvo e retornar, refletindo em superfícies intermediárias, o que pode causar erros na medição de distância e ângulo.



Em suma, o efeito principal é a capacidade de detecção e localização remota de objetos, mas a propagação das ondas é suscetível a variações atmosféricas e ambientais que desafiam a precisão do sistema.

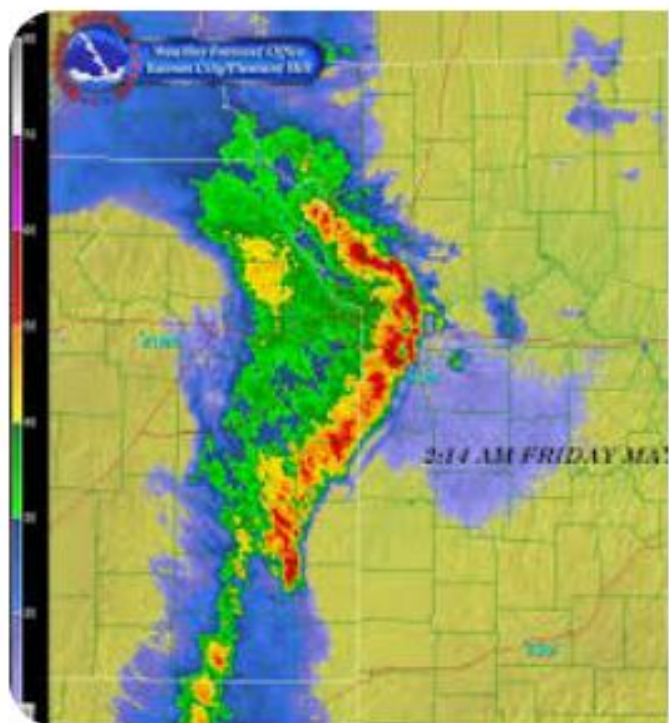


Ecos radar, RACON, RAMARK e Refletores radar.



Os P_{ref} são sinais passivos refletidos por alvos, enquanto P_{em} , P_{re} e P_{re} são métodos e dispositivos específicos que aprimoram ou geram esses sinais para auxiliar na navegação, variando em complexidade e funcionamento.





W Wikinédia





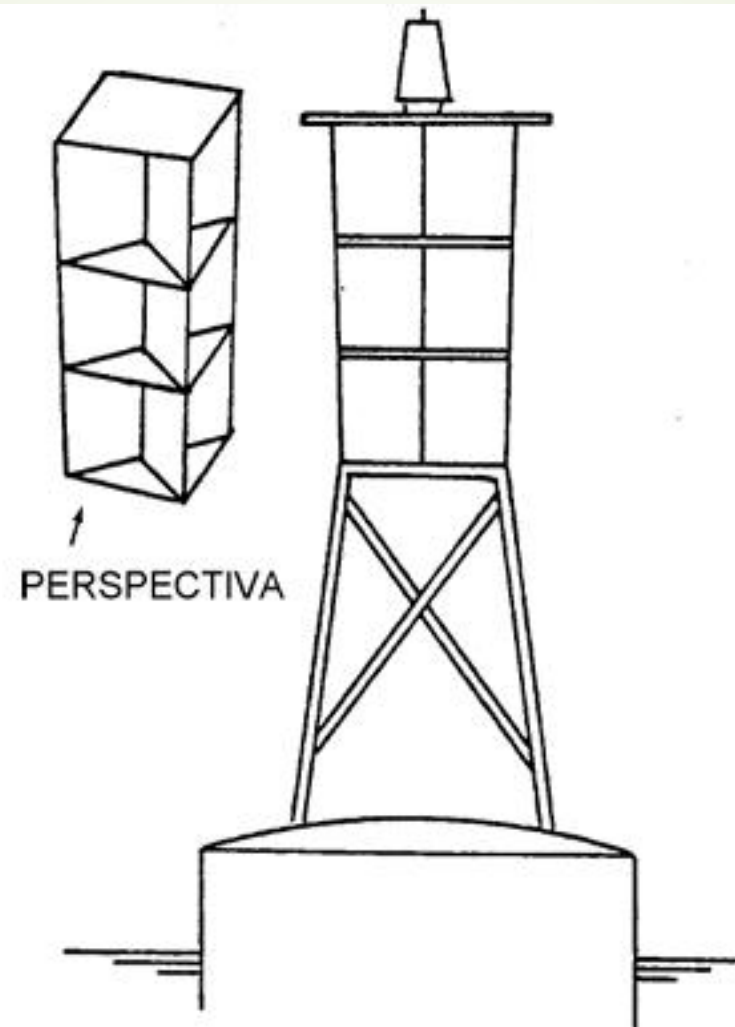
P

P

N

,

Refletores radar são dispositivos passivos projetados especificamente para aumentar a visibilidade de pequenos alvos (como boias ou pequenas embarcações de fibra de vidro) nas telas de radar de outras embarcações. Eles consistem em arranjos de superfícies metálicas (geralmente triedros de alumínio) que maximizam a reflexão das ondas de radar de volta para a fonte, criando um eco mais forte e persistente do que o objeto produziria naturalmente.



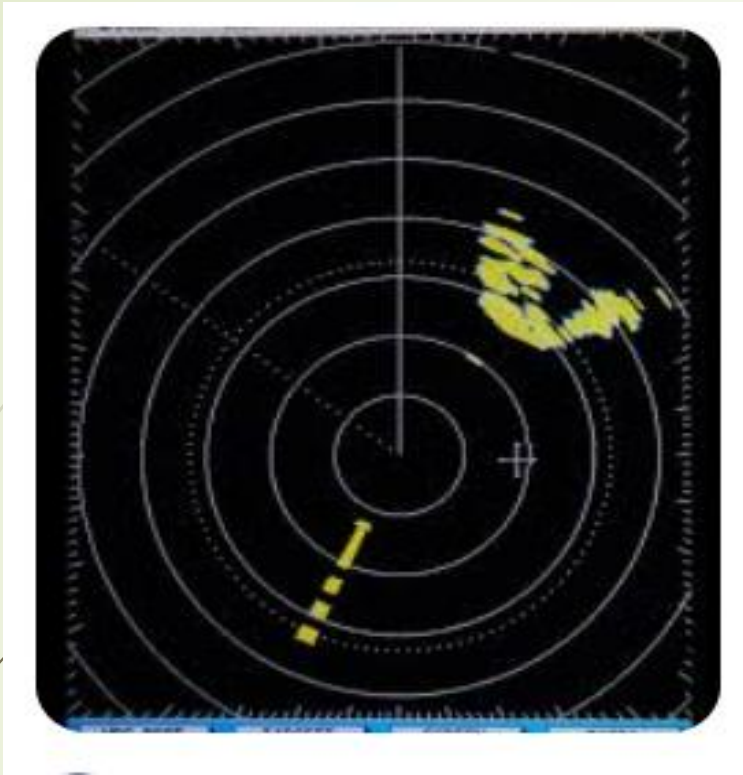
A tabela seguinte dá uma idéia do aumento da refletividade obtido pela aplicação de **refletores-radar**:

ALVO	ALCANCE RADAR	
	Sem Refletor	Com Refletor
Bóia Comum	1.5'	3.5'
Bóia Cilíndrica	3.5'	7.0'
Baleeira	3.0'	7,0'
Barco de Pesca	2.0'	6.0'



P AML P P

O RACON é um auxílio ativo que funciona como um transponder. Quando "excitado" por um pulso de radar de uma embarcação, ele automaticamente transmite de volta um sinal codificado em código Morse. Esse sinal aparece na tela do radar como uma linha radial ou um caractere Morse distinto, começando a partir de um ponto ligeiramente além da posição real do farol, permitindo ao navegador identificar com precisão a marcação e a distância do farol. É comumente usado para marcar perigos, canais navegáveis ou pontos de referência importantes.



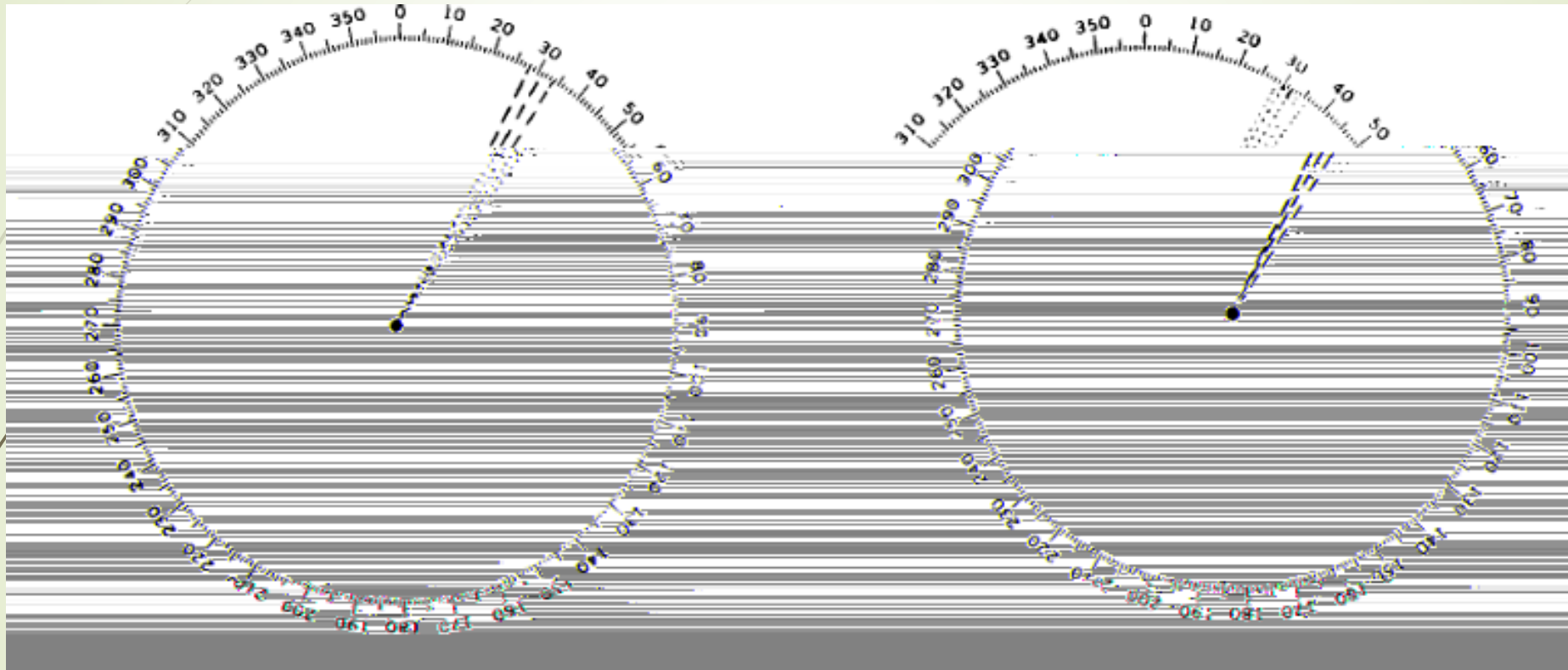




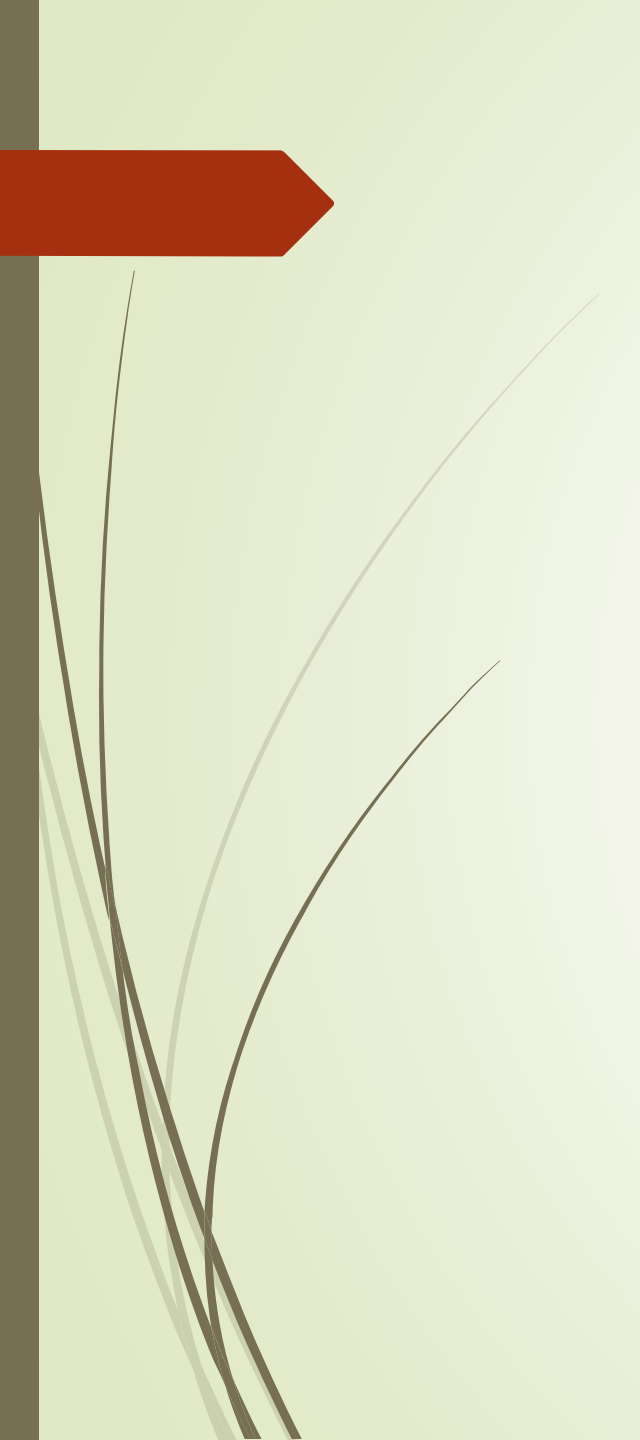
P K PI P K

,

O RAMARK é outro auxílio ativo, mas, diferentemente do Racon, ele transmite um sinal contínuo ou em intervalos regulares, independentemente de ser atingido por um radar de navegação. Na tela do radar, o sinal do Ramark aparece como uma linha radial, ou uma série de traços/pontos, que se estende do centro (a posição do navio) em direção à marcação do Ramark. O Ramark fornece apenas a marcação do auxílio, não a distância, pois a transmissão contínua não permite medir o tempo de trânsito do pulso. Seu uso é menos comum que o do Racon.





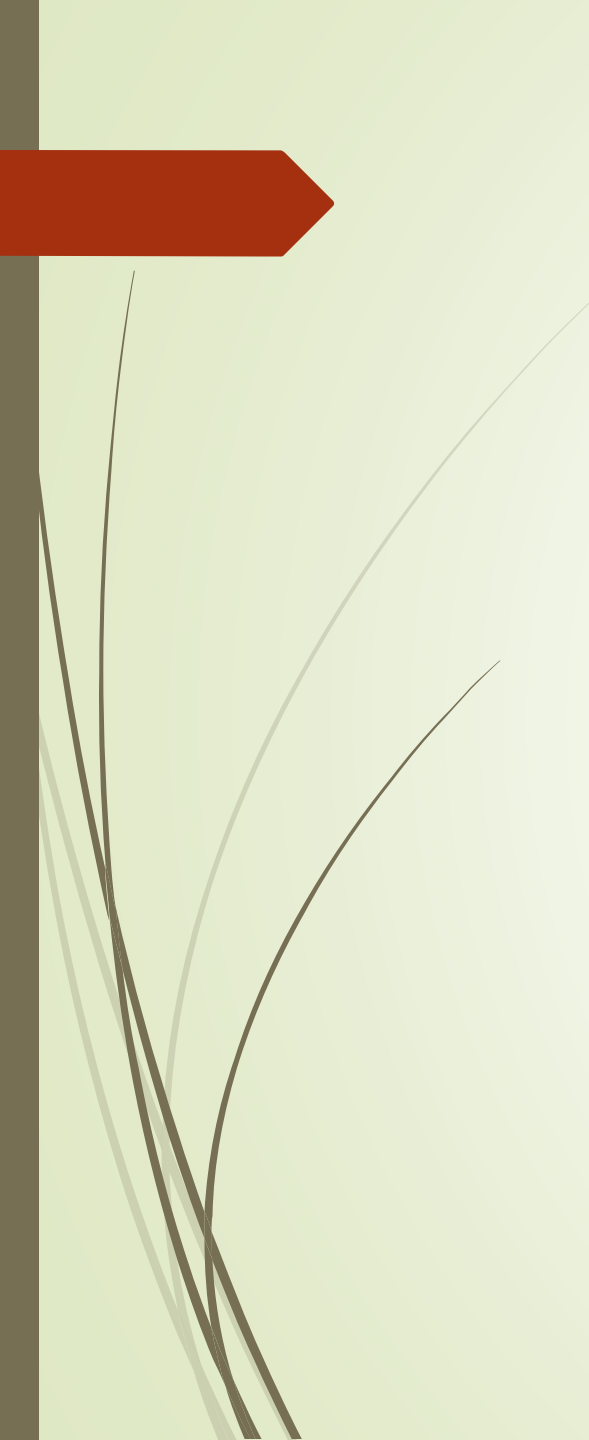


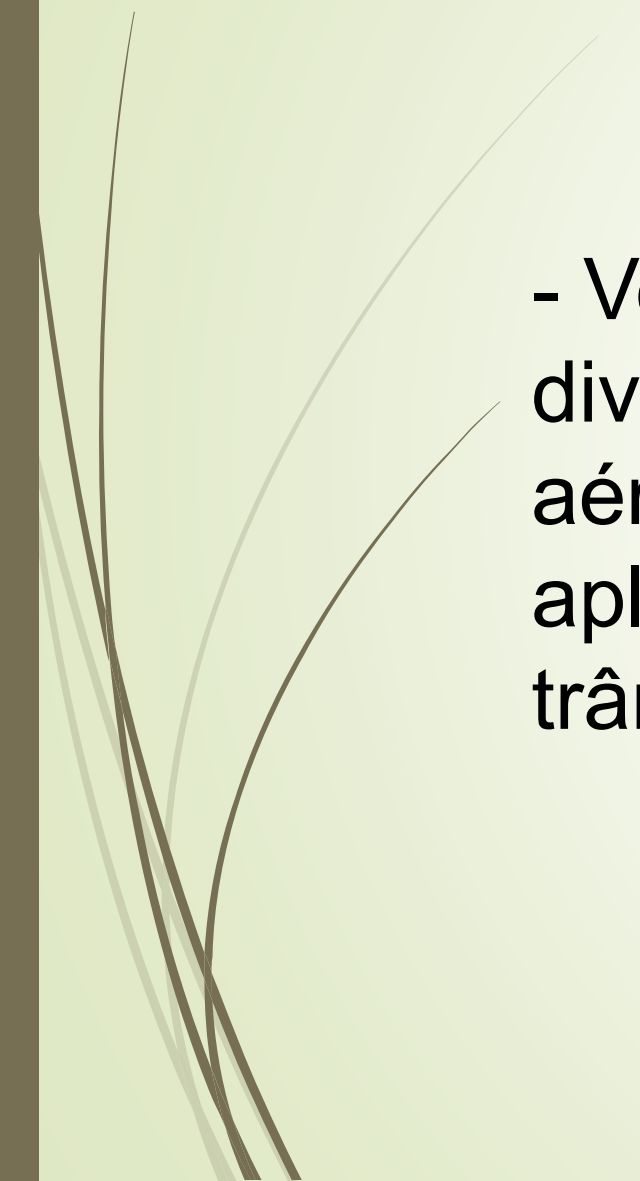
Características do radar.



As principais características e princípios de funcionamento do radar incluem:

- 
- Princípio de Funcionamento: Baseia-se na emissão de pulsos de ondas de rádio de alta energia. Quando essas ondas atingem um objeto, parte da energia é refletida de volta como um "eco".
 - Cálculo de Distância: A distância do objeto é calculada medindo o tempo que o pulso leva para viajar da antena ao alvo e retornar. A velocidade das ondas eletromagnéticas no ar é constante (aproximadamente 300.000 km/s).

- 
- Determinação da Posição e Direção: A direção ou azimute do alvo é determinada pela orientação da antena no momento em que o eco é recebido, já que a antena geralmente gira para varrer uma área de 360 graus.
 - Medição de Velocidade (Efeito Doppler): Muitos radares modernos usam o efeito Doppler para medir a velocidade relativa do alvo (se está se aproximando ou se afastando). Isso envolve a análise da mudança na frequência da onda refletida.



- Versatilidade: O radar é utilizado em diversas áreas, incluindo controle de tráfego aéreo, navegação marítima, meteorologia, aplicações militares e fiscalização de trânsito.



Fatores que afetam o desempenho do radar.



A

D : Objetos maiores ou com formas que refletem melhor as ondas de rádio (alta refletividade, como superfícies metálicas planas) são mais fáceis de detectar.

K : Materiais condutores, como metais, refletem a maioria das ondas, enquanto materiais como a água (em gotas de chuva) também têm boa refletividade, mas gelo seco reflete menos.

: A altura do alvo em relação à antena e ao solo pode influenciar a detecção, especialmente em longas distâncias.



D

A **A** : Chuva, neve, névoa e umidade podem atenuar o sinal do radar ou criar "desordem" (clutter) – ecos indesejados que mascaram os alvos reais.

B : Fenômenos atmosféricos específicos podem curvar as ondas de rádio, afetando o alcance e a precisão da detecção.

G **-K** : Ecos de superfícies como o solo, o mar ou edifícios podem interferir na detecção do alvo principal.



A

P

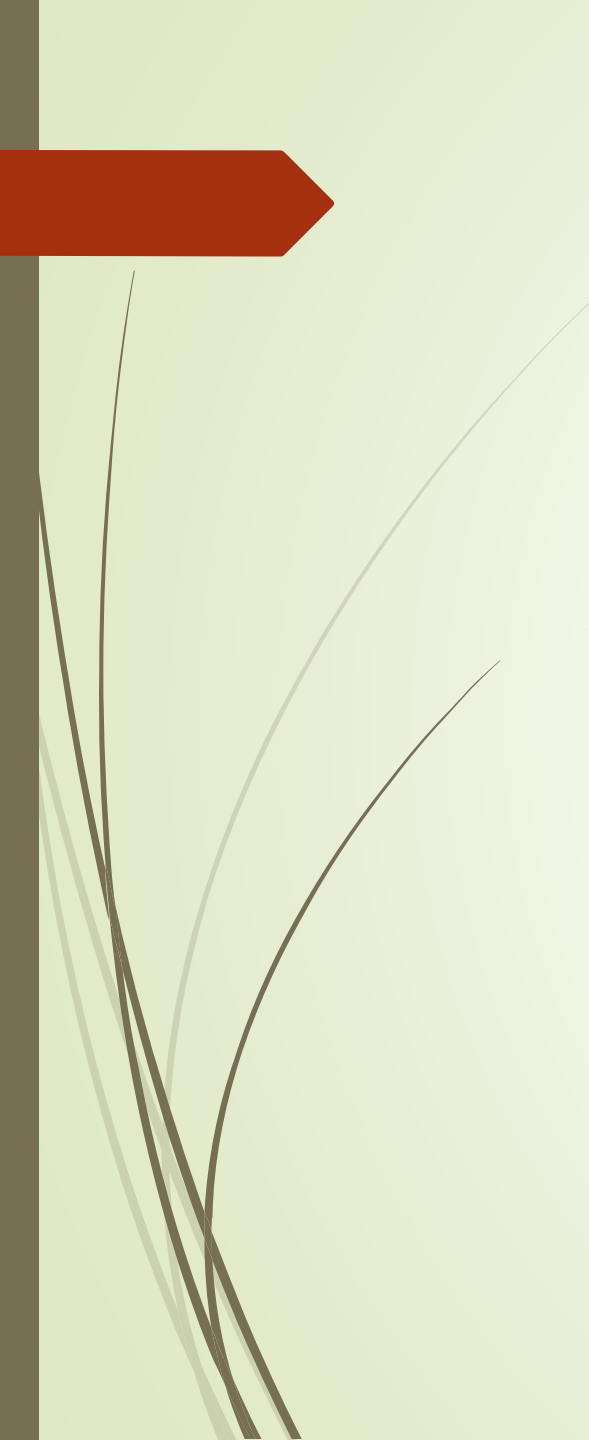
A M D : Diferentes comprimentos de onda (ou frequências) são usados para diferentes aplicações e têm diferentes sensibilidades a tipos específicos de alvos e condições climáticas.

N : Uma maior potência de transmissão geralmente resulta em um maior alcance de detecção.

: O tamanho e o design da antena afetam a largura do feixe e a resolução do radar.
Sensibilidade do Receptor: A capacidade do receptor de detectar sinais fracos (ecos) é crucial para o desempenho do alcance.



Fatores externos que afetam a detecção radar.



Diversos fatores externos podem afetar a detecção e o desempenho dos sistemas de radar, principalmente as condições atmosféricas (como chuva e neve) e o ambiente circundante (terreno e interferências).



Os principais fatores externos incluem:



A



N

Gotas de chuva, flocos de neve e granizo podem refletir ou absorver as ondas de radar, criando "clutter" (ecos indesejados) que mascaram alvos reais ou reduzem o alcance de detecção. Revestimentos furtivos, por exemplo, podem perder eficácia quando molhados.

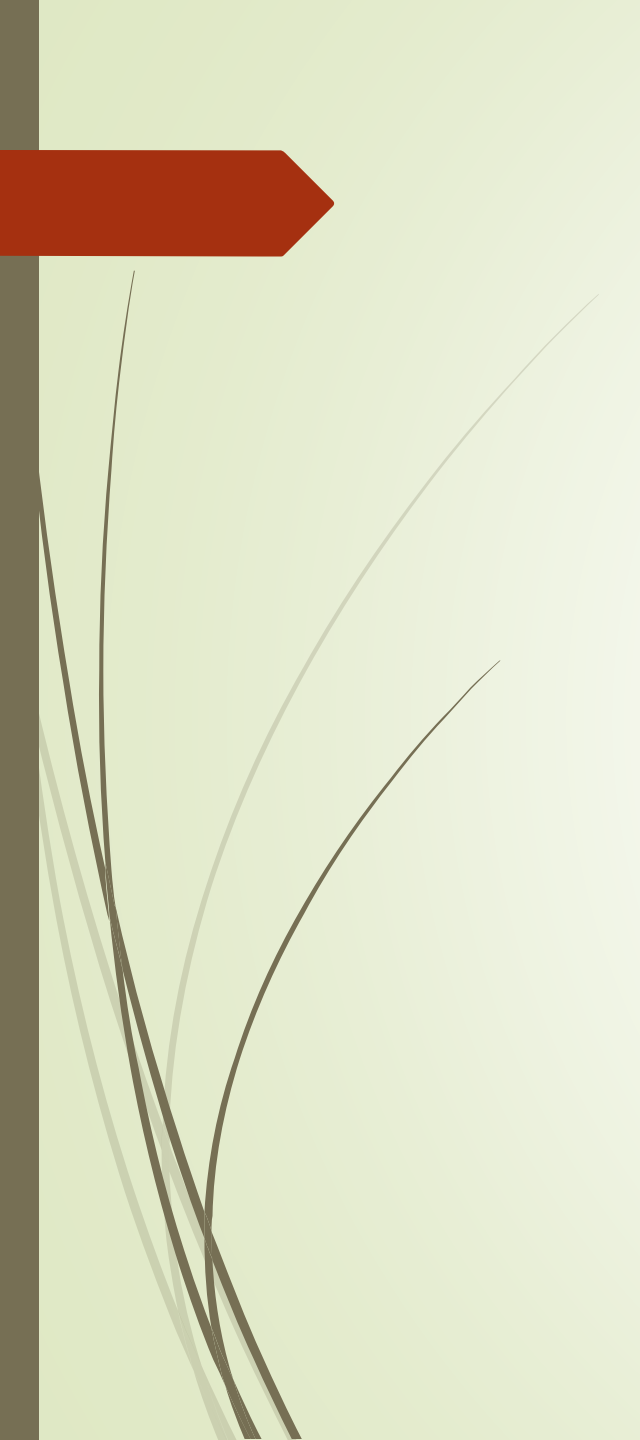
P

N

Mudanças na

temperatura e umidade do ar com a altitude alteram o índice de refração atmosférico. Em condições específicas (inversão térmica), o feixe de radar pode ser curvado para baixo em direção à superfície (propagação anômala), causando detecções de alvos terrestres distantes ou perda de alvos aéreos.





Ambiente e Terreno



A **K** : Ecos indesejados provenientes do solo, vegetação, edifícios ou da superfície do mar podem interferir na detecção de alvos. Algoritmos de filtragem são usados, mas podem ser insuficientes em condições extremas, como ventos fortes agitando árvores.

K : O sinal do radar pode seguir múltiplos caminhos até o alvo e retornar (reflexões em edifícios, montanhas, superfície da água), causando distorções na medição de distância e ângulo.

: Montanhas ou outras formações geográficas podem bloquear fisicamente a linha de visada do radar, criando "zonas cegas".



Fatores que podem causar falsa interpretação do eco radar.





Fatores Físicos e de Interferência.



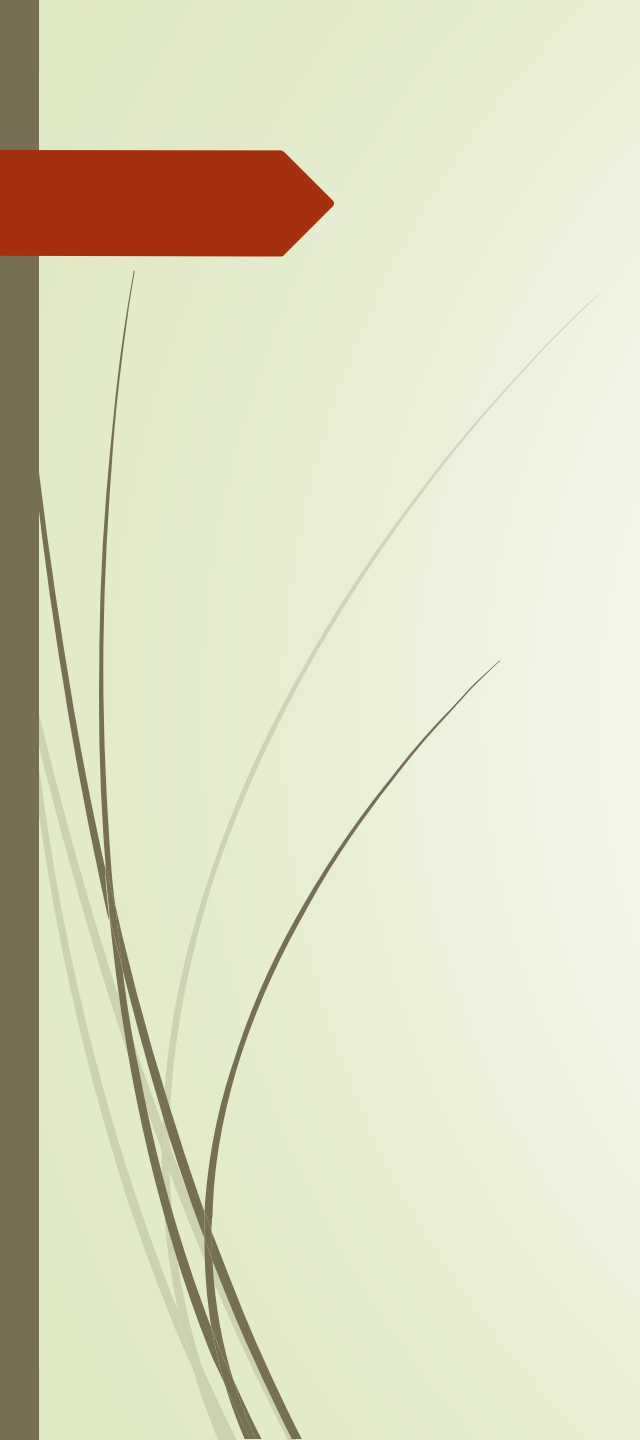
C **J** **J** O sinal do radar pode ser refletido por objetos próximos, como partes da estrutura da embarcação (no caso de radares navais) ou estruturas no solo, antes de atingir o alvo principal, gerando ecos falsos na tela, frequentemente em forma de arcos.

P **K** A energia refletida por um alvo pode refletir-se novamente em uma superfície intermediária (como o convés de um navio ou o solo) antes de retornar à antena, fazendo o alvo parecer estar em uma distância ou direção incorreta.



G C : Sinais de rádio ou Wi-Fi de outras fontes podem interferir no sinal do radar, gerando ecos espúrios que não representam alvos reais.

A P Ecos de alvos indesejados, como a superfície do mar (sea clutter), o solo (ground clutter), chuva forte ou outras formas de precipitação, podem mascarar o alvo desejado ou ser interpretados incorretamente como alvos significativos.



Fatores Atmosféricos.



P : Condições atmosféricas, como mudanças abruptas de temperatura e umidade, podem curvar o feixe do radar de forma inesperada. Isso pode fazer com que o feixe atinja o solo a distâncias maiores do que o normal, gerando ecos de solo (ground clutter) onde não deveria haver, ou que o feixe passe por cima de nuvens baixas, subestimando a precipitação.

: Chuva forte, granizo ou neve podem absorver ou espalhar a energia do radar (especialmente em certas bandas de frequência, como a banda X), enfraquecendo o sinal de alvos localizados atrás da área de precipitação intensa e levando a uma subestimação da intensidade do fenômeno.

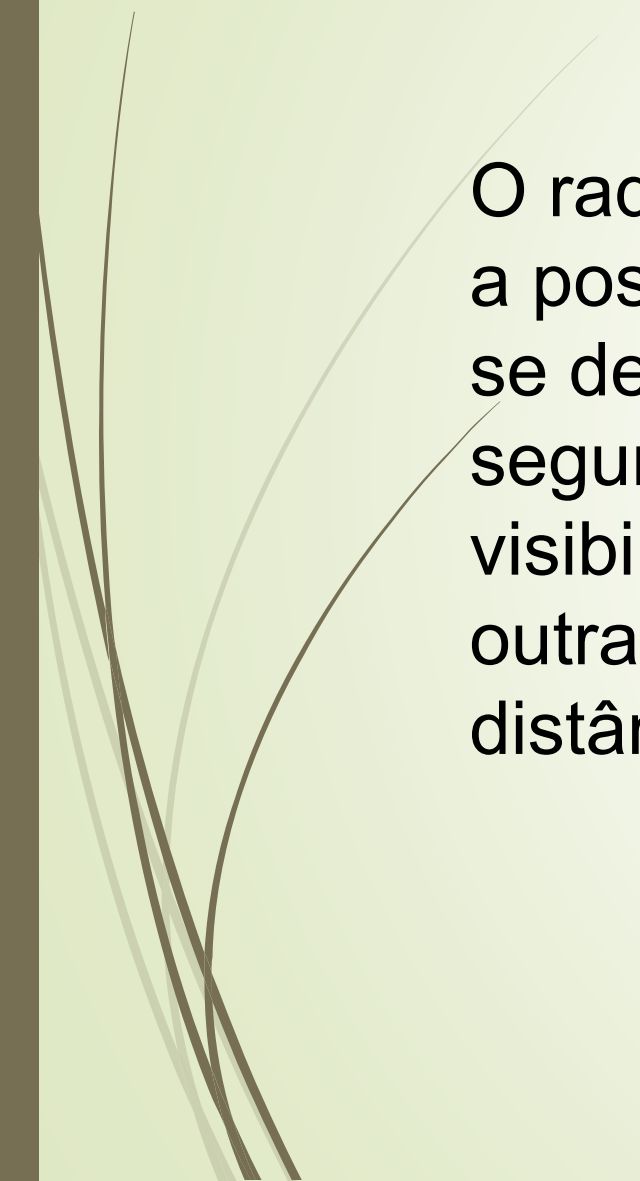


FUNDEIO DE PRECISÃO COM O RADAR.

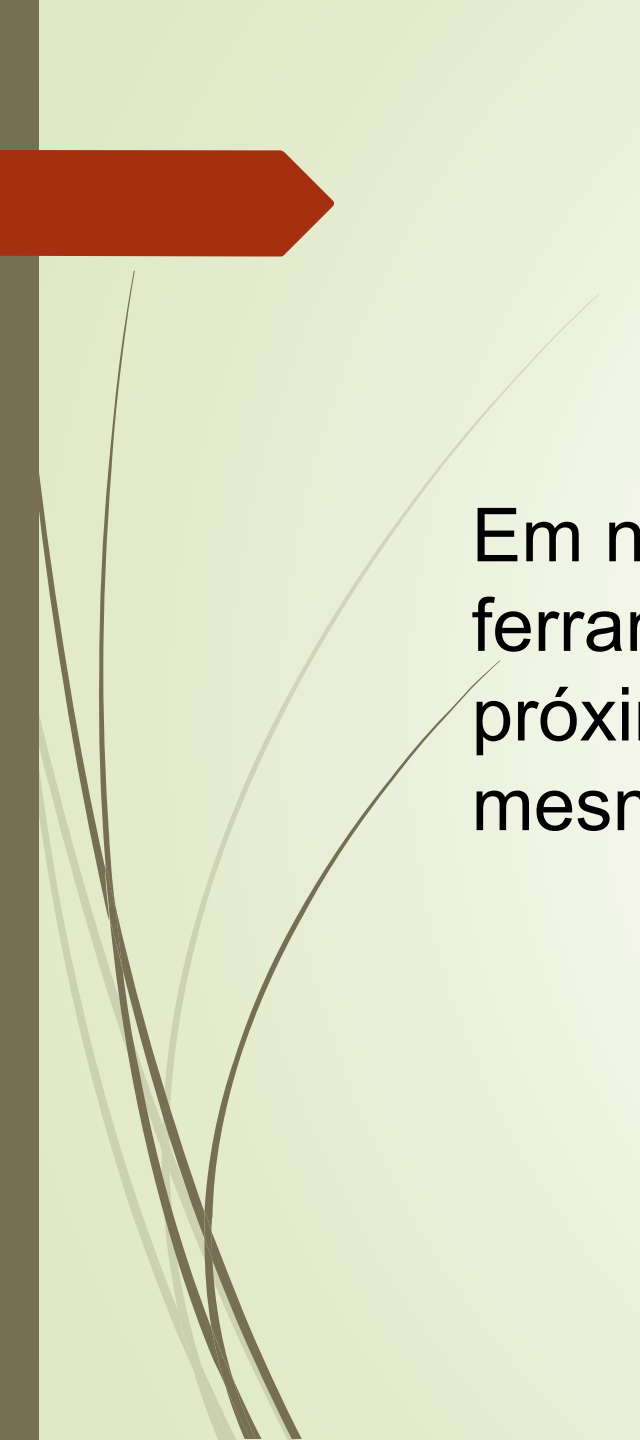


Pode ocorrer a necessidade de executar um fundeio de precisão em baixa visibilidade, quando o radar pode ser o único auxílio disponível. A utilização de procedimentos seguros e bem definidos é de grande importância nos fundeios de precisão.

O planejamento e a execução do fundeio de precisão devem ser conduzido de maneira a largar o ferro exatamente sobre o ponto determinado, com o máximo de precisão.



O radar no fundeio de precisão serve para monitorar a posição exata da embarcação, verificar se ela está se deslocando (garrando), manter distâncias seguras de outros navios e auxiliar em baixas visibilidades, usando ecos dos alvos (boias, terra, outras embarcações) para determinar com precisão distância e marcação.



Em nevoeiro ou à noite, o radar se torna uma ferramenta vital para "enxergar" e identificar objetos próximos, permitindo fundear com segurança mesmo sem visibilidade visual.



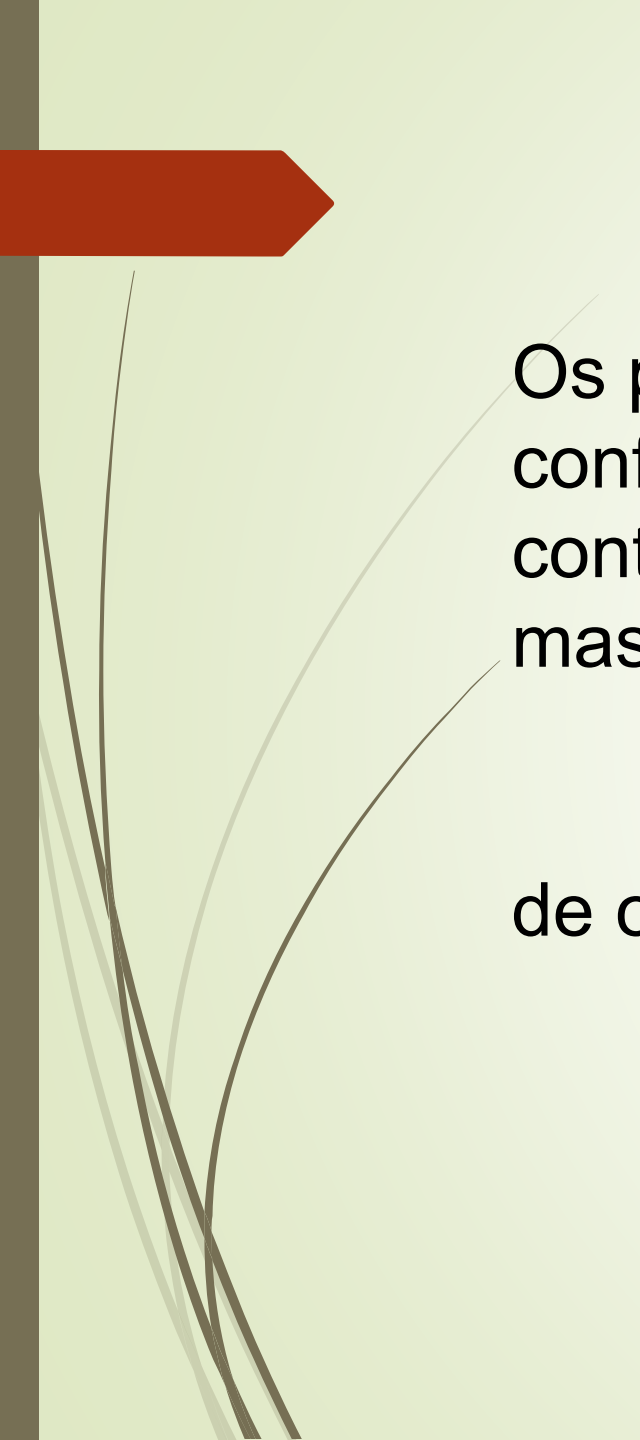
Riscos da irradiação eletromagnética.



A irradiação eletromagnética em navios, proveniente de radares, antenas de satélite e sistemas de comunicação (rádio), representa um risco ocupacional significativo, capaz de causar danos à saúde da tripulação e interferência em equipamentos eletrônicos. Os riscos incluem efeitos térmicos (aquecimento de tecidos) e não térmicos, resultando em náuseas, dores de cabeça, lesões na pele, interferência em marcapassos e riscos de explosão em áreas com combustíveis.



Funções dos controles de Operação do Radar.



Os principais controles e empregos do radar variam conforme sua aplicação (navegação marítima, controle de tráfego aéreo, militar, meteorologia, etc.), mas geralmente envolvem o ajuste do , a e a **NNG** para a detecção e localização de objetos.



Controles Principais do Radar.



P Controla a distância máxima exibida na tela do radar (PPI - Plan Position Indicator). Permite ao operador aumentar ou diminuir o zoom para focar em áreas específicas ou ter uma visão geral do entorno.

B P P Círculos concêntricos na tela que indicam distâncias predefinidas a partir do centro do radar, auxiliando na estimativa rápida de distâncias até os alvos.

J K C C J C
J Uma linha pontilhada ajustável usada para determinar a direção (marcação) exata de um alvo em relação à proa da embarcação ou à posição do radar.



K

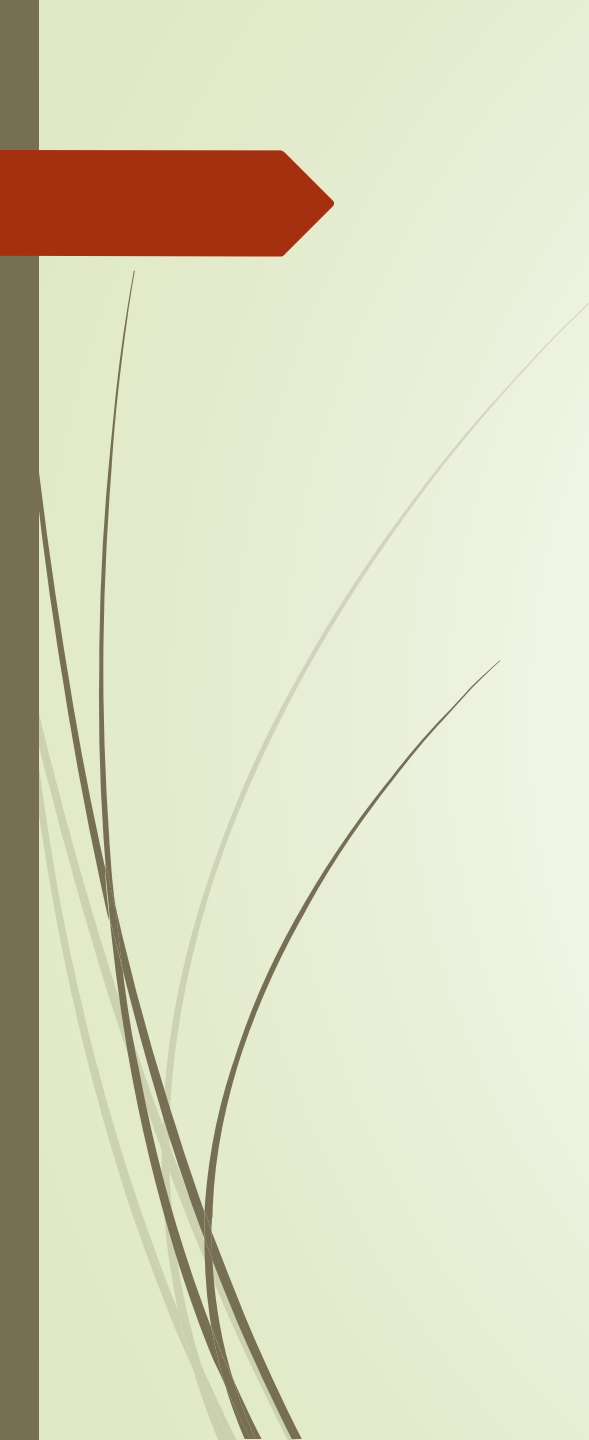
PK

P

K Um círculo ajustável usado para medir a distância precisa até um alvo específico.

E **E** Ajusta a sensibilidade do receptor para filtrar ruídos indesejados (como chuva ou mar agitado) e otimizar a detecção de alvos fracos.

- Em radares marítimos, permite escolher entre a banda X (curto alcance, alta resolução, ideal para perto da costa) e a banda S (longo alcance, menos afetada pelo mau tempo, ideal para mar aberto).



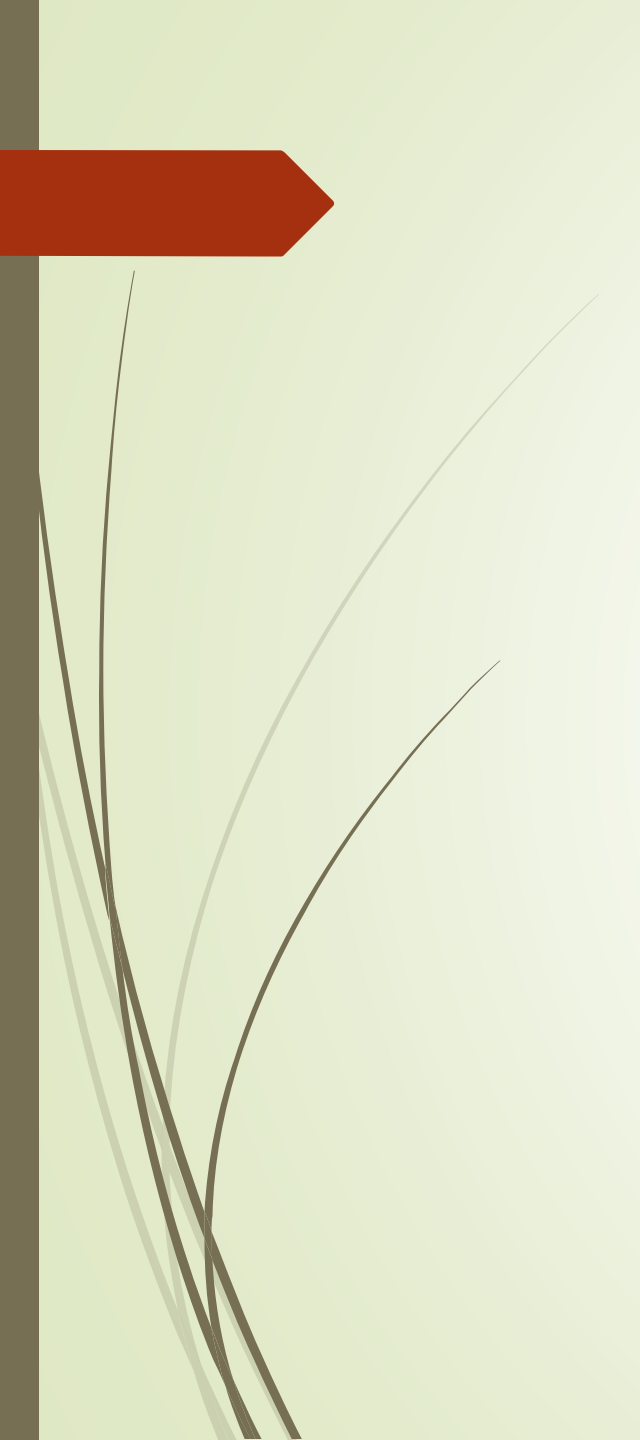
Principais Empregos do Radar.



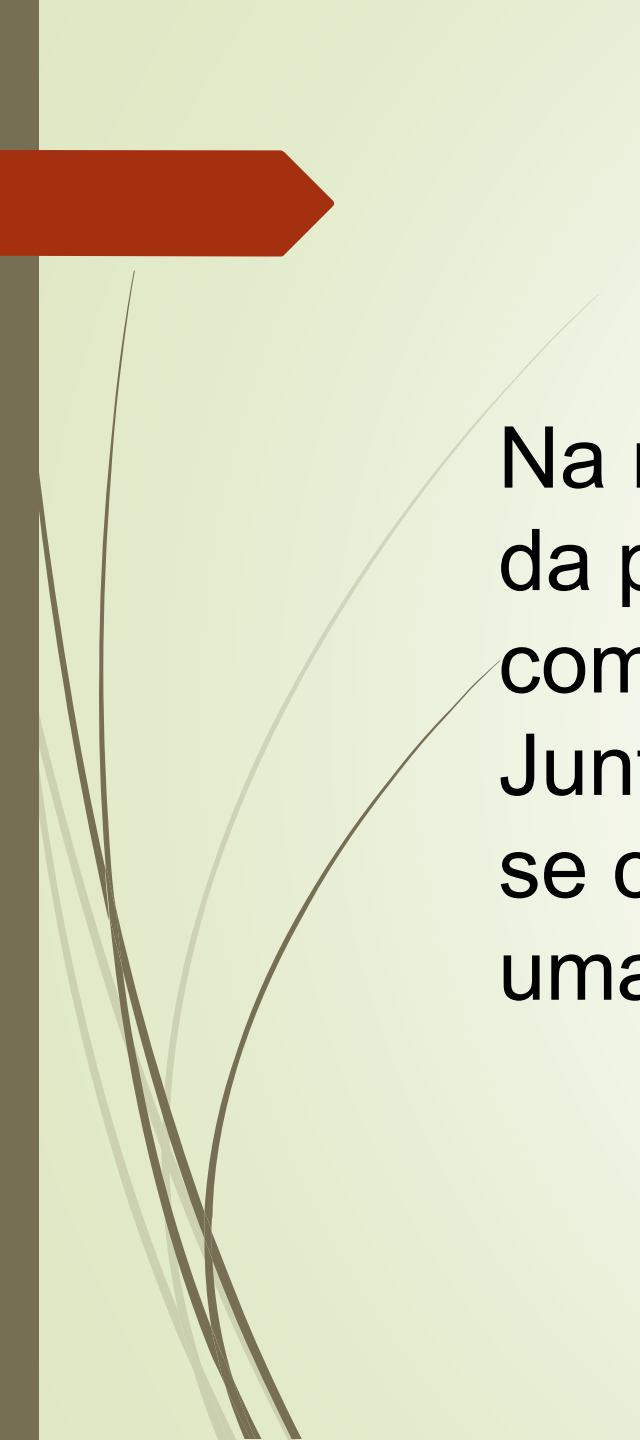
L **N** **A** Fundamental na navegação marítima e aérea, permite a detecção de outras embarcações, aeronaves, terra e obstáculos, sendo vital em condições de visibilidade limitada.

A **A** É o principal sistema para monitorar e gerenciar o movimento de aeronaves no espaço aéreo, tanto em rotas de cruzeiro quanto nas aproximações e saídas de aeroportos.

K Radares meteorológicos detectam a precipitação e medem sua intensidade e movimento, auxiliando na previsão do tempo e na segurança de voos, permitindo que os pilotos evitem tempestades.



Marcação e distância.



Na navegação marítima, a determinação precisa da posição de uma embarcação depende da combinação técnica entre marcação e distância. Juntas, elas geram linhas de posição (LDP) que se cruzam para fixar a localização exata em uma carta náutica.



I, K

A marcação é o ângulo horizontal entre uma direção de referência e o objeto observado. Para garantir precisão:

- Referência: Utiliza-se preferencialmente a marcação verdadeira (em relação ao Norte Verdadeiro), eliminando erros de declinação magnética e desvio da agulha.
- Geometria Ideal: Ao usar duas ou mais marcações simultâneas, o ângulo de cruzamento ideal é de 90° (nunca inferior a 60°) para minimizar erros de plotagem.



, B

B

Medir a distância até um ponto notável (como um farol ou ilha) transforma uma linha de direção em um ponto preciso.

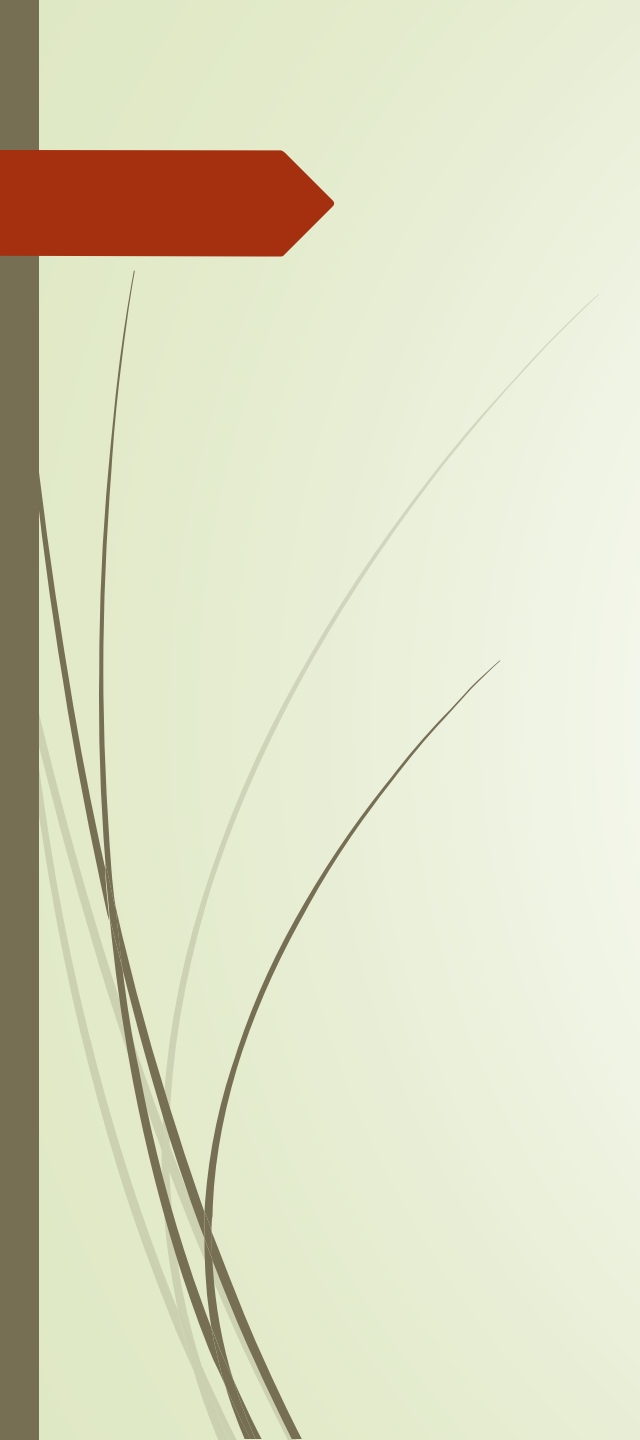
- Tecnologia: O uso do Radar com a ferramenta VRM (Variable Range Marker) permite medir distâncias com alta precisão diretamente na tela, exibindo o valor em milhas náuticas.
- Navegação Estimada: Quando não há pontos visíveis, a distância é calculada pela fórmula $\text{Distância} = \text{Velocidade} \times \text{Tempo}$. A precisão aqui depende do uso de um odômetro Doppler, que mede a velocidade real em relação ao fundo do mar.



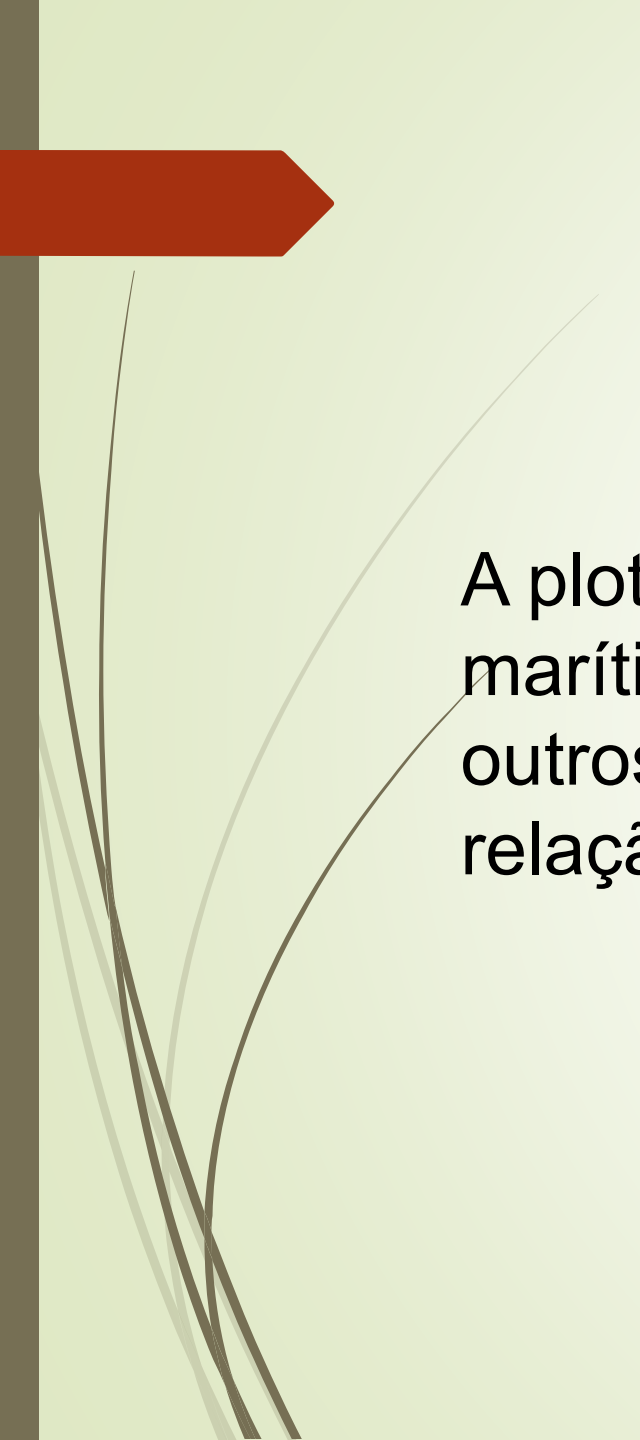
1, D

N

- Unidade Padrão: A precisão absoluta exige o uso da milha náutica (exatos 1.852 metros), que corresponde a um minuto de latitude.
- Margem de Erro: Em águas restritas, o erro de posição deve ser minimizado para manter distâncias de segurança, como os 500 metros exigidos pela Marinha do Brasil em relação a plataformas.
- Redundância: Radares modernos permitem sobrepor cartas náuticas digitais (sistemas Chartplotter) para validar instantaneamente a marcação visual com os dados de satélite.



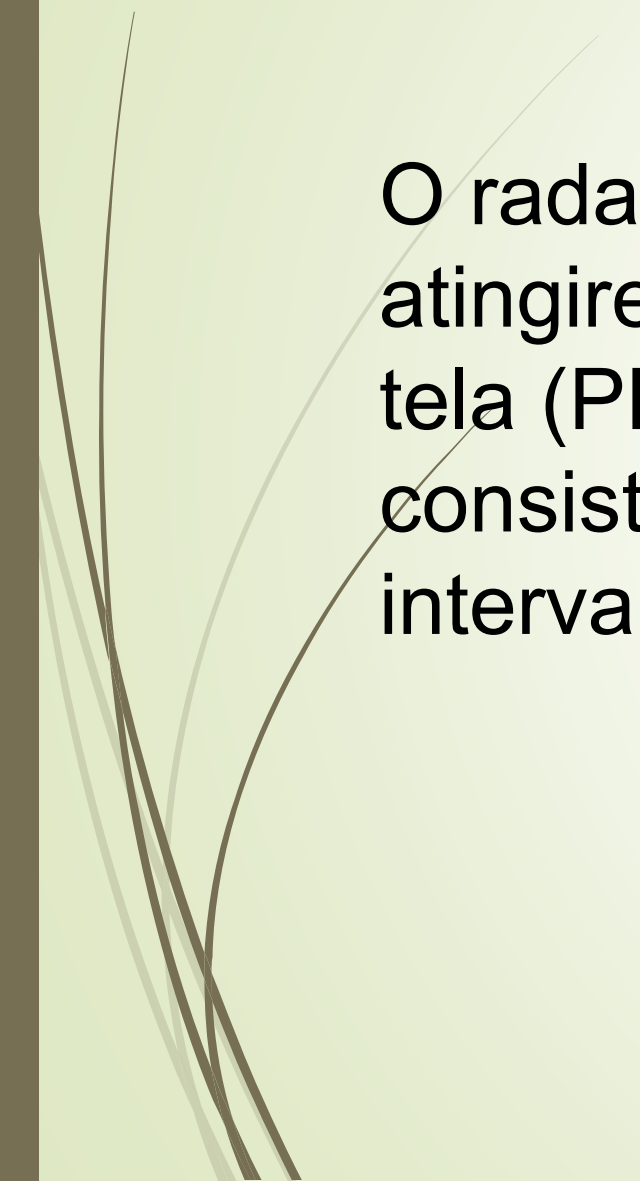
Plotagem Radar.



A plotagem radar é uma técnica essencial na navegação marítima para identificar e monitorar o movimento de outros alvos (navios, obstáculos ou tempestades) em relação à sua própria embarcação.



O radar emite ondas eletromagnéticas que, ao atingirem um objeto, retornam como ecos para a tela (PPI - Plan Position Indicator). A plotagem consiste em marcar a posição desses ecos em intervalos de tempo para determinar:



- 
- CPA (Closest Point of Approach): O ponto de maior aproximação, crucial para evitar colisões.
 - TCPA (Time to CPA): O tempo restante até que o alvo atinja essa distância mínima.
 - Rumo e Velocidade do Alvo: Calculados através do movimento relativo observado na tela.



D

P

Para facilitar a interpretação, navegadores utilizam:

- EBL (Electronic Bearing Line): Uma linha eletrônica para medir a direção (marcação) do alvo.
- VRM (Variable Range Marker): Um anel ajustável para medir a distância exata até o objeto.
- ARPA (Automatic Radar Plotting Aid): Sistemas modernos que realizam a plotagem e os cálculos de risco de colisão automaticamente.