

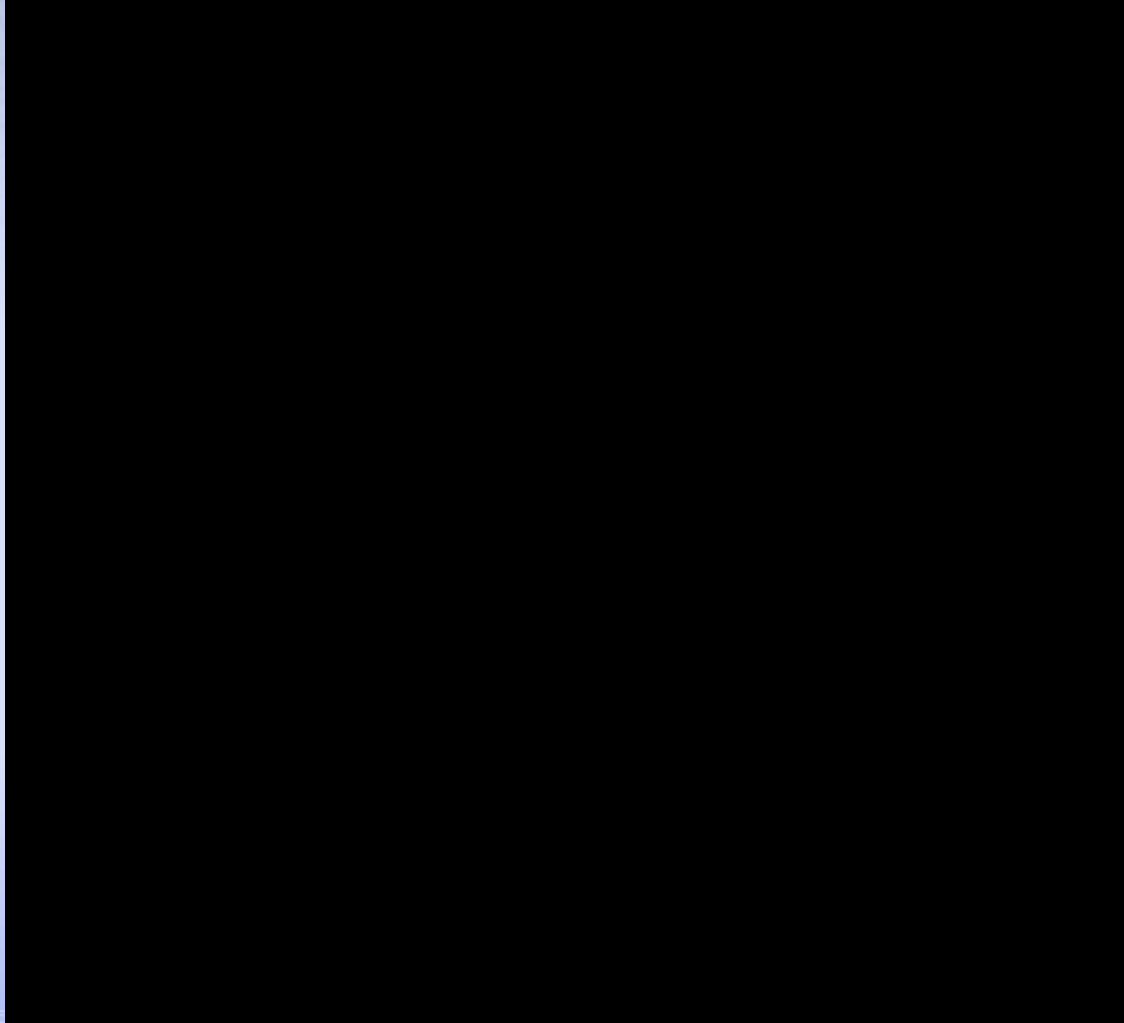
Detecção Remota

Aplicações à superfície e ao oceano: Gelo Marinho

Porquê usar a percepção remota do
gelo marinho?

A necessidade de dados do gelo marinho

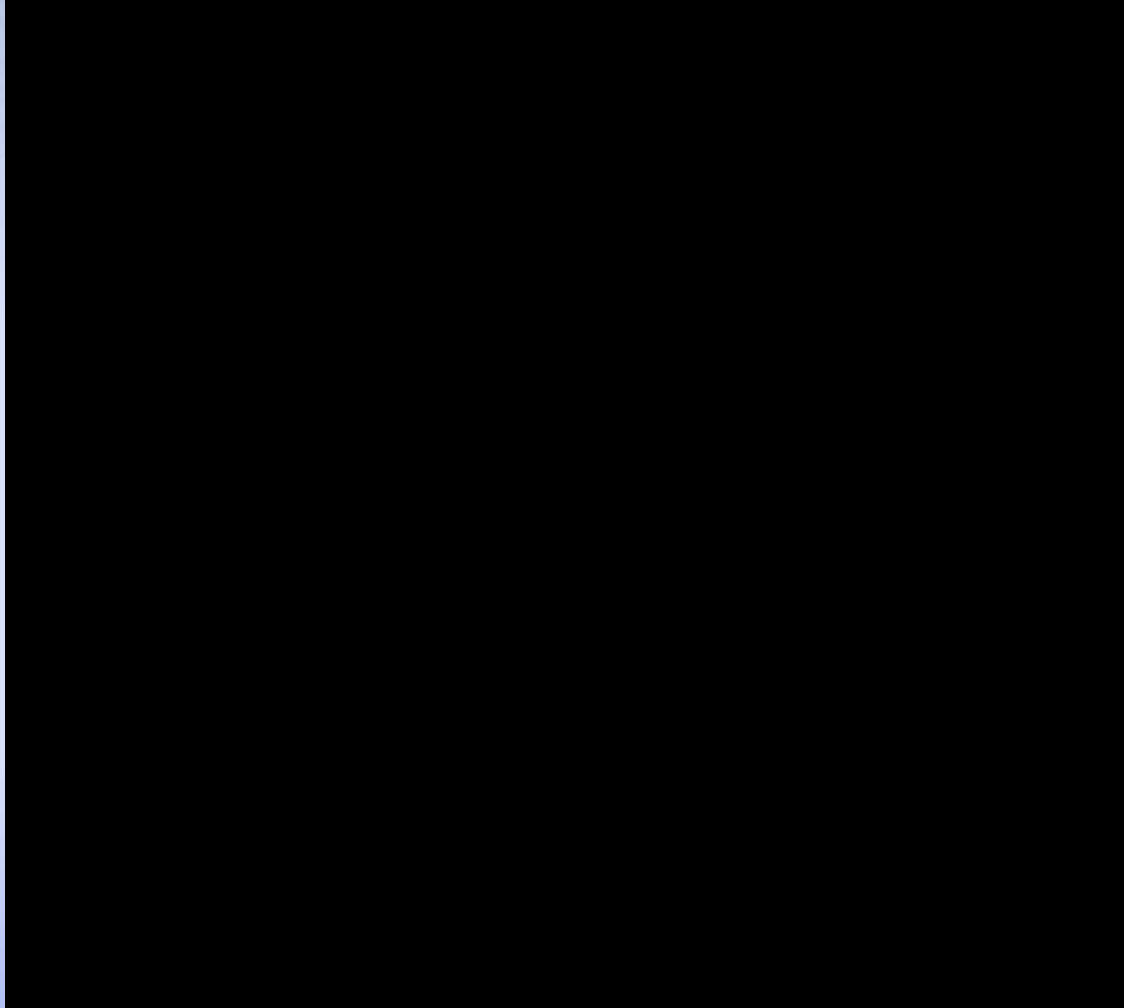
- Importantes na previsão meteorológica, na monitorização de ecossistemas, transporte e economias mundiais
- A evolução da cobertura de gelo no Ártico é um caso crítico na compreensão e previsão do sistema climático global



Vídeo 1 -Ciclo típico de avanço e recuo do gelo marinho no Inverno no Hemisfério Norte.

A necessidade de dados do gelo marinho

- Sensores de microondas em orbita polar permitem a observação da superfície do mar em todas as condições meteorológicas



Vídeo 2 -Extensão e evolução do gelo marinho a partir de instrumentos de MO do AMSR-E

Aplicações e Utilizadores

Uses for Sea Ice Data

Time Scale	Applications	Users
Days	Daily weather forecasting, shipping, transportation: <ul style="list-style-type: none">• Initialization in NWP• Forecasting<ul style="list-style-type: none">• Cyclogenesis (e.g., polar lows)• Low clouds and fog development along ice edge• Monitoring of channels and shipping lanes• Fishing	<ul style="list-style-type: none">• Meteorologists• Numerical weather prediction• Oceanographers• Transportation and commerce• Mariners• Fisheries• Scientists
Weeks	Forecasting and monitoring: <ul style="list-style-type: none">• Storm tracks, cloud and precipitation patterns• Ice formation and breakup• Potential hazards to shipping• Surface energy budget for radiation models• Surface moisture flux and transport• Global and regional climate, seasonal precipitation patterns• Formation of bottom water and deep-water currents• Impacts on fishing and marine life	<ul style="list-style-type: none">• Meteorologists• Numerical weather, climate, and hydrologic prediction• General circulation models• Oceanographers• Transportation and commerce• Mariners• Fisheries• Scientists
Years	Monitoring sea ice coverage and trends for: <ul style="list-style-type: none">• Global and regional climate simulations• Long-term climate monitoring and prediction• Deep-water currents and the thermohaline circulation• Impacts on marine ecosystems	<ul style="list-style-type: none">• Climate modeling, prediction, and research• General circulation models• Transportation and commerce• Oceanographers• Scientists

Porquê monitorizar o gelo marinho a partir de satélites de orbita polar?

- Durante o inverno polar o gelo marinho expande-se e a cobertura estratiforme das nuvens tende a ser mais extensa
- Observações do gelo marinho com satélites de MO em orbita polar são mais eficazes que satélites convencionais e

observações terrestres

Vídeo 3 – Imagem composta de IV, Pólo Sul. Observações no VIS e IV não podem penetrar a maioria das nuvens.

Porquê monitorizar o gelo marinho a partir de satélites de orbita polar?

- Durante o inverno polar o gelo marinho expande-se e a cobertura estratiforme das nuvens tende a ser mais extensa
- Observações do gelo marinho com satélites de MO em orbita polar são mais eficazes que satélites convencionais e observações terrestres

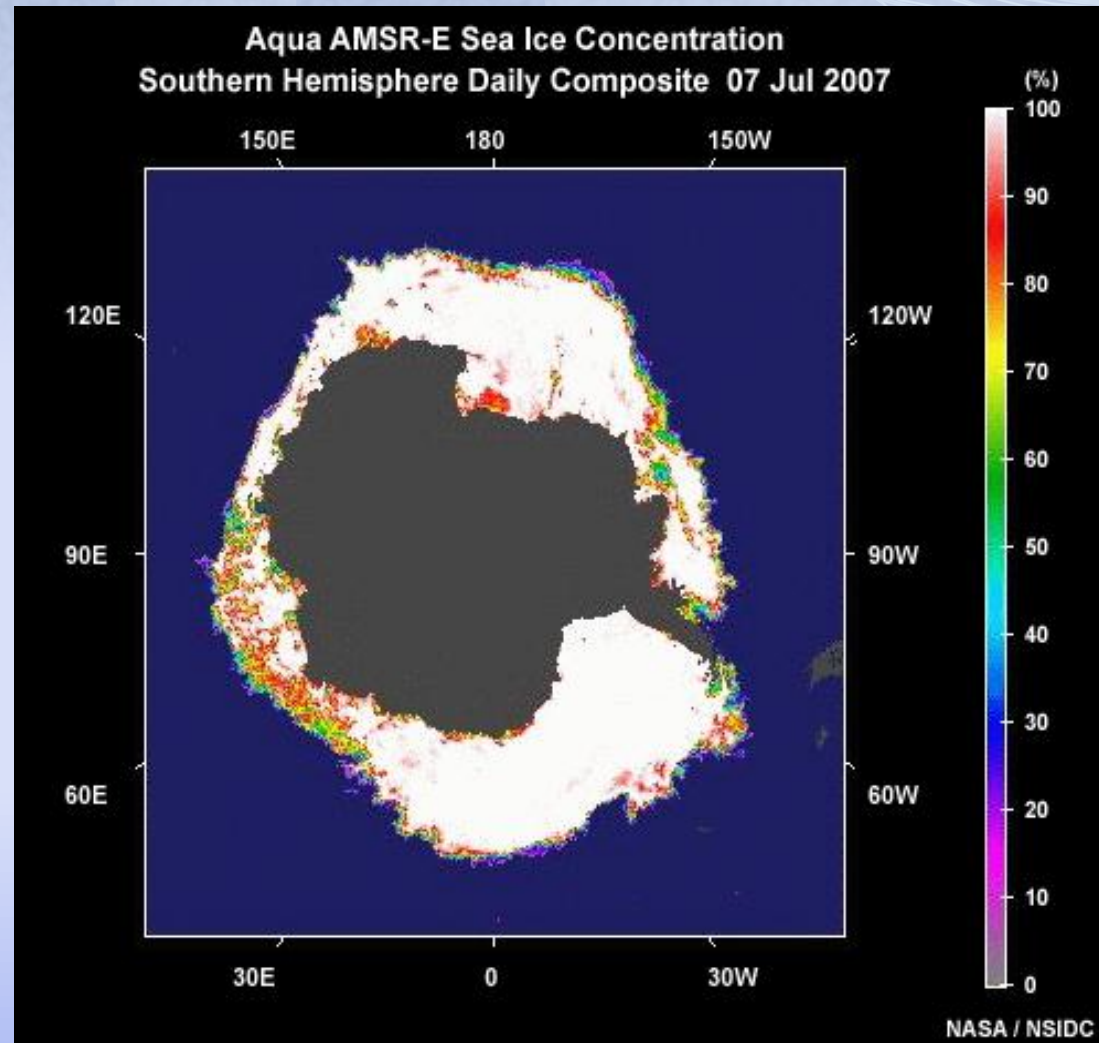
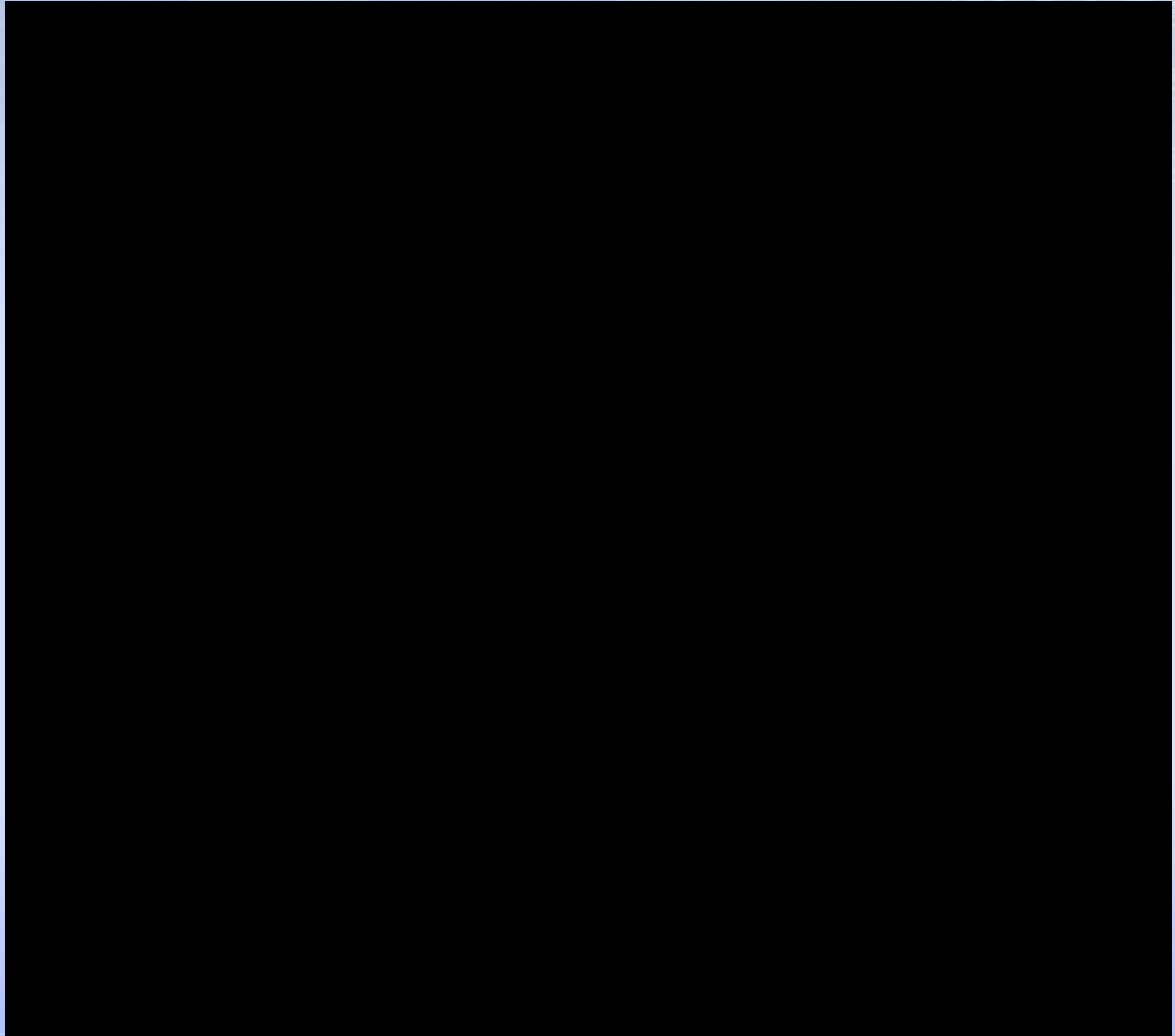


Figura 1 – Imagem composta da concentração de gelo marinho pelo AMSR-E, Pólo Sul.

Porquê monitorizar o gelo marinho a partir de satélites de orbita polar?

- ❑ Medições *in situ* do gelo marinha são escassas
- ❑ Observações por satélite fornecem maior resolução devido a repetição da cobertura em grandes áreas
- ❑ Ideal para mapeamento, monitorização e modelagem



Vídeo 4 – Cobertura de 24h com satélites de órbita polar, vista do Pólo Norte.

O gelo marinho a partir do espaço

Água vs. Cobertura de gelo

- ▣ Cobertura de gelo sobre os oceanos, lagos e rios é facilmente distinguível de água, quando detectada por instrumentos de MO em frequências inferiores a 90 GHz
- ▣ Devido a elevada constante eléctrica, as superfícies de água são pobres emissoras (boas reflectoras) da energia de microondas

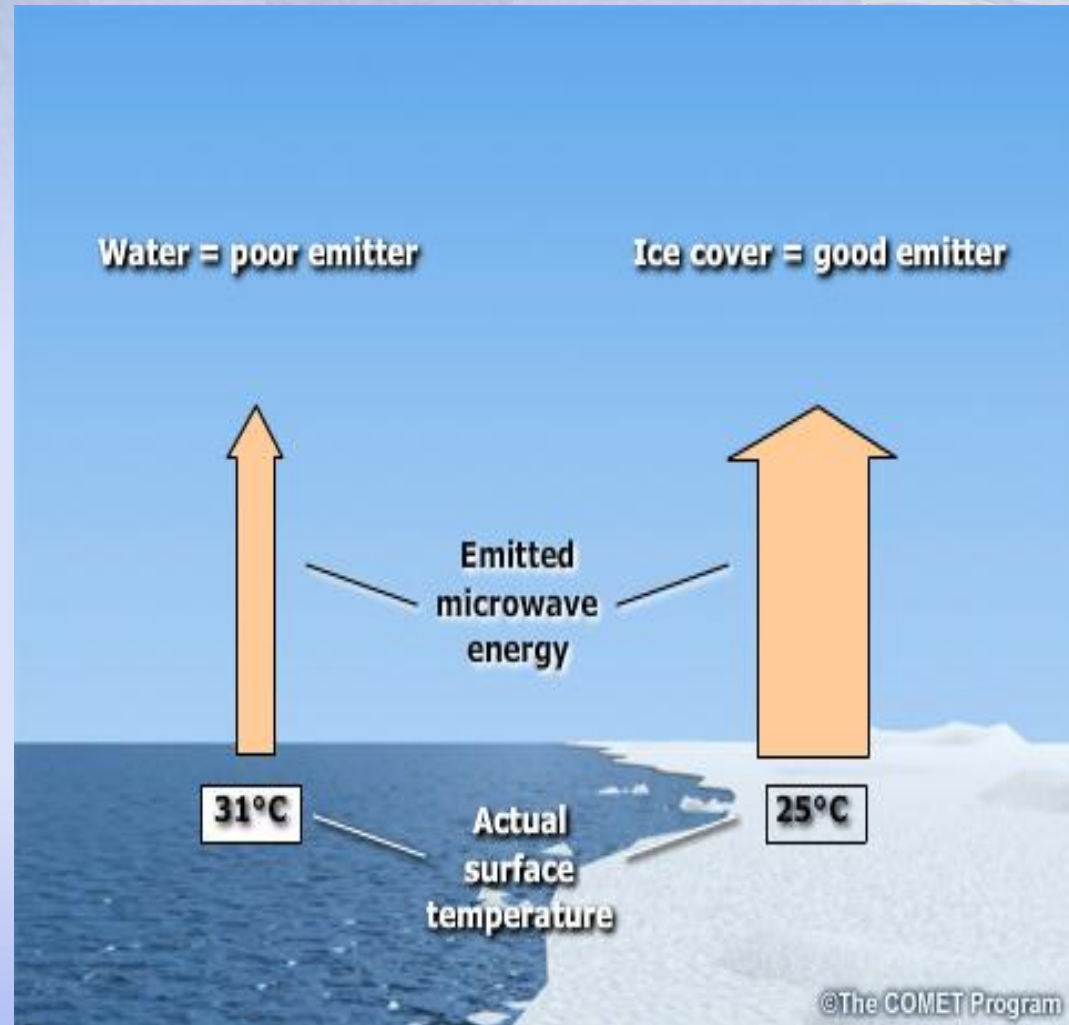


Figura 2 - Emissividade emitida entre água e gelo. Diferenças no brilho de temperatura chegam aos 40°C apesar da diferença de temperatura física ser muito pouca.

Curvas de emissividade

- À medida que o gelo envelhece, ocorrem alterações na emissividade em função da frequência

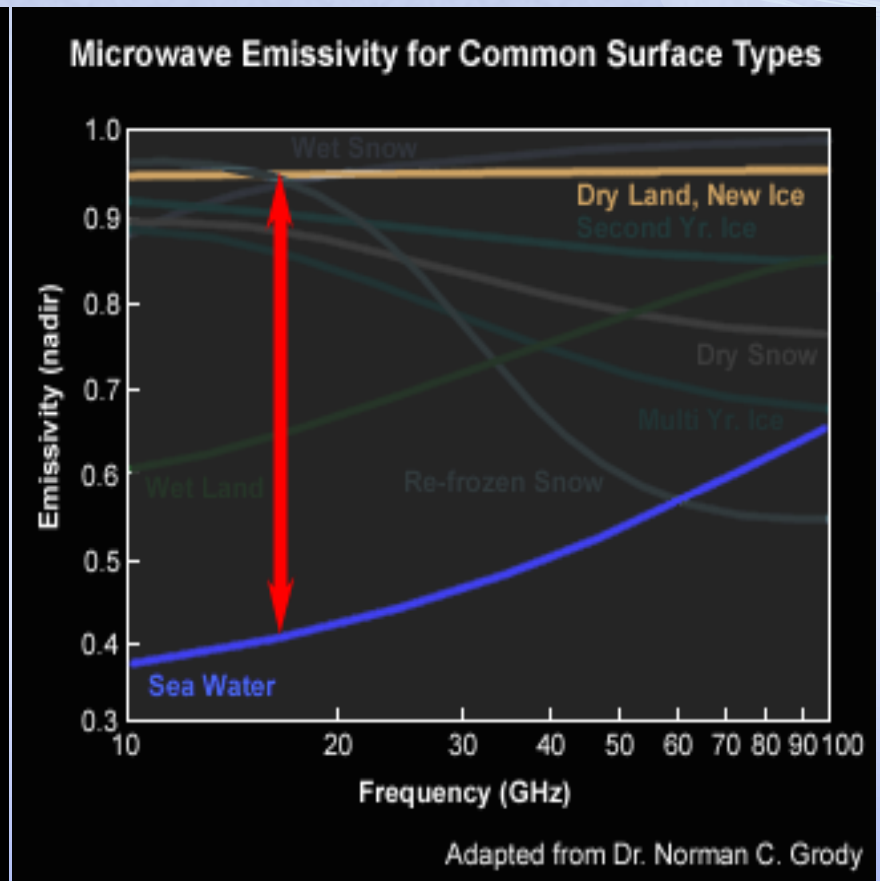
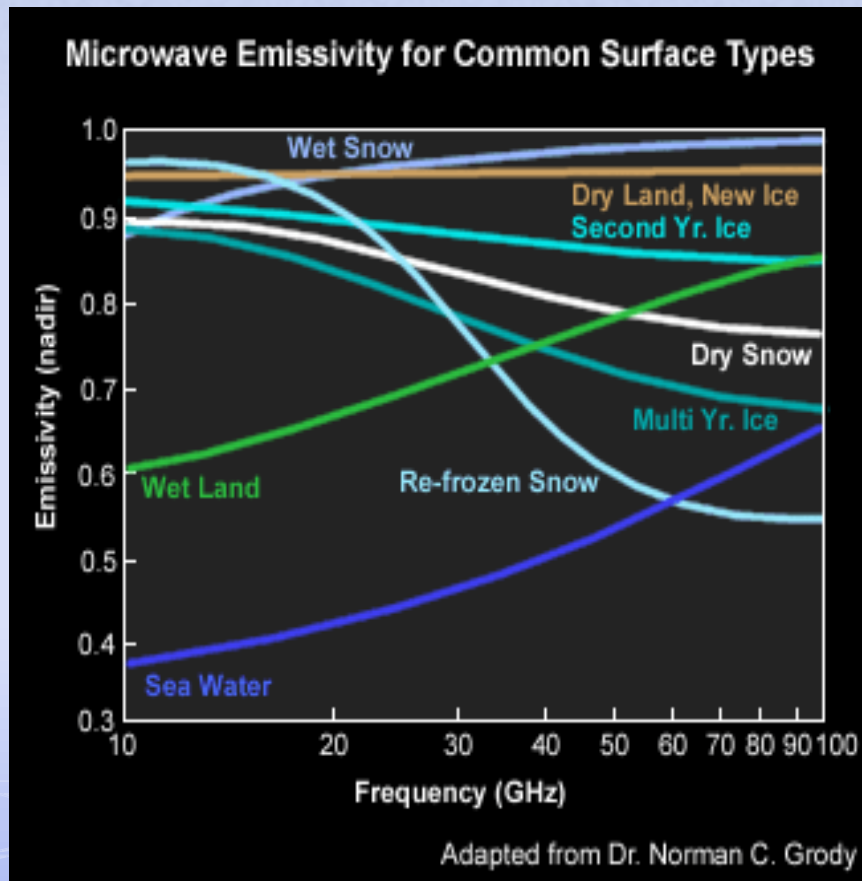


Figura 3 – Espectro de emissividade de microondas de várias estruturas na superfície terrestre e oceânica

Curvas de emissividade

- A presença de gelo marinho em frequências mais baixas quase duplica a emissividade MO em comparação com a água
- Nas eras glaciares, vê-se mais alterações na emissividade em função da frequência

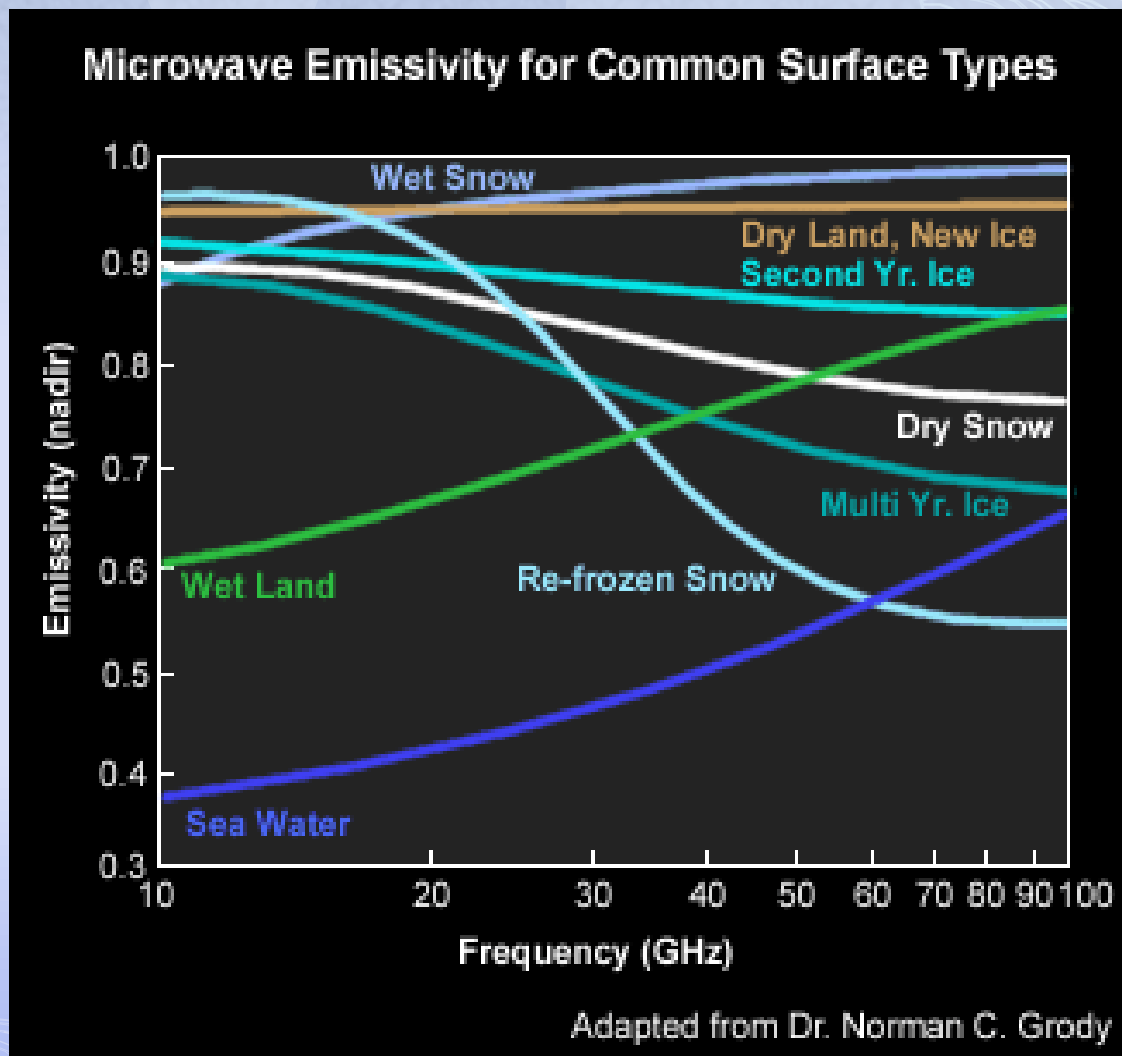


Figura 3 – Espectro de emissividade de microondas de várias estruturas na superfície terrestre e oceânica.

Impactos da emissividade no brilho da temperatura

- Fortes contrastes de temperatura associados a cobertura de gelo marinho nas regiões polares
- Coincide com o que era de esperar de acordo com a diferença entre as curvas de emissão em comparação com a água e a cobertura de gelo
- O gelo marinho reduz o grau de polarização em relação ao que é esperado para uma superfície de água

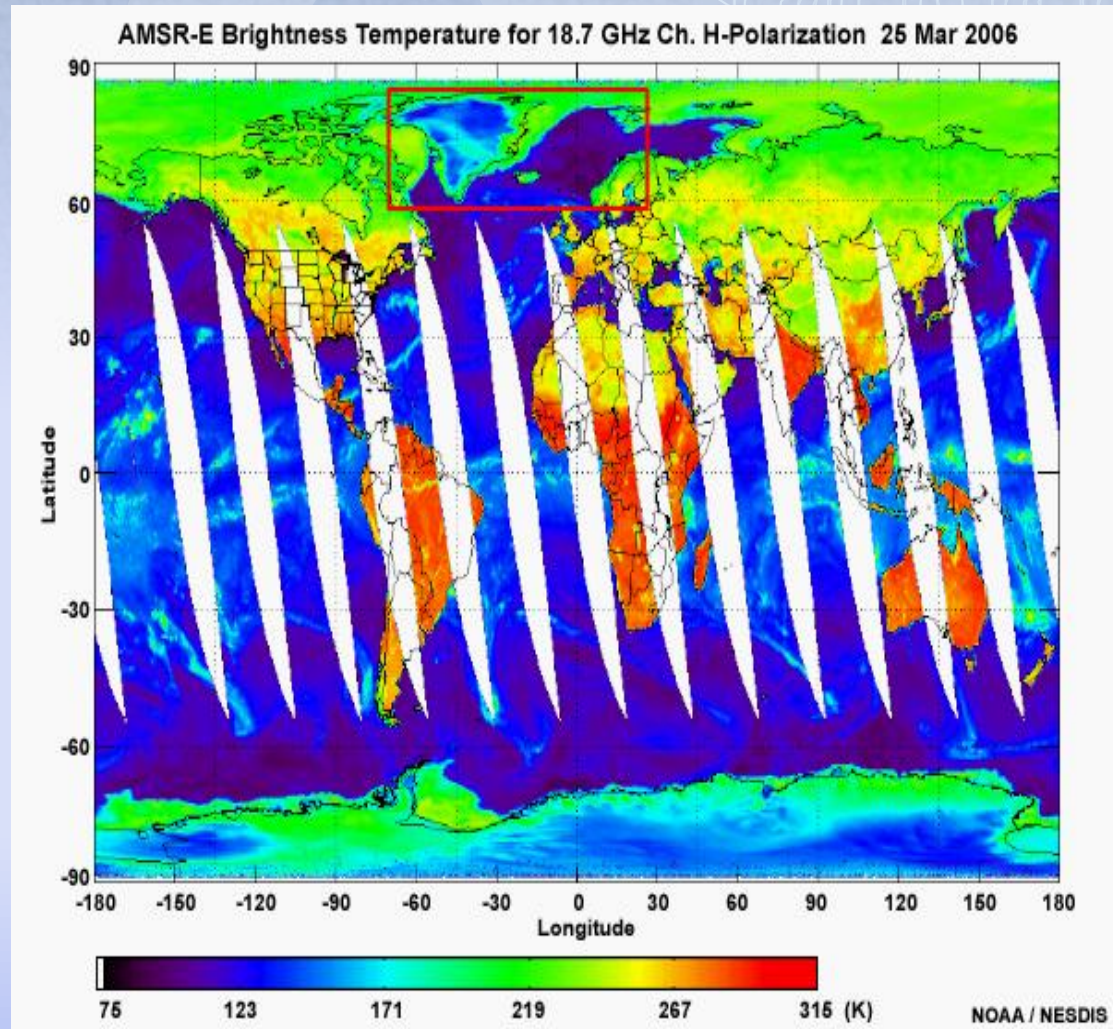
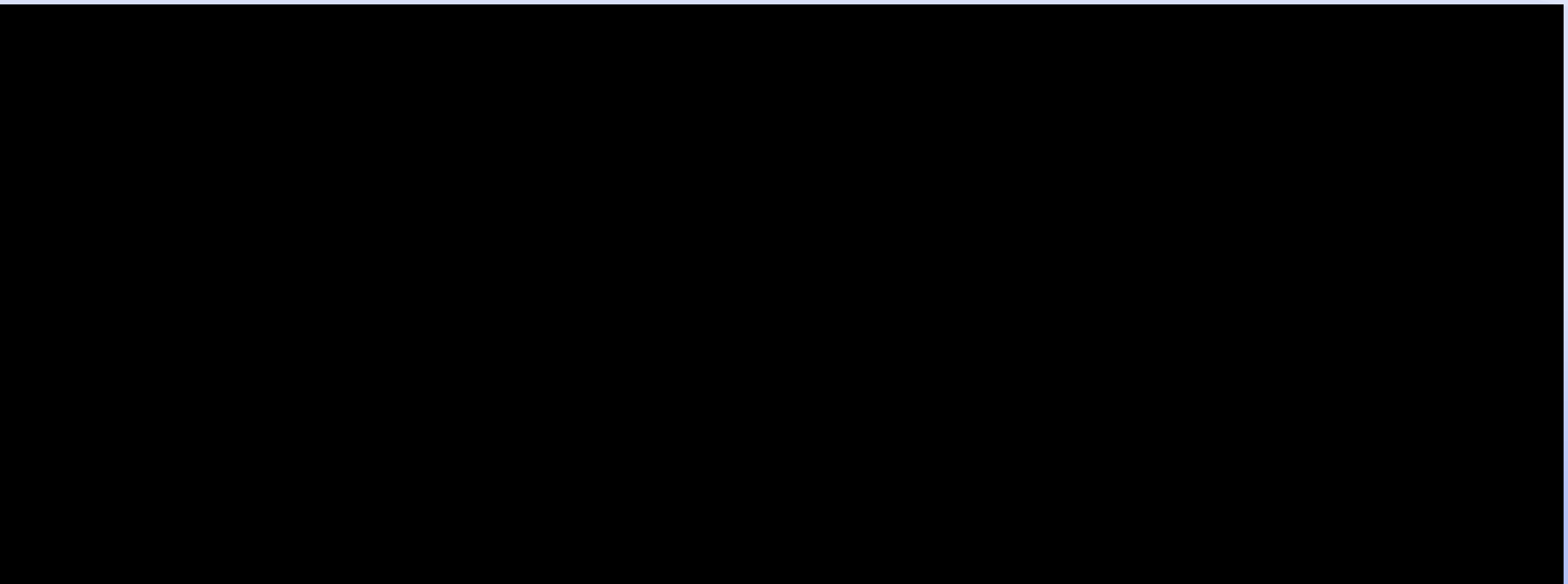


Figura 4 - Imagens compostas do brilho da temperatura de 19GHz com polarizações horizontal e vertical tiradas com o gerador de imagens de microondas AMSR-E

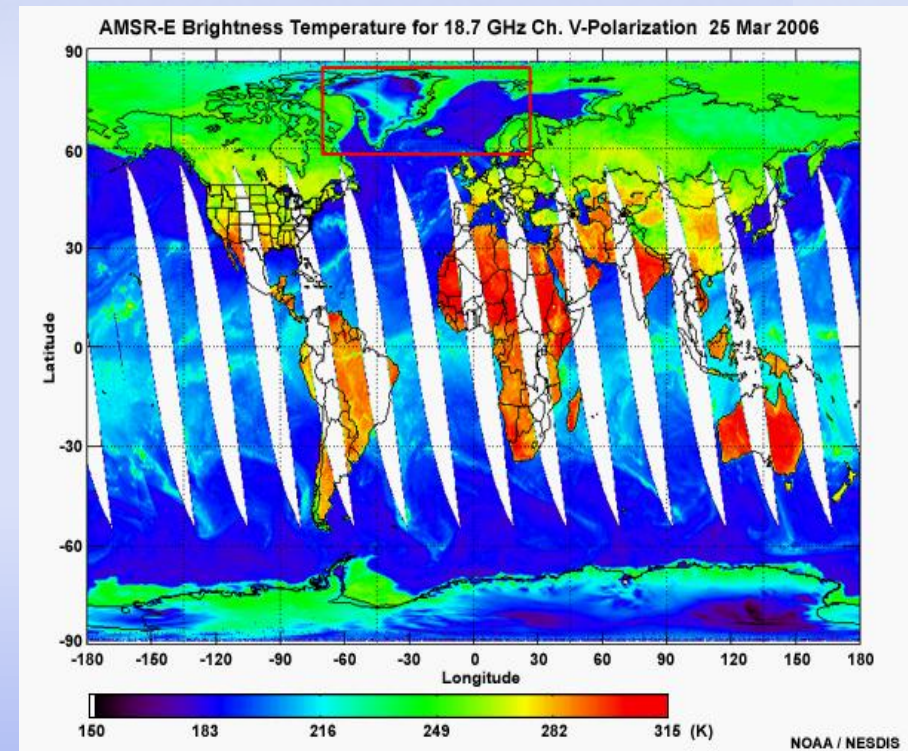
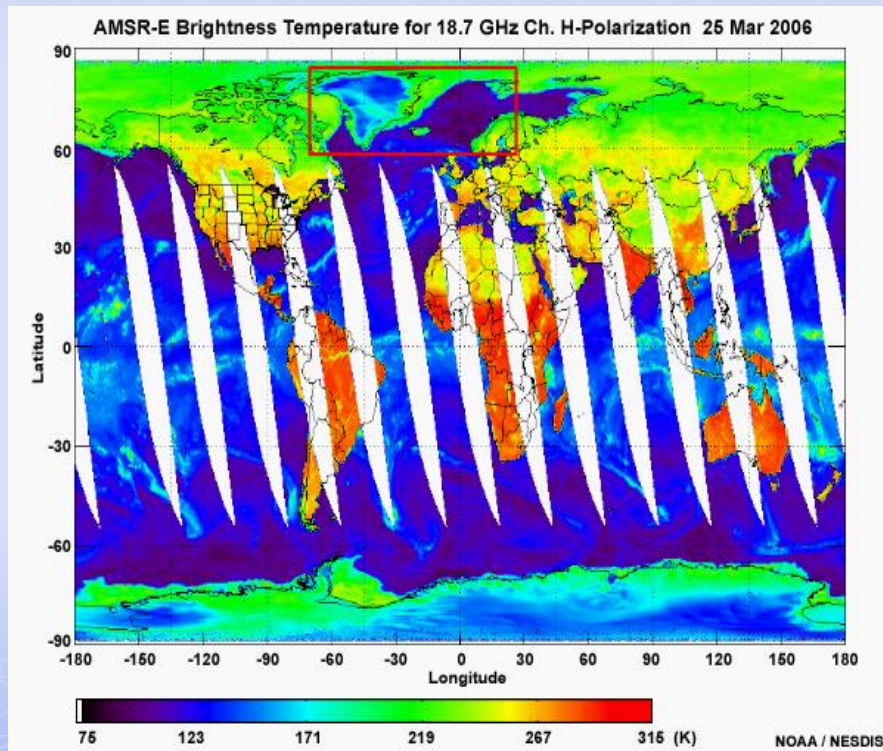
Impactos da emissividade no brilho da temperatura

- ▣ A polarização refere-se à orientação de uma onda electromagnética num plano perpendicular à sua direcção
- ▣ Polarizações vertical e horizontal são as orientações de ondas EM mais observadas na caracterização da superfície e propriedades atmosféricas



Impactos da emissividade no brilho da temperatura

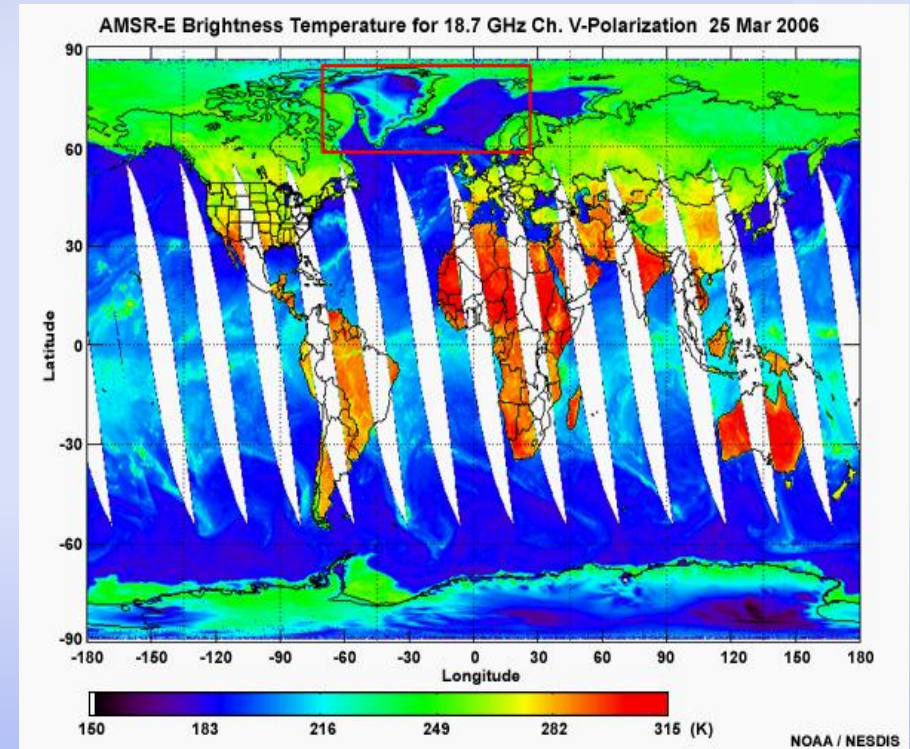
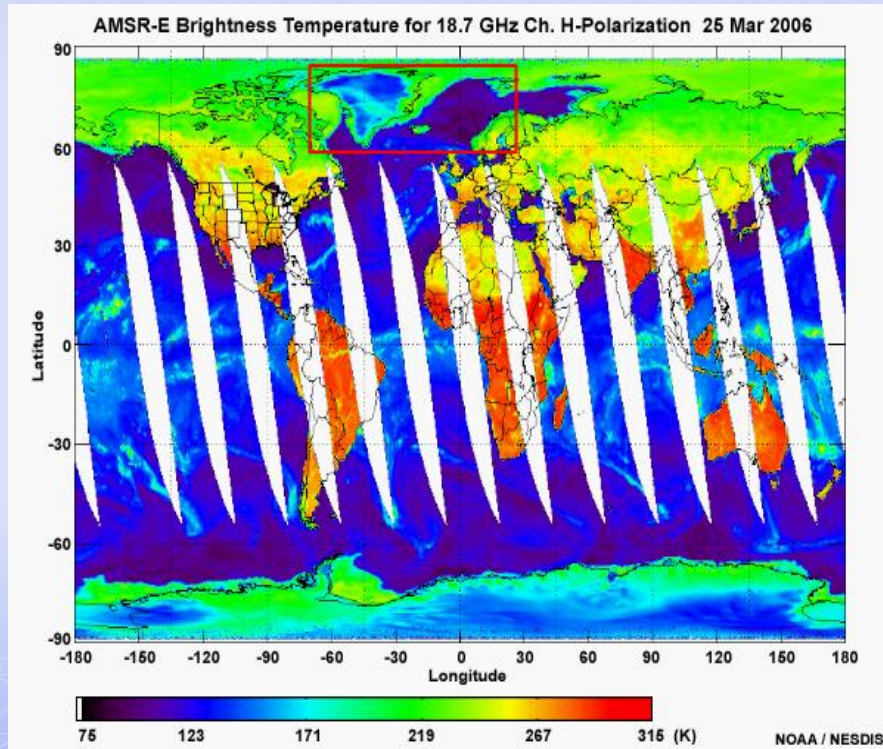
- Instrumentos de microondas podem observar diferenças de polarização e fornecer informações adicionais para a caracterização do tipo de gelo, idade e altura da neve



Figuras 4 e 5 - Diferenças no brilho das temperaturas entre os canais de polarização horizontal e vertical são significativos em mar aberto.

Impactos da emissividade no brilho da temperatura

- Apesar das diferenças de polarização sobre o gelo do mar parecerem relativamente pequenas, alterações no seu interior afectam propriedades como a emissividade e polarização



Figuras 4 e 5 - Diferenças no brilho das temperaturas entre os canais de polarização horizontal e vertical são significativos em mar aberto.

Impacto das alterações do gelo marinho com o tempo

- ❑ Mudanças estruturais
- ❑ Observado indirectamente com observações por MO passivo
- ❑ Utilizado para calcular a idade aproximada

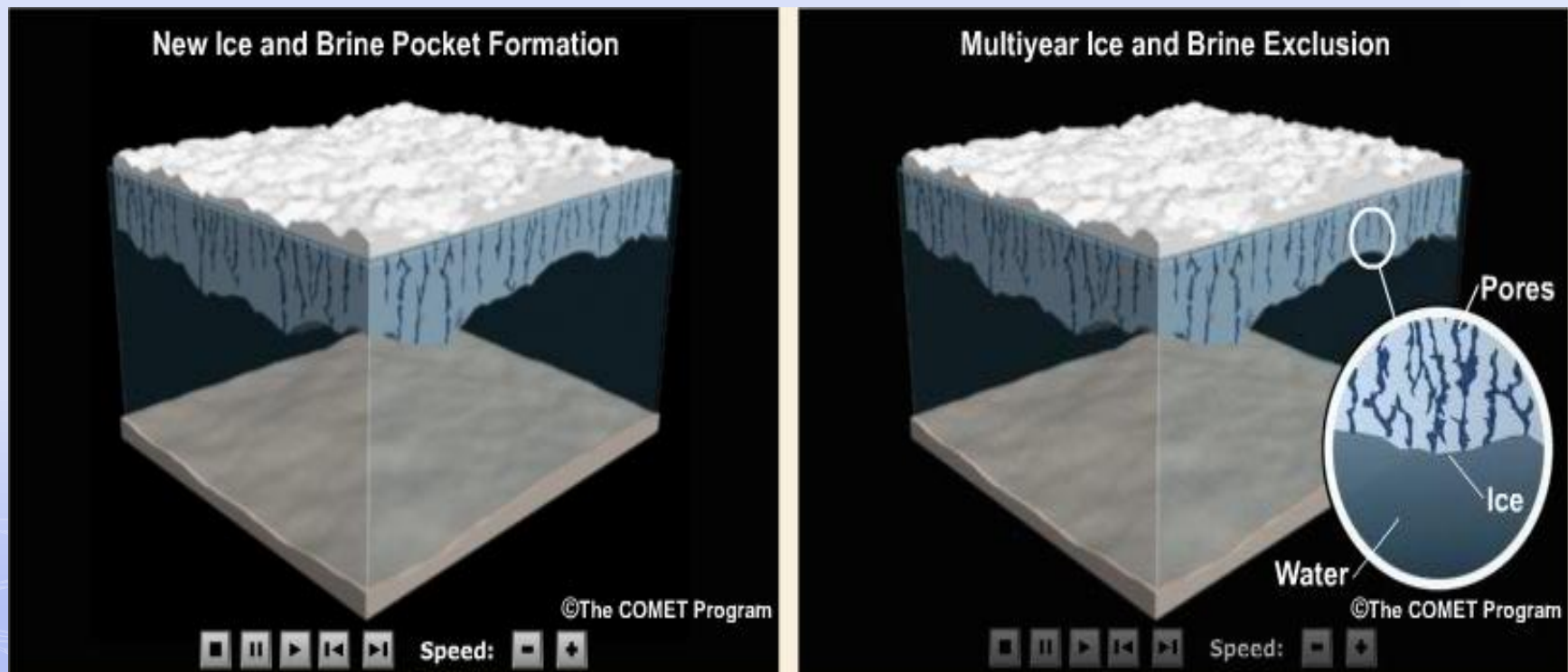
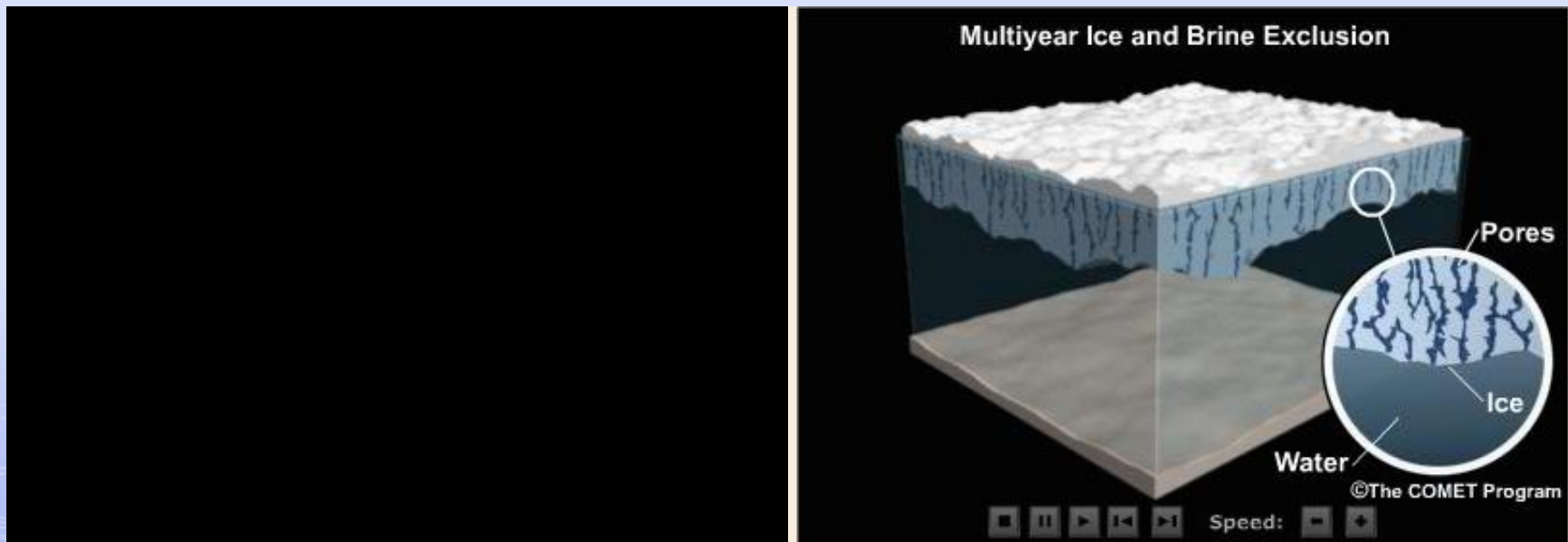


Figura 6 – Alterações do gelo marinho com o tempo, passagem de gelo recente para gelo de vários anos.

Impacto das alterações do gelo marinho com o tempo

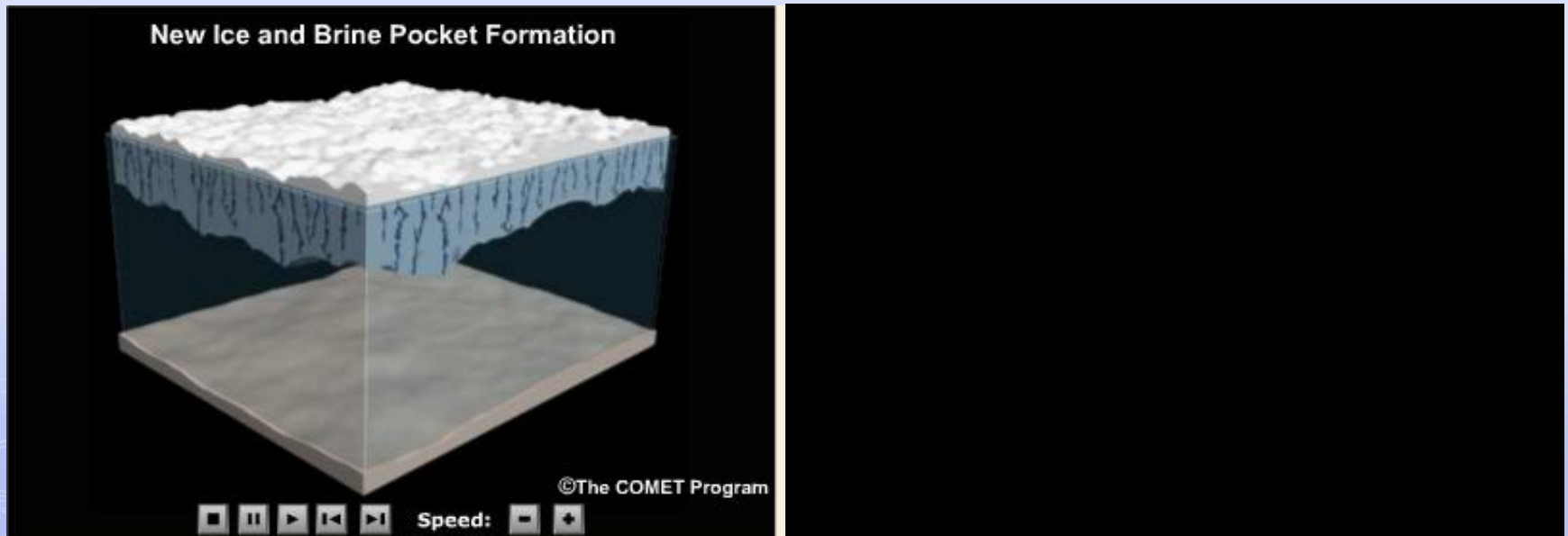
- ❑ Animação da esquerda: como a água congela, a salmoura é excluída e concentra-se em cavidades e orifícios
- ❑ Fica apenas gelo composto principalmente de água doce
- ❑ A emissividade de MO da camada de gelo novo é relativamente alta (baixo “scattering” e reflexão da radiação no topo da camada)



Vídeo 6 – Gelo recente e Gelo de vários anos: evolução de gelo novo e cavidades de salmoura.

Impacto das alterações do gelo marinho com o tempo

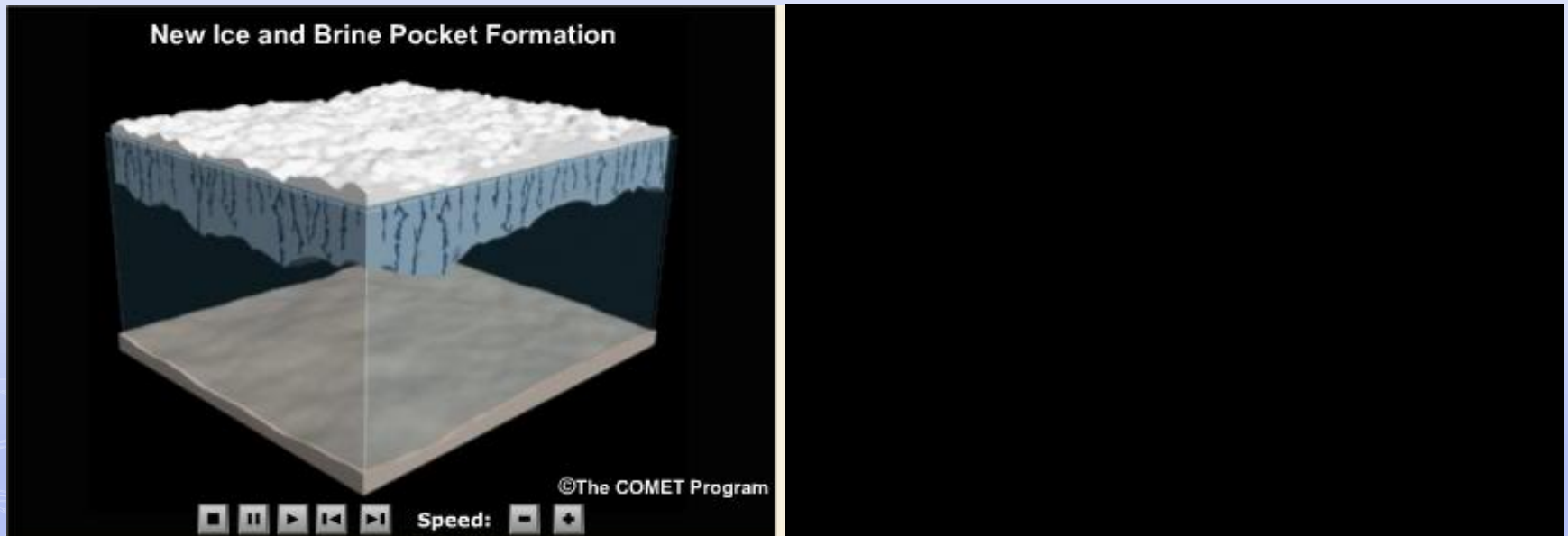
- ❑ Animação da direita: eliminação gradual da salmoura, à medida que gelo recente transita para gelo de vários anos
- ❑ Salmoura:
 - densa e ponto de fusão mais baixo
 - caminha, gradualmente, para o fundo das camadas de gelo
 - vai deixando orifícios vazios



Vídeo 6 – Gelo recente e Gelo de vários anos: gelo de vários anos e exclusão da salmoura.

Impacto das alterações do gelo marinho com o tempo

- ❑ Animação da direita: eliminação gradual da salmoura, à medida que gelo recente transita para gelo de vários anos
- ❑ Aumenta a quantidade de radiação MO que se dispersa com a travessia das camadas de gelo, diminuindo a emissividade das camadas



Vídeo 6 – Gelo recente e Gelo de vários anos: gelo de vários anos e exclusão da salmoura.

Impacto das alterações do gelo marinho com o tempo

- Para um instrumento de MO passivo, a camada de gelo mais antigo parece mais fria que gelo mais novo

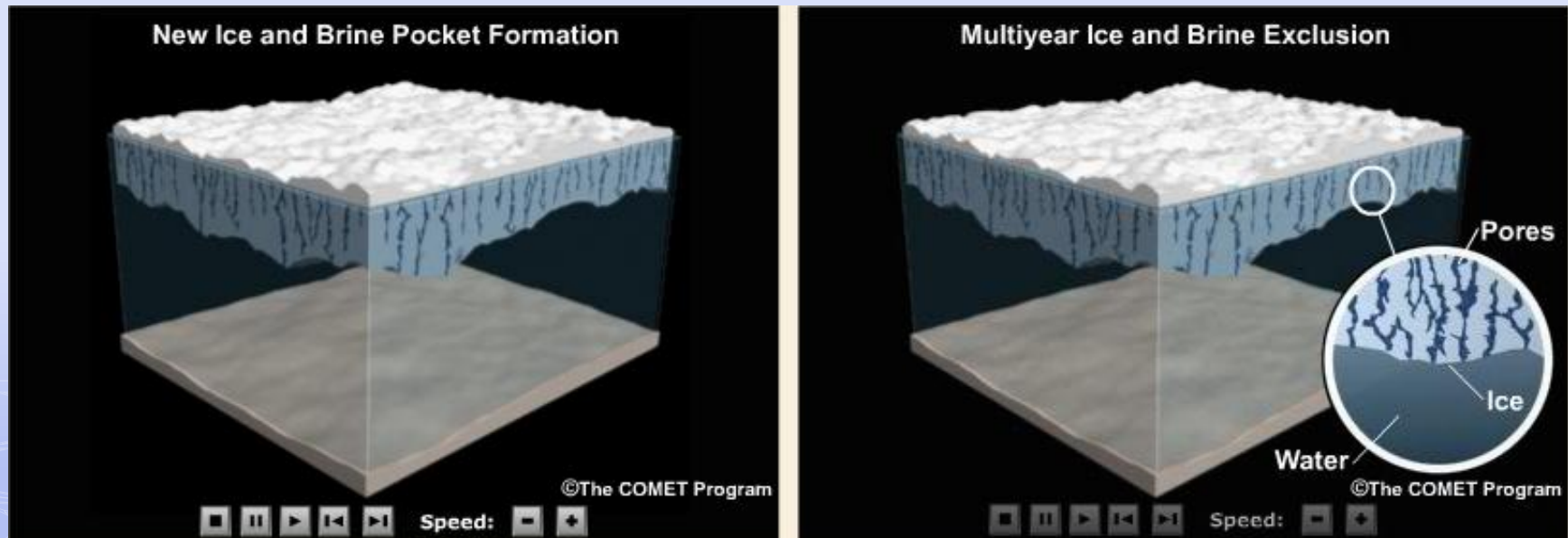


Figura 6 – Alterações do gelo marinho com o tempo, passagem de gelo recente para gelo de vários anos.

Gelo marinho de um ano vs. vários anos

- As curvas mostram como o brilho da temperatura de MO varia com a frequência (ou comprimento de onda) para uma superfície de mar aberto versus cobertura de gelo de primeiro ano e de vários anos com polarizações vertical e horizontal
- Constitui a base pra extração dos dados da cobertura e idade do gelo por meio de algoritmos operativos

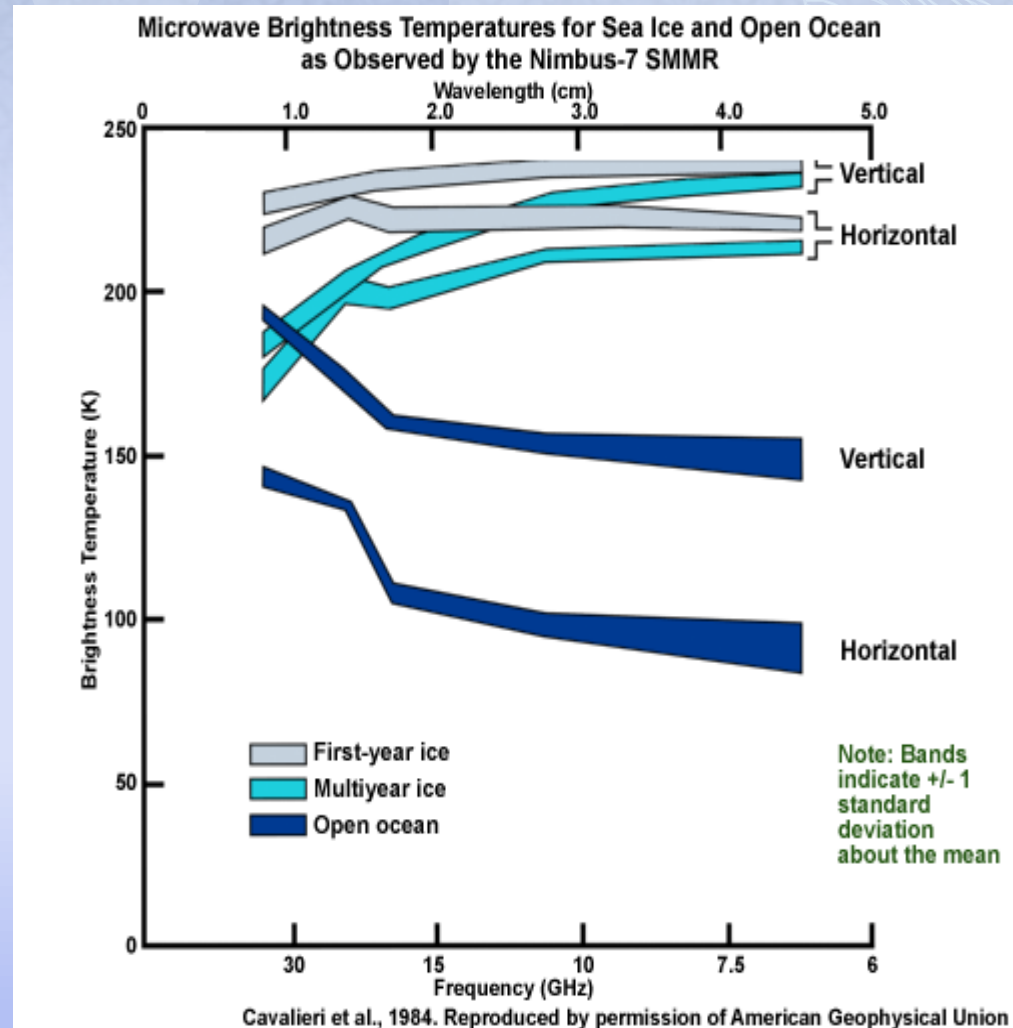


Figura 7 - impacto do envelhecimento do gelo marinho observado em termos do brilho da temperatura por MO.

Gelo marinho de um ano vs. vários anos

- O grau de polarização é sempre maior para água e depois para gelo de um ano e de vários anos
- As tendências do brilho da temperatura, de maiores frequências para as mais baixas, são opostas quando se compara a água e a cobertura de gelo

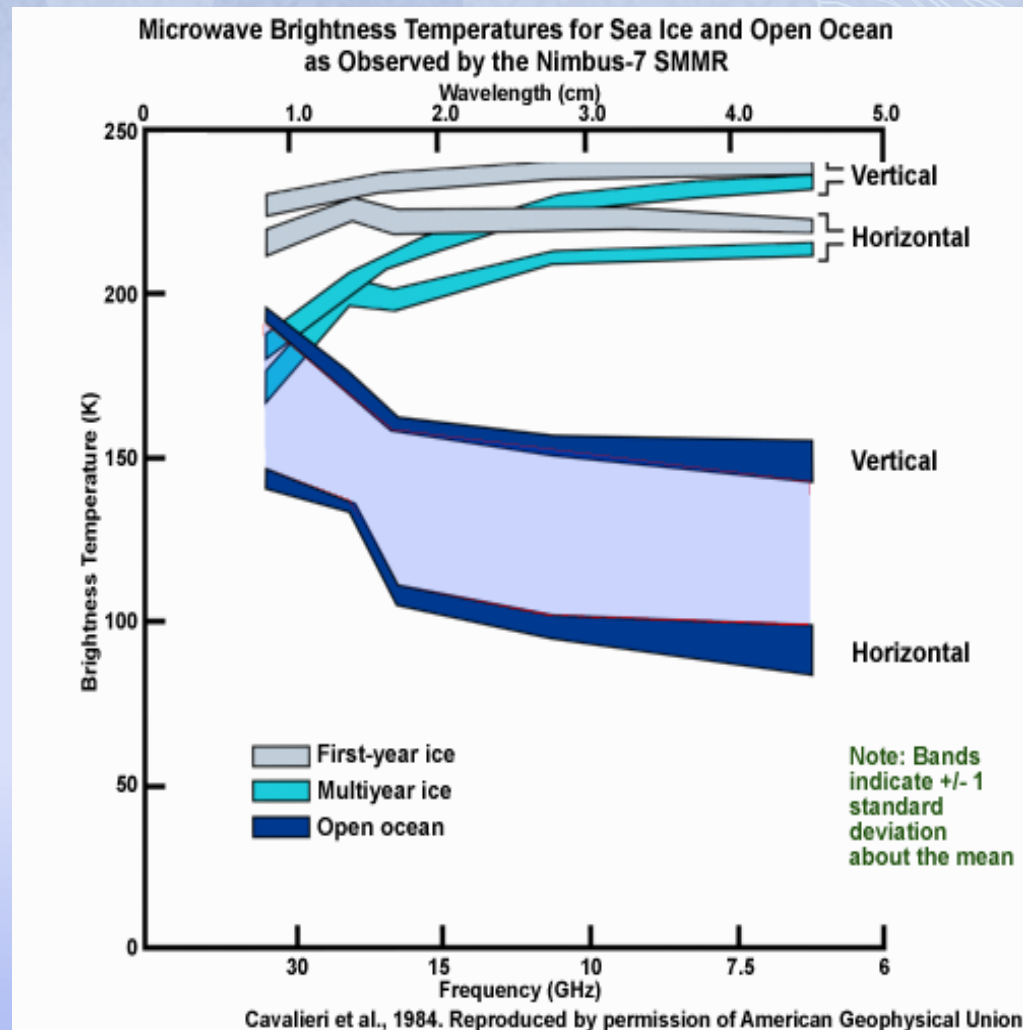


Figura 7 - impacto do envelhecimento do gelo marinho observado em termos do brilho da temperatura por MO.

Gelo marinho de um ano vs. vários anos

- Estes recursos permitem os instrumentos MO distinguirem entre água e cobertura de gelo
- As curvas cinzentas da parte superior correspondem a gelo de um ano
- As curvas a azul ciano são de gelo de vários anos
- A inclinação é maior para gelo de vários anos do que para gelo novo

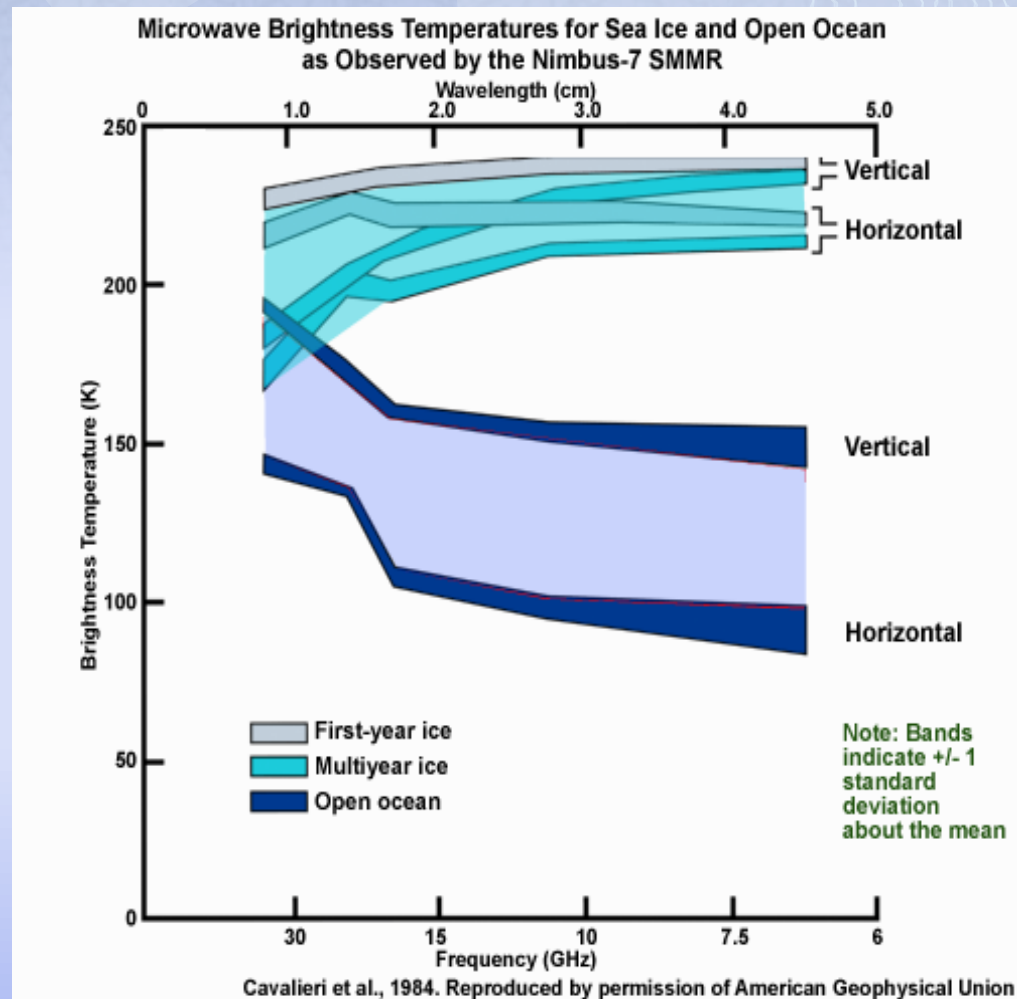
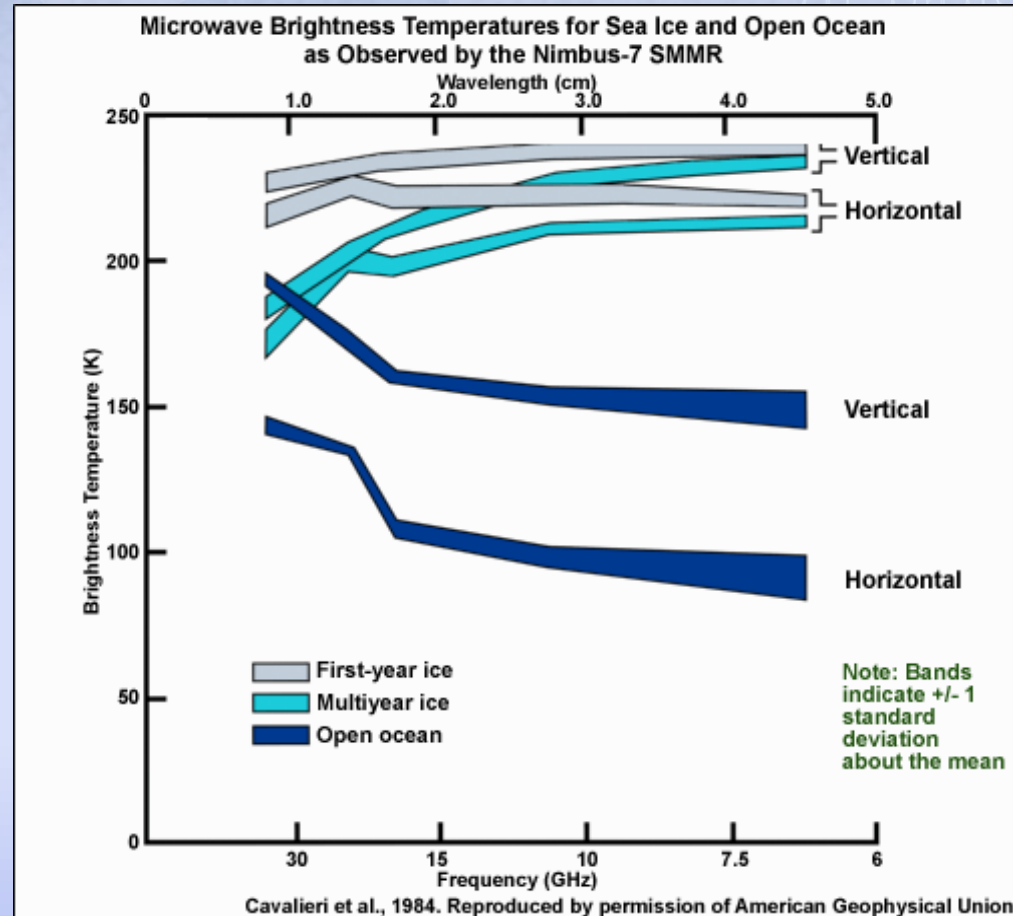


Figura 7 - impacto do envelhecimento do gelo marinho observado em termos do brilho da temperatura por MO.

Gelo marinho de um ano vs. vários anos

- Pode-se comparar o grau de polarização entre gelo recente e de vários anos usando uma relação de polarização que ajuda a categorizar os tipos de gelo
- A relação de polarização é usada para normalizar as diferenças de polarização numa determinada frequência
- A relação de polarização de gelo de um ano é relativamente pequena; aumenta com o envelhecimento da camada de gelo



$$\text{Polarization Ratio} = \frac{T_b(19V) - T_b(19H)}{T_b(19V) + T_b(19H)}$$

Figura 7 - impacto do envelhecimento do gelo marinho observado em termos do brilho da temperatura por MO.

Da observação aos produtos

Seleccção de canais

- Esquemas de extracção de dados para a cobertura de gelo usam canais de MO entre 7 e 100 GHz (comprimentos de onda 4,3-0,3 cm)
- As frequências entre 10 e 37 GHz fornecem melhores informações sobre a cobertura de gelo
- Frequências mais elevadas (acima de 50 GHz) utilizam-se para identificar e, em certos casos, corrigir áreas que possam ter sido contaminadas com precipitação

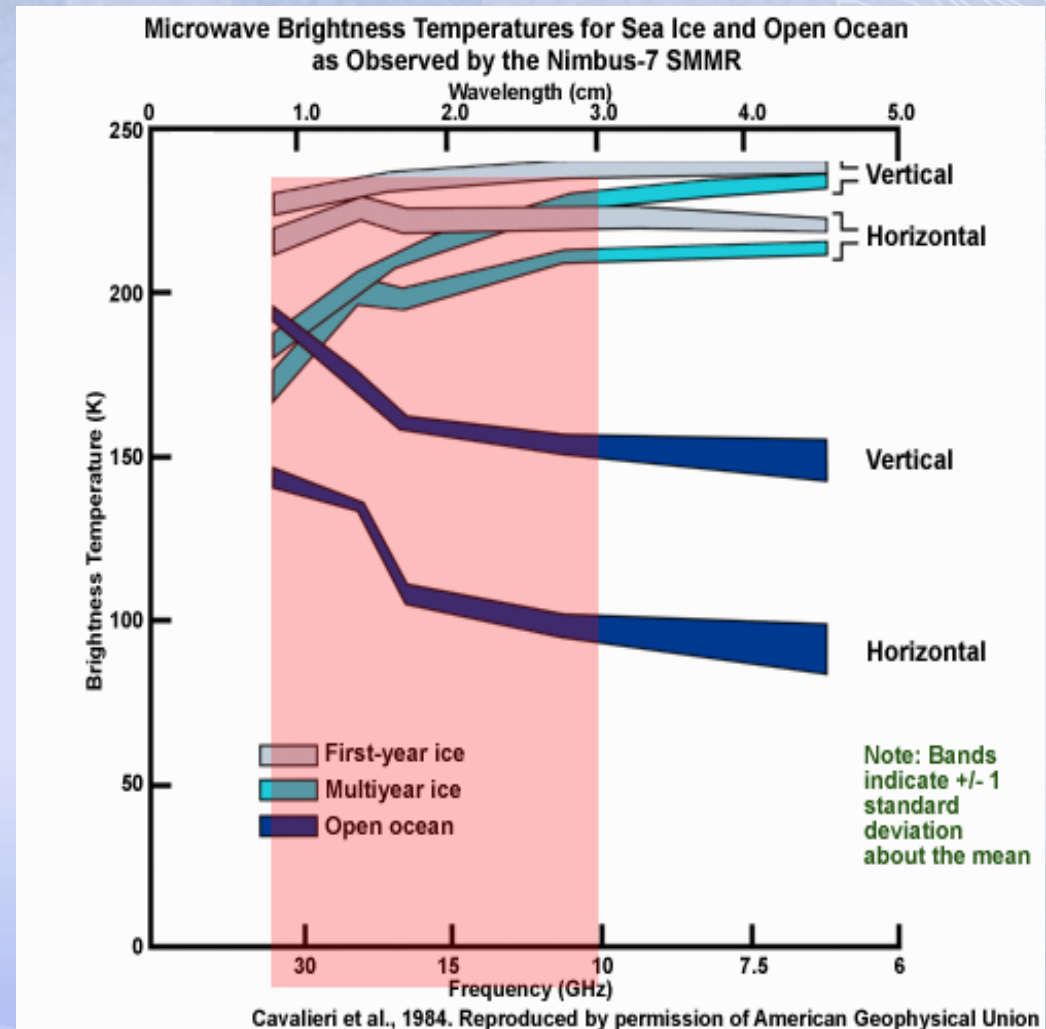


Figura 7 - impacto do envelhecimento do gelo marinho observado em termos do brilho da temperatura por MO.

Seleccção de canais

- Instrumentos de MO com canais entre 85-89 GHz ajudam na correcção de dados da concentração de gelo, onde as condições da superfície da camada de gelo tendem para canais de frequência mais baixa
- Aumento da diferença de polarização aumenta a relação de polarização, sobrestimando a concentração de gelo se não for corrigido

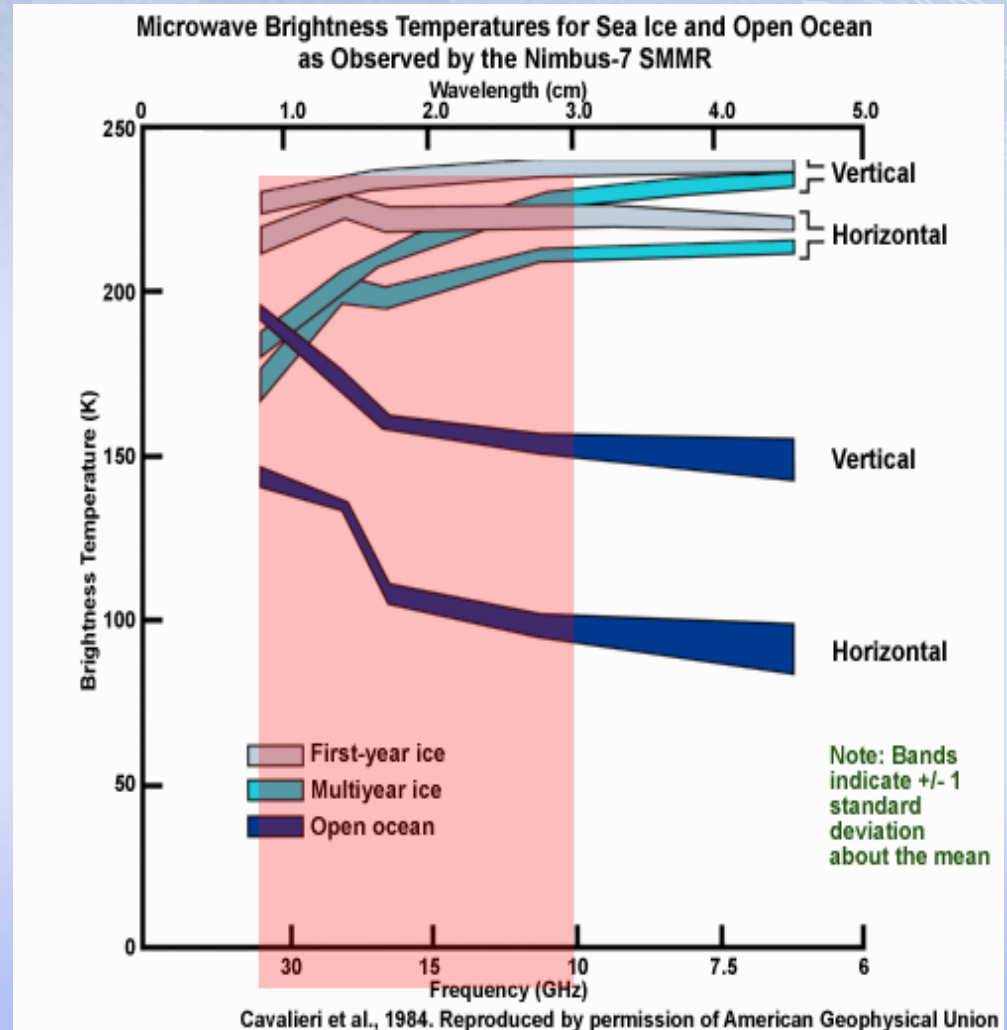


Figura 7 - impacto do envelhecimento do gelo marinho observado em termos do brilho da temperatura por MO.

Seleção de canais por instrumentos de microondas passivos

Passive Microwave Channels for Sea Ice Retrieval

Passive Microwave Instrument	Frequencies	Ice Cover Retrieval Scheme
AMSR-E	19, 37 V&H, 89 V&H	<ul style="list-style-type: none">• 19 & 37 GHz for ice coverage• 19, 37, 89 GHz to correct for atmospheric effects, thin ice, surface glazing (common in Antarctic)• 6 GHz for estimating ice temperature
SSMI & SSMIS	19, 37 V&H, 85 V&H	<ul style="list-style-type: none">• Same as for AMSR-E (minus a 6 GHz channel)
AMSU	23.8, 31.4, 50.3	<ul style="list-style-type: none">• Emissivity retrieved at 23.8 GHz• Determination of ice vs. open water is made based on retrieved emissivity• Sea ice concentration computed from retrieved emissivity
Future NPOESS	10 to 89 GHz with V&H polarizations	<ul style="list-style-type: none">• Approach similar to AMSR-E method

Exemplos

SSM/I e SSMIS

- ❑ SSM / I e SSMIS têm contribuído para a monitorização da cobertura global de gelo marinho através de observações por MO passivo
- ❑ Observações de scanners cónicos de MO são combinados e processados para produzir uma variedade de produtos e visualizações
- ❑ Durante o período de 26 anos a cobertura de gelo no Inverno diminui 6%

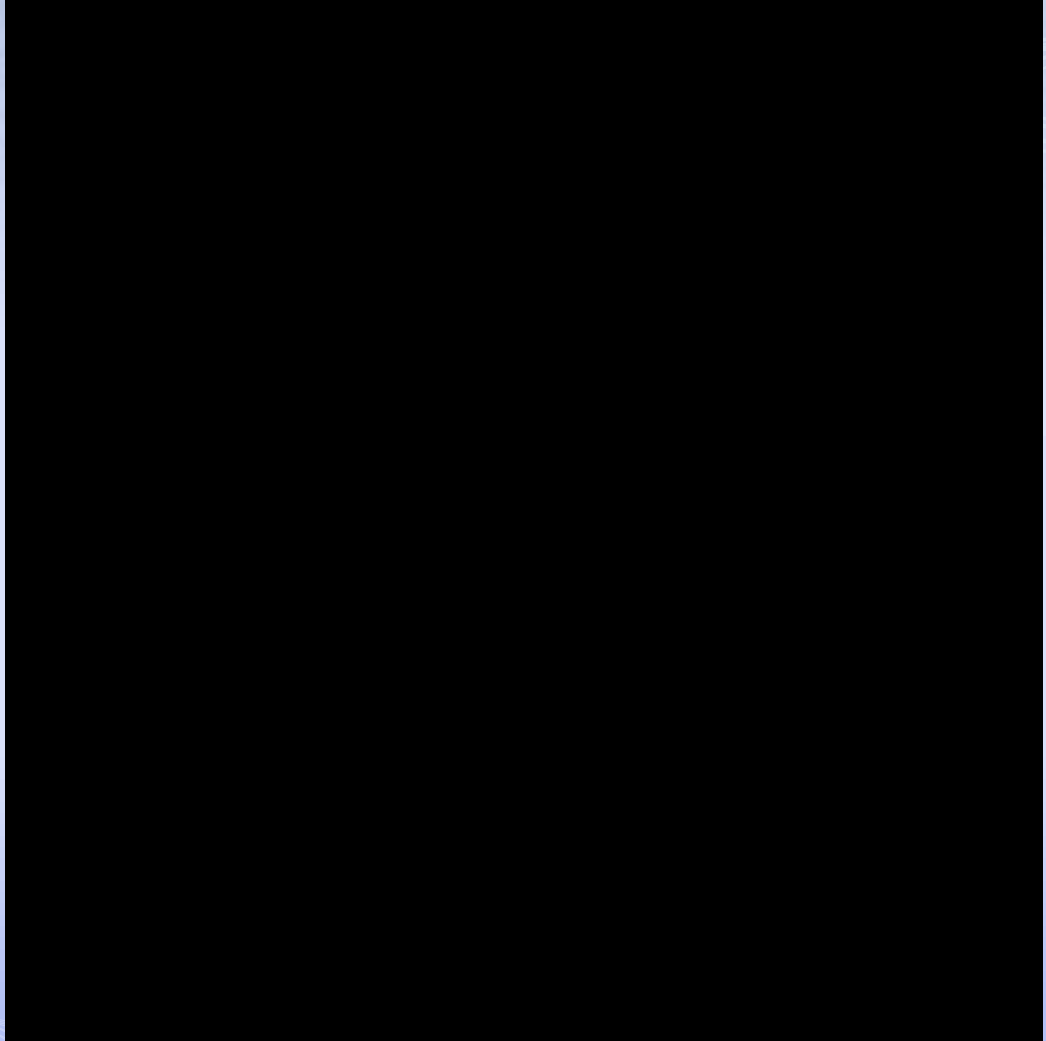


Figura 8 - A animação destaca a cobertura máxima anual de gelo marinho sobre o Pólo Norte 1979-2005

SSM/I e SSMIS

- A utilização de observações convencionais no VIS e IV vê-se limitada pela frequente existência de nuvens e condições de pouca luminosidade no inverno

SSM/I Sea Ice Concentration 09 UTC 08 Feb 2008

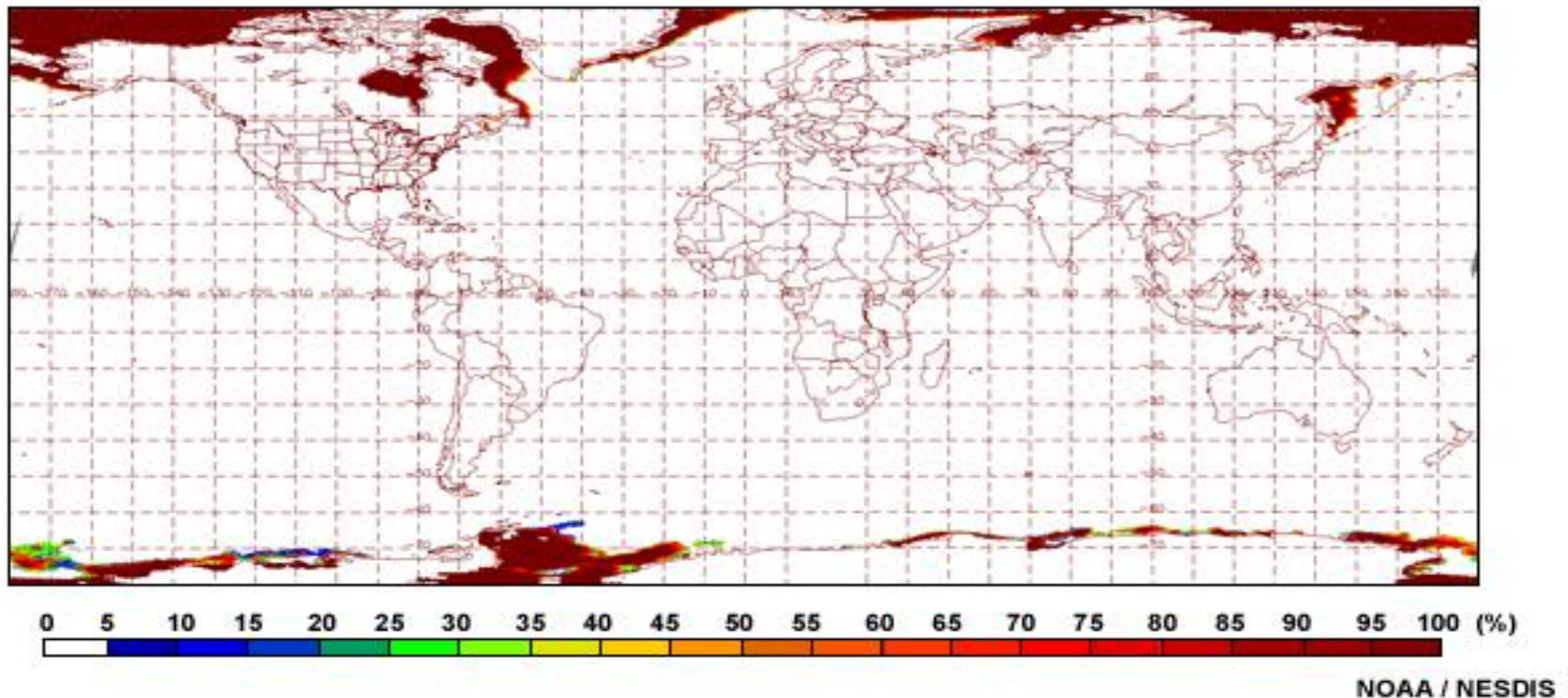
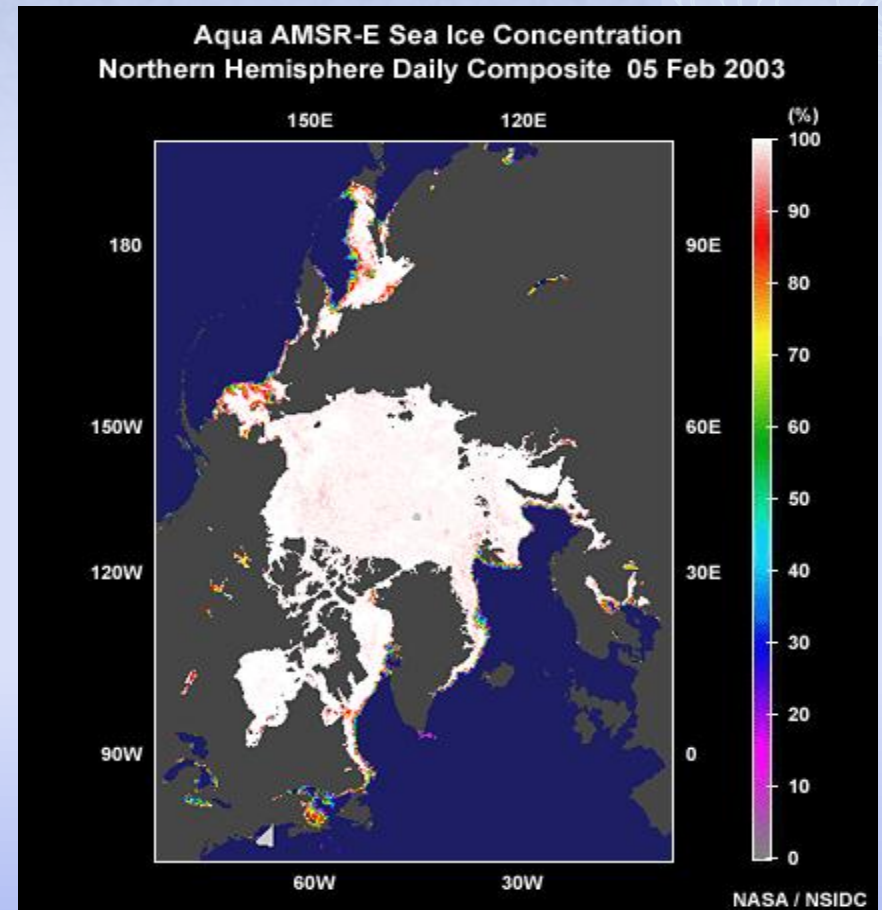
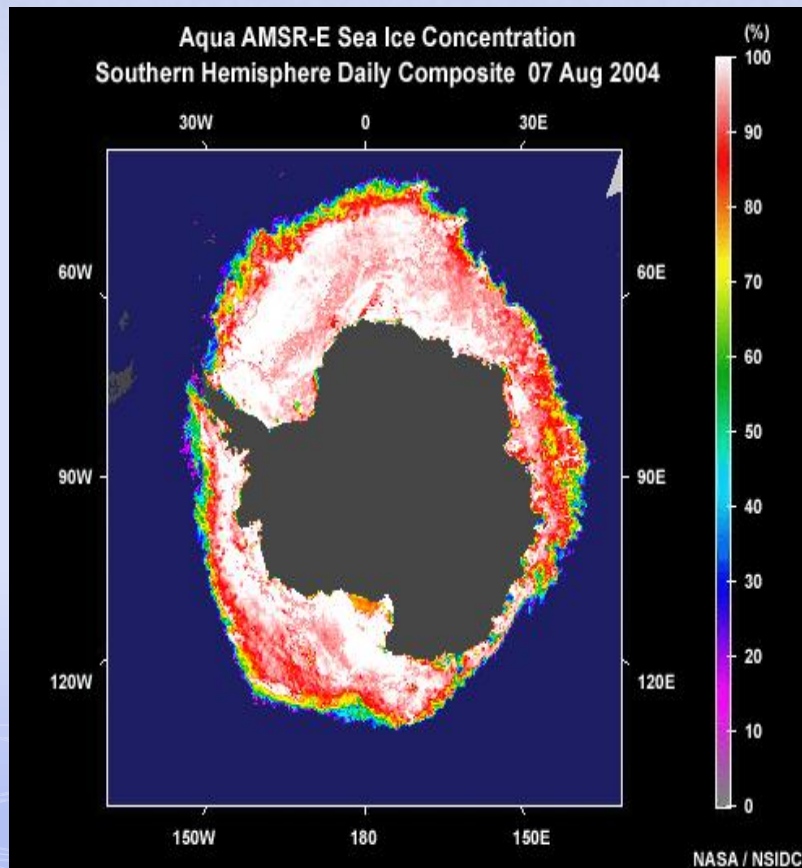


Figura 9 - Produto operativo diário de cobertura de gelo de 25 km, gerado a partir de dados compostos

AMSR-E

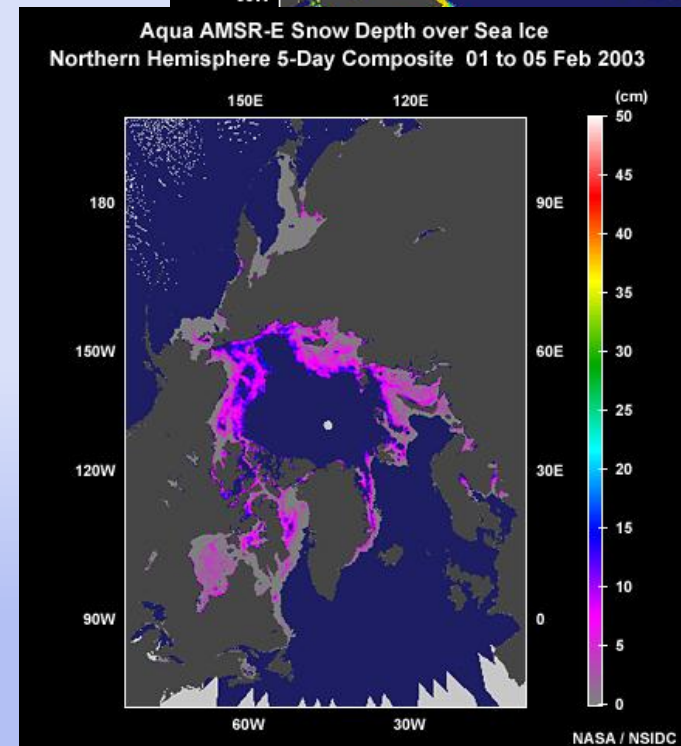
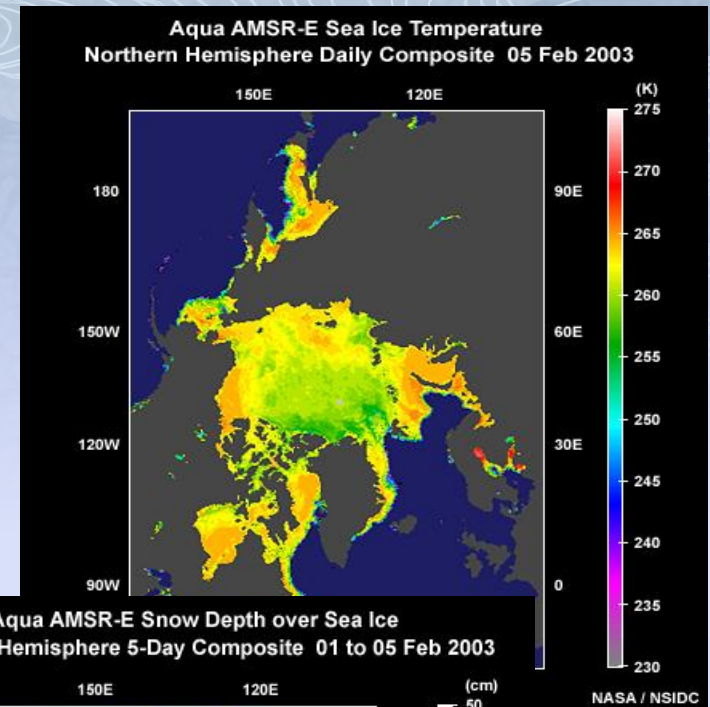
- Canais adicionais e maior resolução espacial que melhoraram a qualidade de vários produtos, como a do gelo marinho



Figuras 10 e 11 - Exemplos de produtos de concentração de gelo marinho.

AMSR-E

- O canal de 6 GHz permite a penetração da cobertura de neve a maior profundidade e extracção de uma temperatura representativa da interface neve-gelo
 - A temperatura do gelo marinho é importante para a previsão de degelo
 - Temperaturas mais baixas de gelo são indicativos de uma camada mais espessa



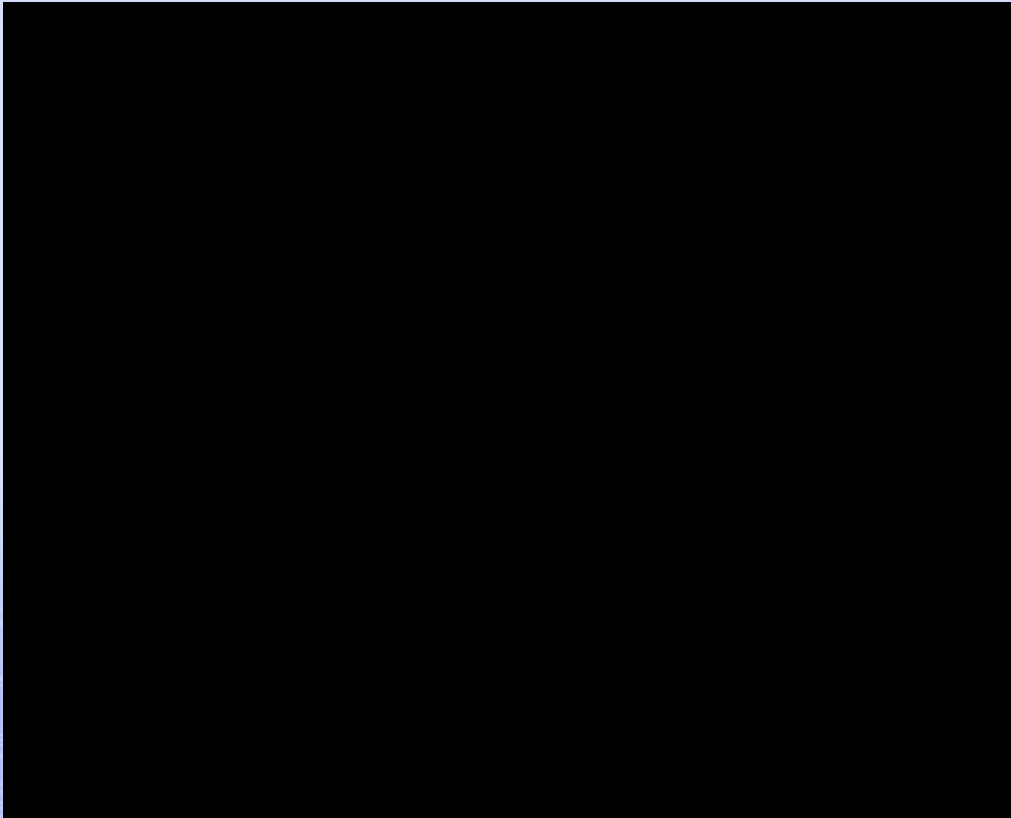
Figuras 12 e 13 - Exemplos de produtos de concentração de gelo marinho.

Produtos AMSU diários

- O instrumento AMSU de MO passivo

- Órbita polar

- Fornecem até seis consultas por dia em qualquer local

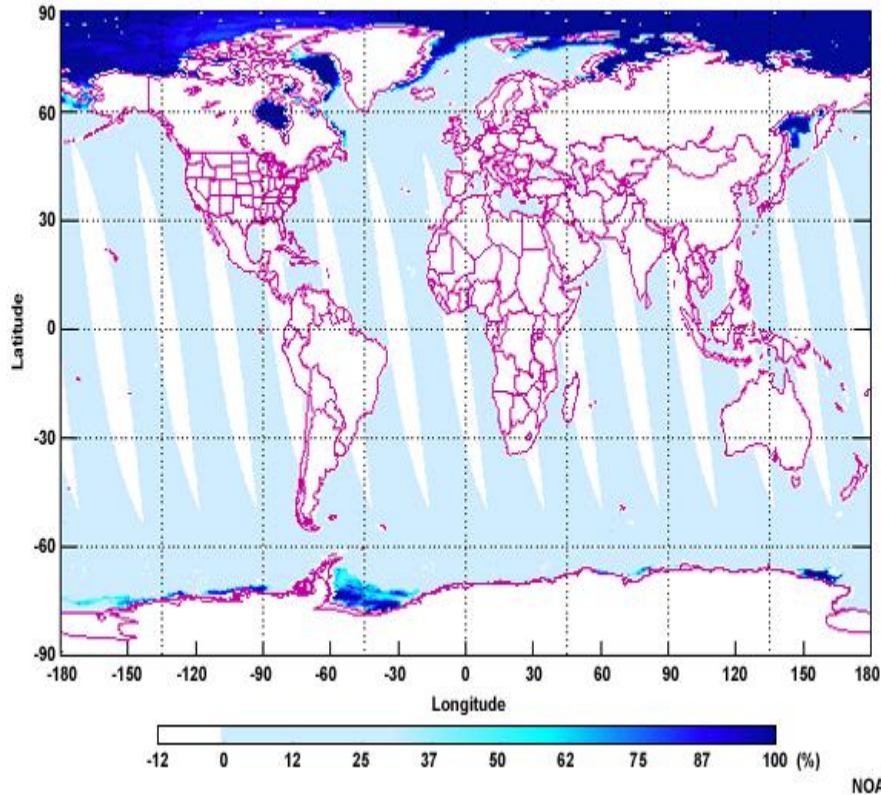


Vídeo 9 – Sistema de 3 órbitas do NOAA.

Produtos AMSU diários

- concentração de gelo marinho é gerada para valores entre 30 e 100%
- Cobertura nas latitudes de 50° N e S em direcção aos pólos

NOAA-18 AMSU Sea Ice Concentration for Ascending Orbits 1330 LST 09 Feb 2007



NOAA-18 AMSU Sea Ice Concentration for Descending Orbits 0130 LST 09 Feb 2007

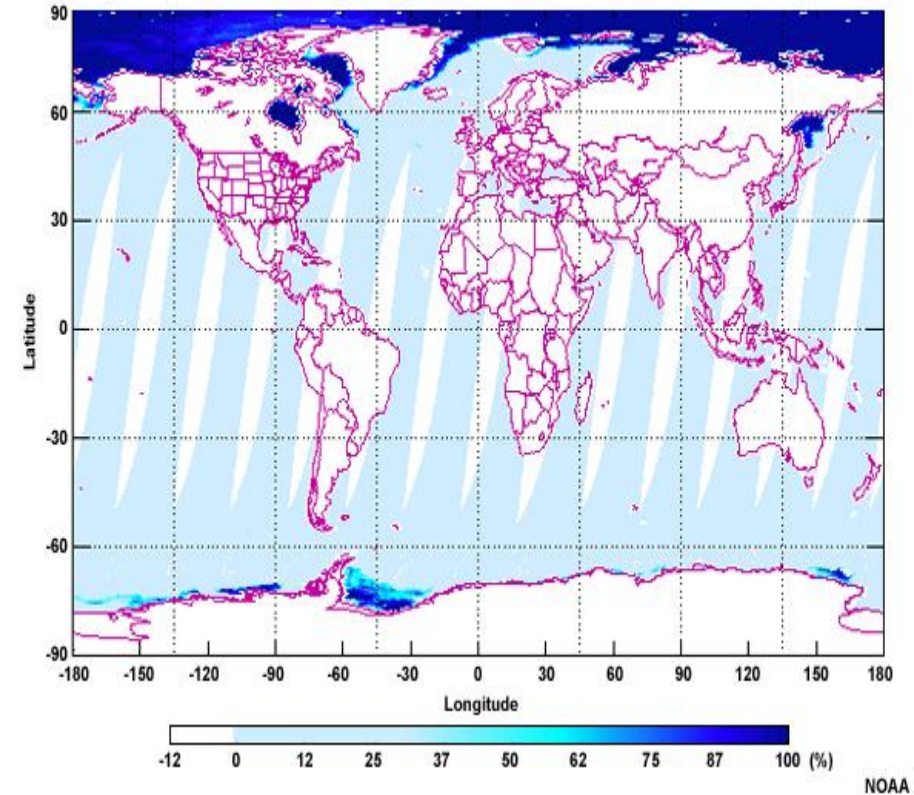


Figura 14 e 15- NOAA gera produtos de concentração de gelo para cada um dos satélites NOAA operacionais e Metop, compostos de 24 horas de órbitas ascendente e descendente

Produtos AMSU compostos

- ❑ NOAA gera produtos compostos de 5 dias que actualizam a intervalos de 5 dias
- ❑ Menos susceptíveis a
 - fenómenos meteorológicos transitórios
 - Omissões de dados que ocorrem em produtos de órbita individual

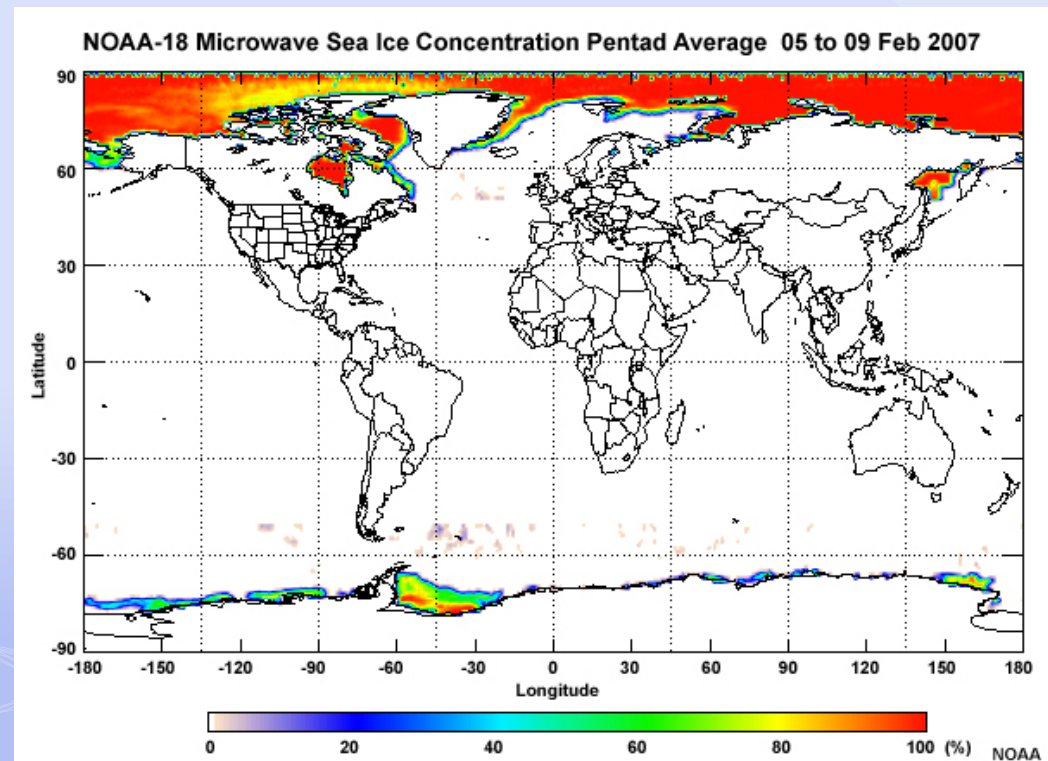
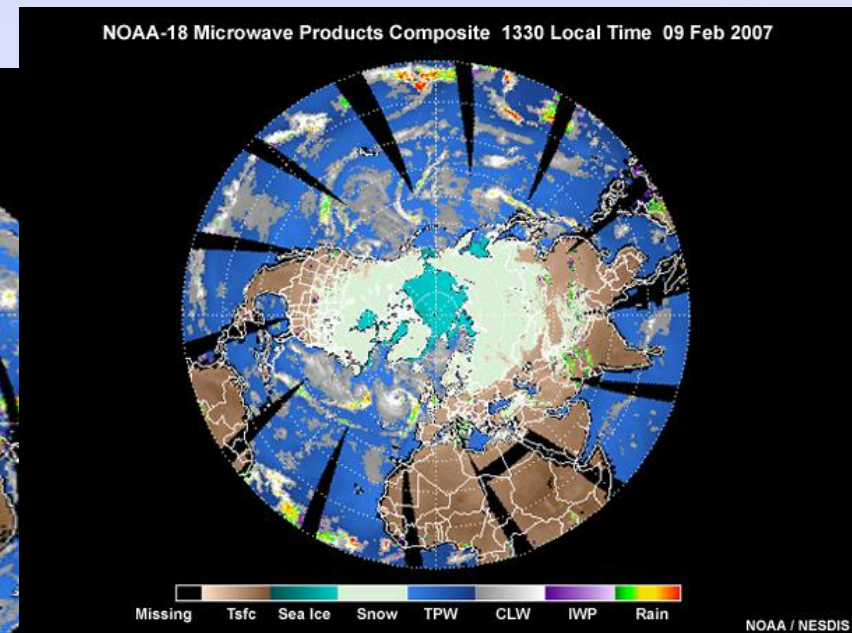
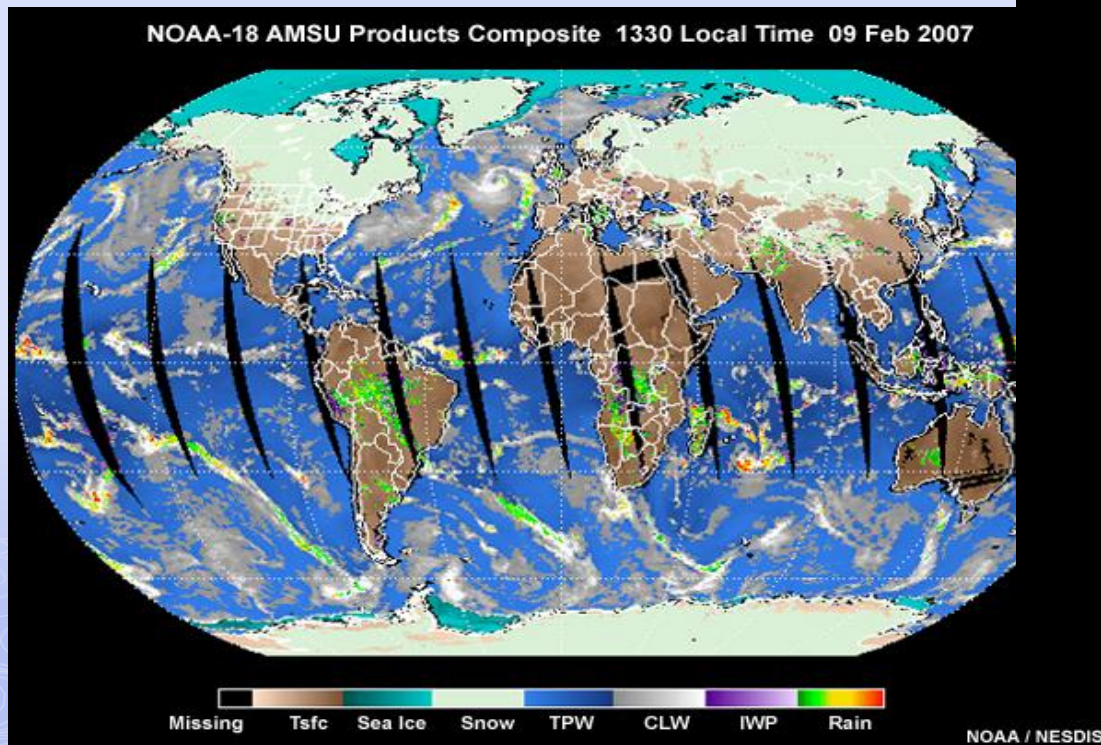


Figura 16 – Concentração de gelo marinho por produtos compostos de 5 dias

Produtos AMSU compostos

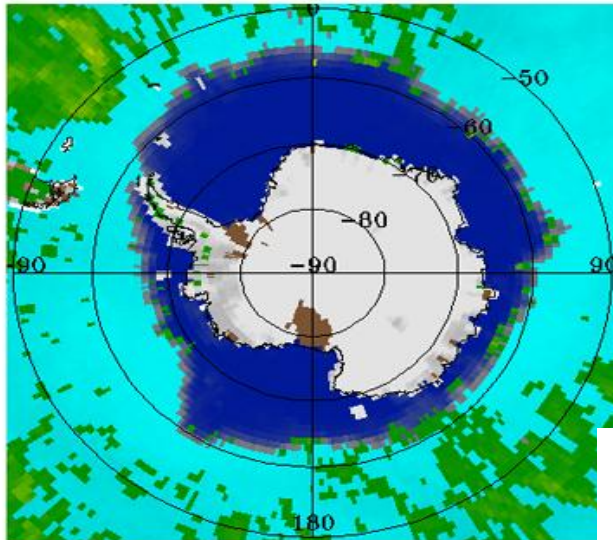
- ❑ Combinação de vários produtos de MO do AMSU numa projecção da Terra, sendo possível a visualização de elementos da superfície e atmosféricos
- ❑ Elimina zonas sem cobertura e é melhor para seguir a evolução de estruturas meteorológicas e da superfície



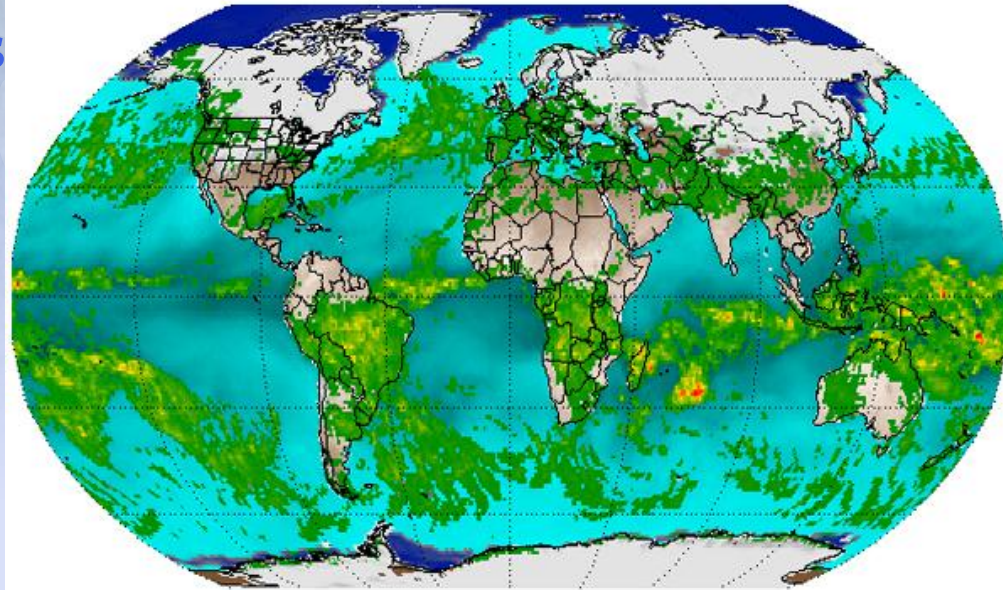
Figuras 17 e 18 – Produtos compostos do NOAA, elimina zonas sem cobertura.

Produtos AMSU compostos

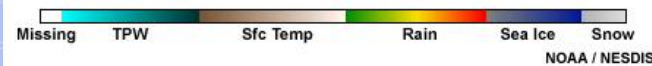
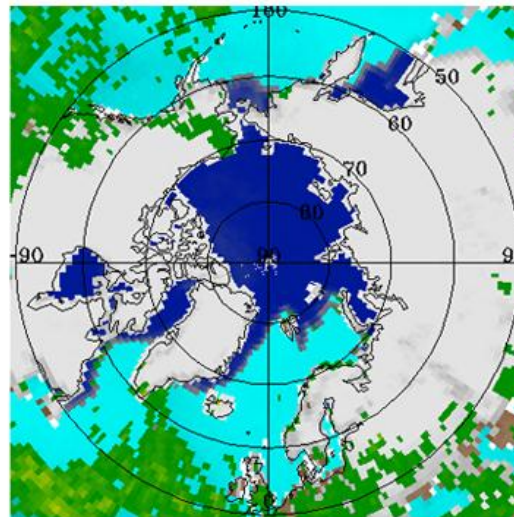
NOAA-18 Pentad AMSU Product Composite
03 to 07 Oct 2006



NOAA-18 AMSU Pentad Hydrological Product Composite
05 to 09 Feb 2007



NOAA-18 Pentad AMSU Product Composite
05 to 09 Feb 2007



Figuras 19, 20 e 21 – Produtos compostos do NOAA

Instrumentos e Produtos

Sistemas geradores de imagens de microondas passivos

MW Instrument Capabilities and Product Characteristics for Sea Ice

Instrument (Satellite)	Coverage	Product Resolution	Sea Ice Concentration	Other Products
SSM/I & SSMIS (DMSP)	<ul style="list-style-type: none"> • 12 hourly • Satellites clustered to provide early morning and evening coverage 	25 km	Range: 0 to 100% Accuracy: NA	Sea ice age (first or multiyear)
AMSR-E (EOS Aqua)	<ul style="list-style-type: none"> • 12 hourly for early afternoon and nighttime (only nighttime orbits used to monitor snow cover) 	12.5 & 25 km	Range: 0 to 100% Accuracy: ~10 to 15%	<ul style="list-style-type: none"> • Sea ice temperature (snow-ice interface when snow covered) • Sea ice snow depth • Sea ice age (first or multiyear)
AMSU (NOAA and MetOp series)	<ul style="list-style-type: none"> • 4 hourly • NOAA provides early morning and early afternoon coverage • MetOp covers the mid-morning orbit 	45 km at nadir 150 km at limb	Range: 30 to 100% Accuracy: 25%	Sea ice age (first or multiyear)
Future NPOESS Microwave Imager / Sounder	<ul style="list-style-type: none"> • 12 hourly beginning with second satellite in the NPOESS series 	~ 70 (low freq.) ~ 14 km (high freq.)	TBD	TBD

Bibliografía

- ❑ <http://torre.fis.ua.pt/RemoteDetection/Aplicaciones%20terrestres%20y%20de%20superf%C3%ADcie%20oce%C3%A1nica...pdf>
- ❑ http://www.meted.ucar.edu/npoess/microwave_topics/land_ocean/dnld.htm
- ❑ http://www.meted.ucar.edu/npoess/microwave_topics/land_ocean/print.htm