

Pesquisa em Energias Renováveis no Brasil

Centro do Ciência do Sistema Terrestre
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Atividades Desenvolvidas

- Mapeamento de recursos de energia solar e eólica utilizando modelos numéricos
 - Modelo de transferência radiativa BRASIL-SR;
 - Modelos regionais de mesoescala para previsão de tempo
 - Modelos empíricos com uso de técnicas estatísticas
 - Regressão múltipla
 - Redes neurais

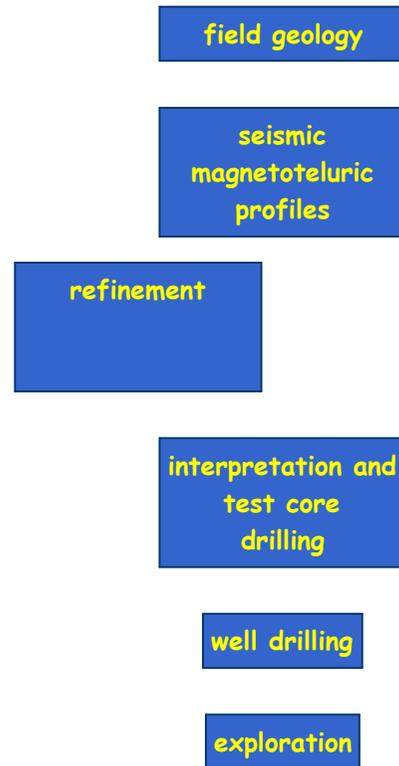
Atividades desenvolvidas

- Aquisição de Dados Meteorológicos aplicados ao setor energético:
 - Dados radiométricos em superfície;
 - Dados de velocidade e direção de ventos em diferentes altitudes
 - Outros dados meteorológicos de interesse
 - Pressão atmosférica;
 - Temperatura;
 - Umidade Relativa;
 - Precipitação
 - Nebulosidade
 - Espessura ótica de aerossóis

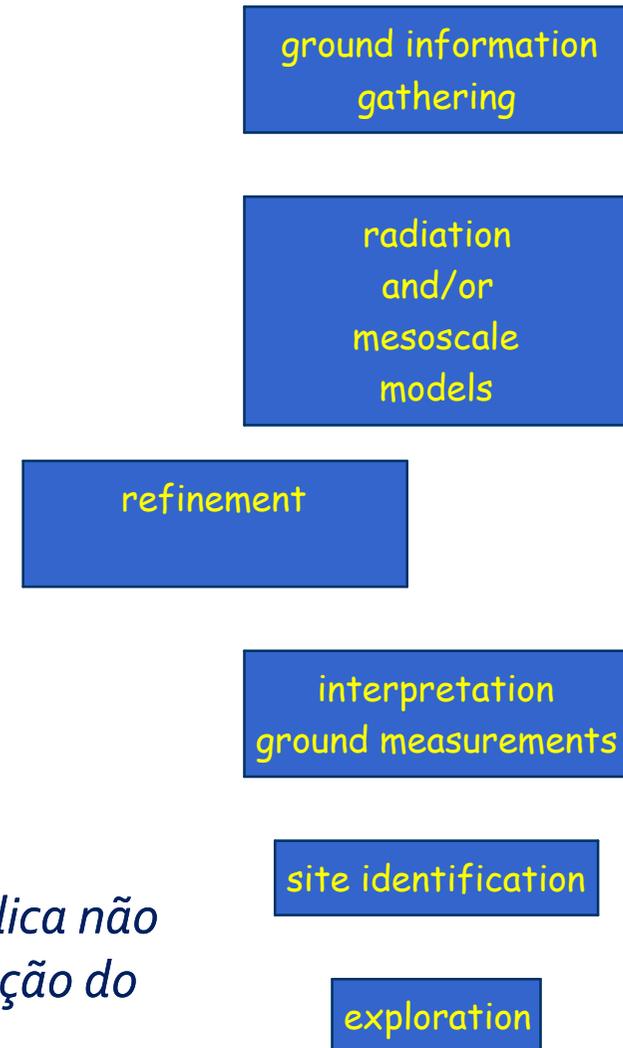
Equipe

- Pesquisador Principal:
 - Dr. Enio Bueno Pereira (Físico)
- Pesquisadores:
 - Fernando Ramos Martins (Físico)
 - Celso Thomaz (Engenheiro Eletrônico)
- Bolsistas:
 - Lucía Chipponelli (Meteorologista)
 - Maria Francisca (Meteorologista)
 - Márcio de Moraes (Físico)
 - Rafael Chagas (TI)
 - Jefferson Souza (TI)
- Estudantes Pós Graduação
 - André Rodrigues (Engenheiro Aeronáutico)
 - Rodrigo Souza (Meteorologista)
 - Marcelo Pes (Físico)
- Estudantes de Graduação
 - Ana Luiza (Engenharia Ambiental)
 - Evandro Farias (Engenharia Ambiental)

Prospecting for Oil



Prospecting for solar or wind energy resources



A prospecção de recursos de energia solar e eólica não é muito diferente daquela utilizada na prospecção do petróleo.

Projeto SONDA

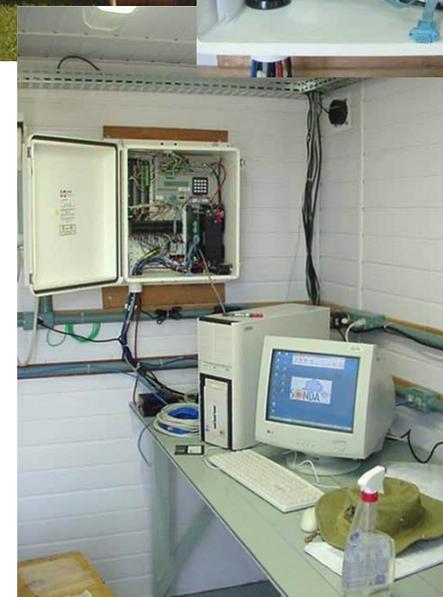
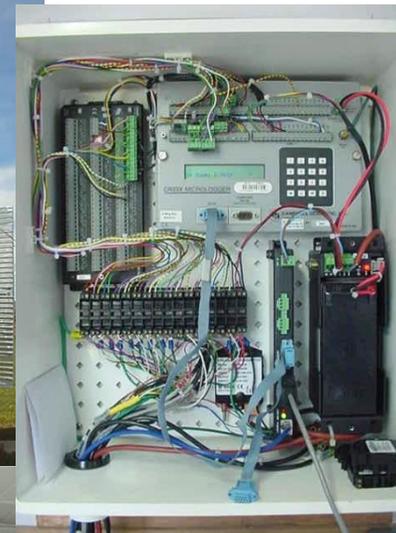
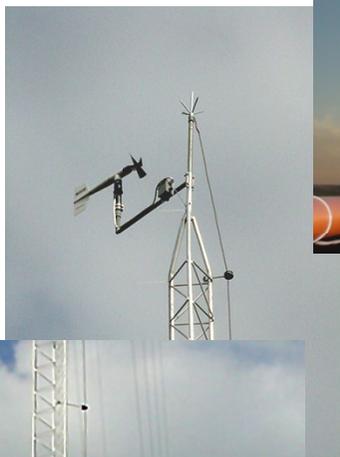
(Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais para o setor de energia)

Objetivo principal: implantação de uma rede de estações de superfície para a aquisição de dados ambientais de alta qualidade e confiabilidade a serem utilizados na:

- validação de estimativas de recursos energéticos renováveis produzidas por modelos computacionais
- avaliação dos impactos ambientais sobre recursos energéticos renováveis causados pela ação do Homem, variabilidade climática, incertezas, tendências, etc..



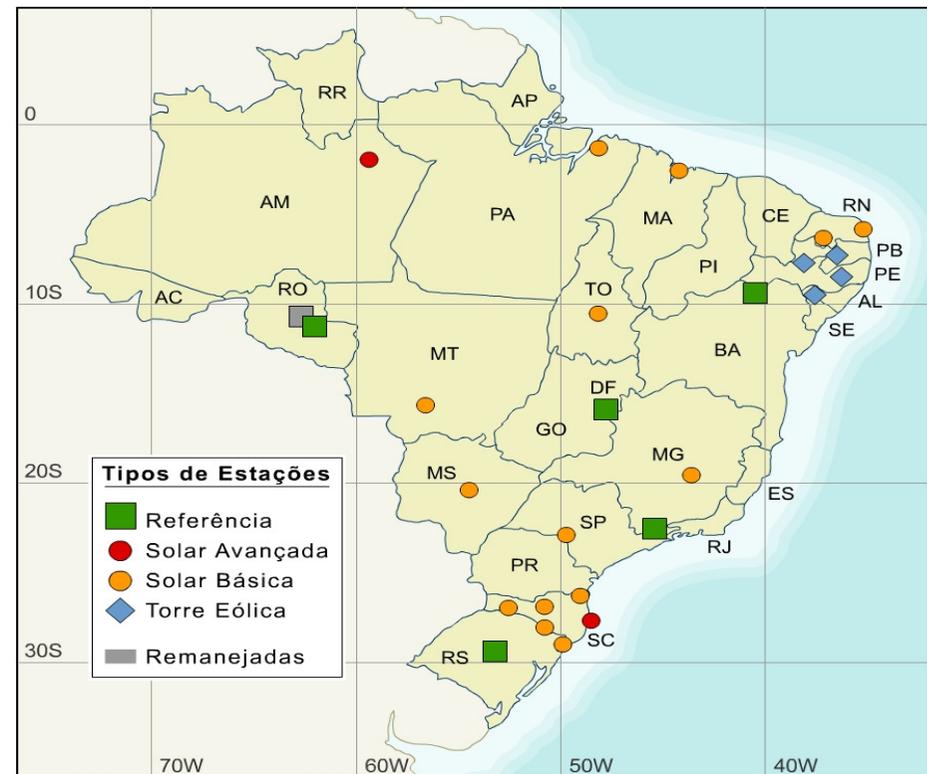
Estações SONDA



Estações SONDA

- Inicialmente a rede SONDA possuía 25 estações.
- As estações SONDA estão divididas em 4 tipos diferentes:

1. Estações de Referências
2. Estações Solares Avançadas
3. Estações Solares Básicas
4. Estações Torres eólicas



O que é uma estação de Referência?

- O projeto SONDA conta com 5 estações de Referência são elas:
 - São Martinho da Serra
 - Cachoeira Paulista
 - Petrolina
 - Rolim de Moura
 - Brasília
- A estação de referência está equipada com todos os sensores para medidas radiométricas e com uma torre eólica

Módulo SONDA

Em uma estação de Referência podemos encontrar sensores de:

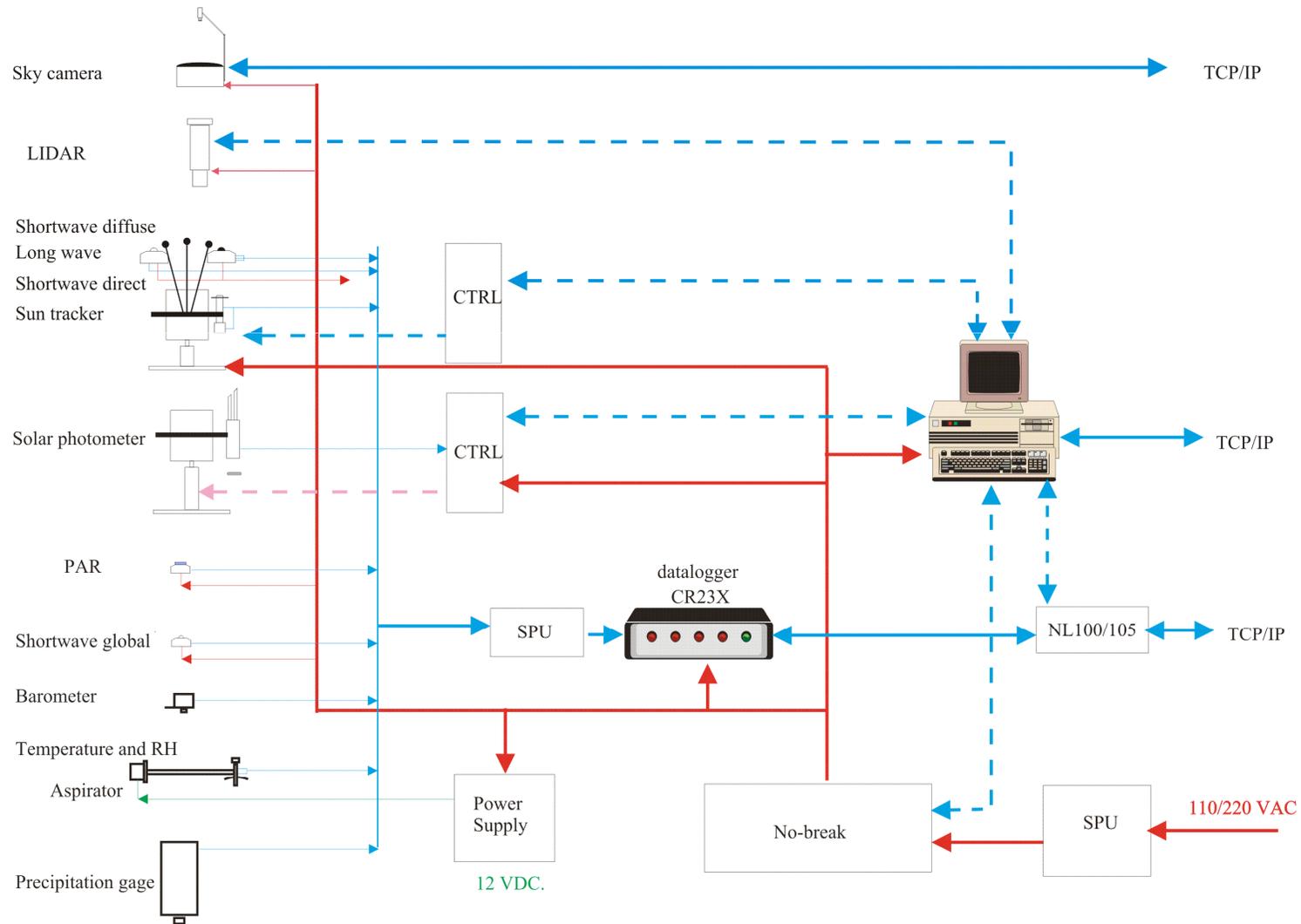
1. Global
2. Direta
3. Difusa
4. Onda Longa
5. Par
6. Lux



O que é uma estação Solar Avançada?

- Ao todo são 2 estações solares avançadas :
 1. Florianópolis
 2. Caicó
- Este tipo de estação está equipada com todos os sensores de radiação e meteorológicos, a única diferença é que ela não tem torre eólica.

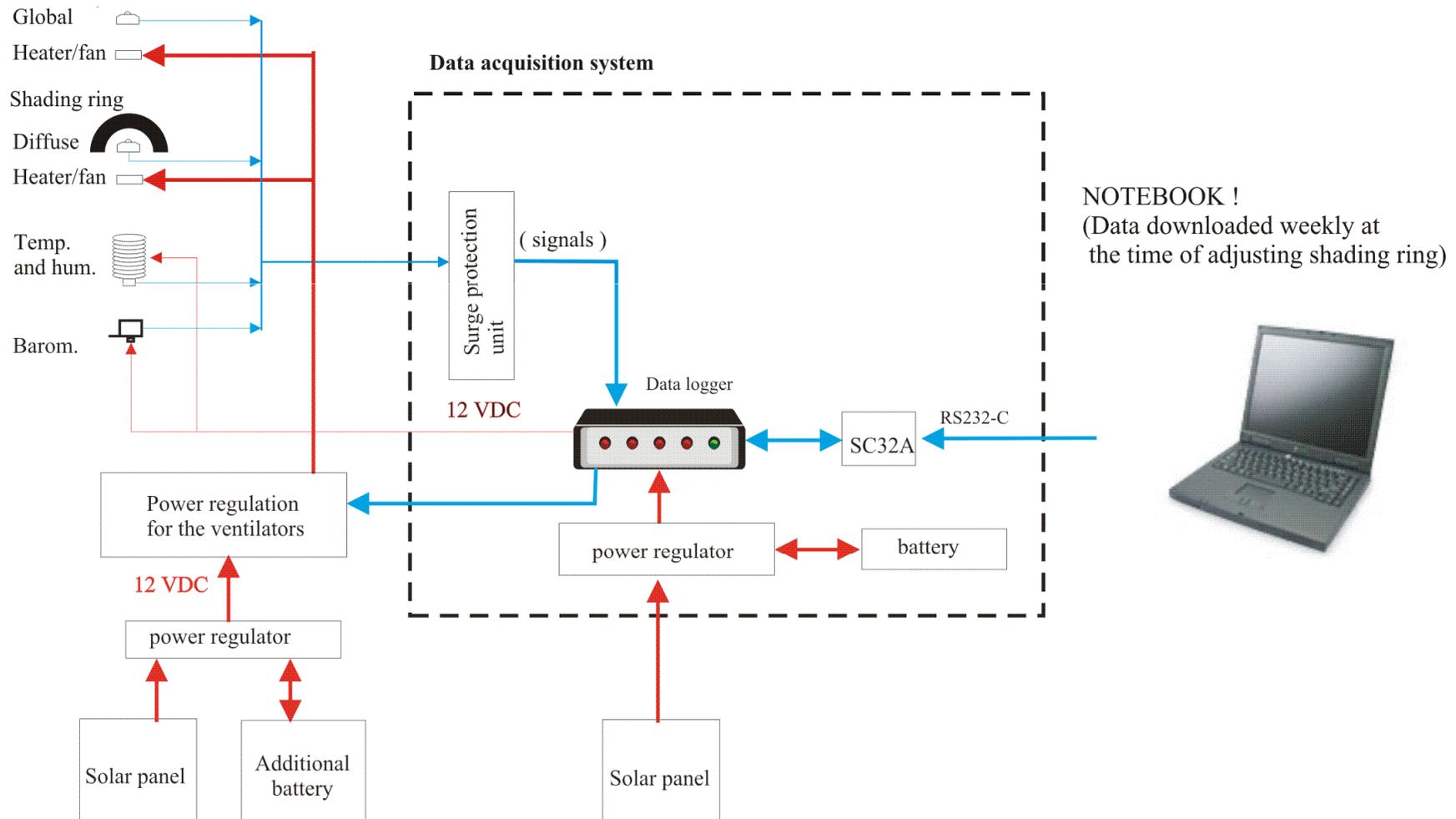
complete solar measurement sites for satellite/model ground truth



O que é uma estação Solar Básica?

- O SONDA conta hoje com 15 estações solares Básicas, sendo algumas delas:
 1. Cuiabá
 2. Palmas
 3. São Luiz
 4. Campo Grande
 5. Natal
- O que as diferencia das demais são as variáveis medidas, esta estação mede apenas algumas variáveis.

basic platform for solar radiation



Fluxo de atividades na Rede SONDA

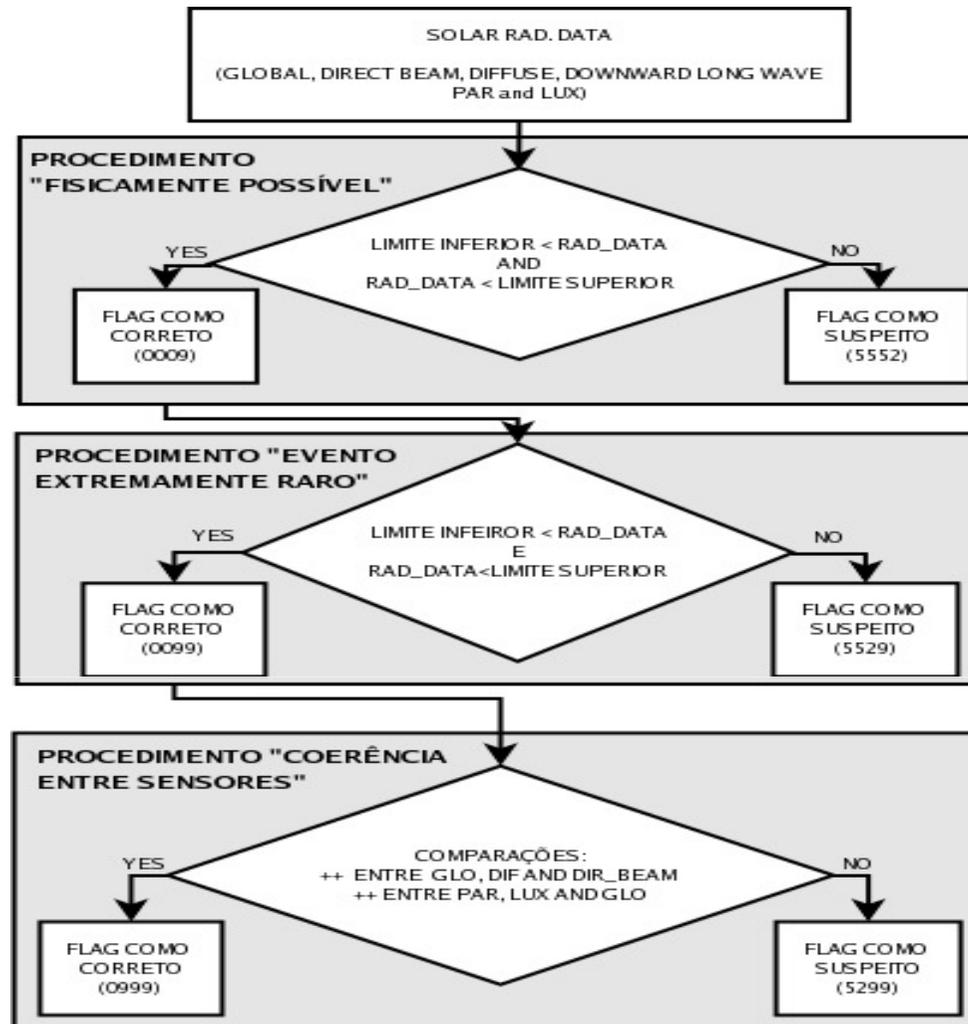
- No INPE de Cachoeira Paulista encontra-se o LIM (laboratório de Instrumentação Meteorológica), este laboratório é responsável por dar manutenção preventiva e corretiva das estações, dar apoio na transferência a dos dados coletados e realizar a calibração dos sensores instalados nas estações SONDA.
- O grupo de energias renováveis é responsável pela qualificação dos dados, disponibilização da base de dados para acesso público, desenvolvimento de pesquisas em levantamento de recursos e cenários futuros

Controle de qualidade

- Controle de qualidade dos dados:
 - Foi desenvolvido um software para fazer a validação dos dados de radiação e meteorológicos.
 - Para qualificar os dados de radiação coletados nas estações da rede SONDA adotamos os critérios estabelecidos pela BSRN (Baseline Surface Radiation Network) .
 - Para validar os dados meteorológicos e eólicos adotamos os critérios estabelecidos pela WebMet.com (The Meteorological Resource Center).
- Procedimentos de manutenção
 - Manutenção preventiva – realizada periodicamente
 - Manutenção corretiva – realizada quando verificado mal funcionamento de sensores.

Critérios do controle de qualidade dos dados

- O algoritmo classifica o dado em 3 níveis:
 1. Algoritmo 1 – o dado é sinalizado como fisicamente impossível
 2. Algoritmo 2 – o dado é sinalizado quando o evento é extremamente raro.
 3. Algoritmo 3 – o dado é sinalizado como suspeito quando inconsistente com medidas apresentadas por sensores da mesma estação.
 4. Algoritmo 4 – não é aplicado ao projeto SONDA



Crítérios Físicos (limites estabelecidos para BSRN)

	Superior	Inferior
Global	$Sa * 1.5 * (SZA)^{**1.2} + 100$	-4
Difusa	$Sa * 0.95 * (SZA)^{**1.2} + 50$	-4
Direct Beam	Sa	-4
PAR*	$2.1 * (Sa * 1.5 * (SZA)^{**1.2} + 100)$	-4
LUX*	$0.12 * (Sa * 1.5 * (SZA)^{**1.2} + 100)$	-4
DwnLongWave	700	400

Crítérios de Eventos Extremamente Raros (limites estabelecidos para BSRN)

	Superior	Inferior
Global	$Sa * 1.2 * (SZA)^{**1.2} + 50$	-2
Difusa	$Sa * 0.75 * (SZA)^{**1.2} + 30$	-2
Direct Beam	$Sa * 0.95 * (SZA)^{**0.2} + 10$	-2
PAR*	$2.1 * (Sa * 1.5 * (SZA)^{**1.2} + 100)$	-2
LUX*	$0.12 * (Sa * 1.5 * (SZA)^{**1.2} + 100)$	-2
DwnLongWave	500	60

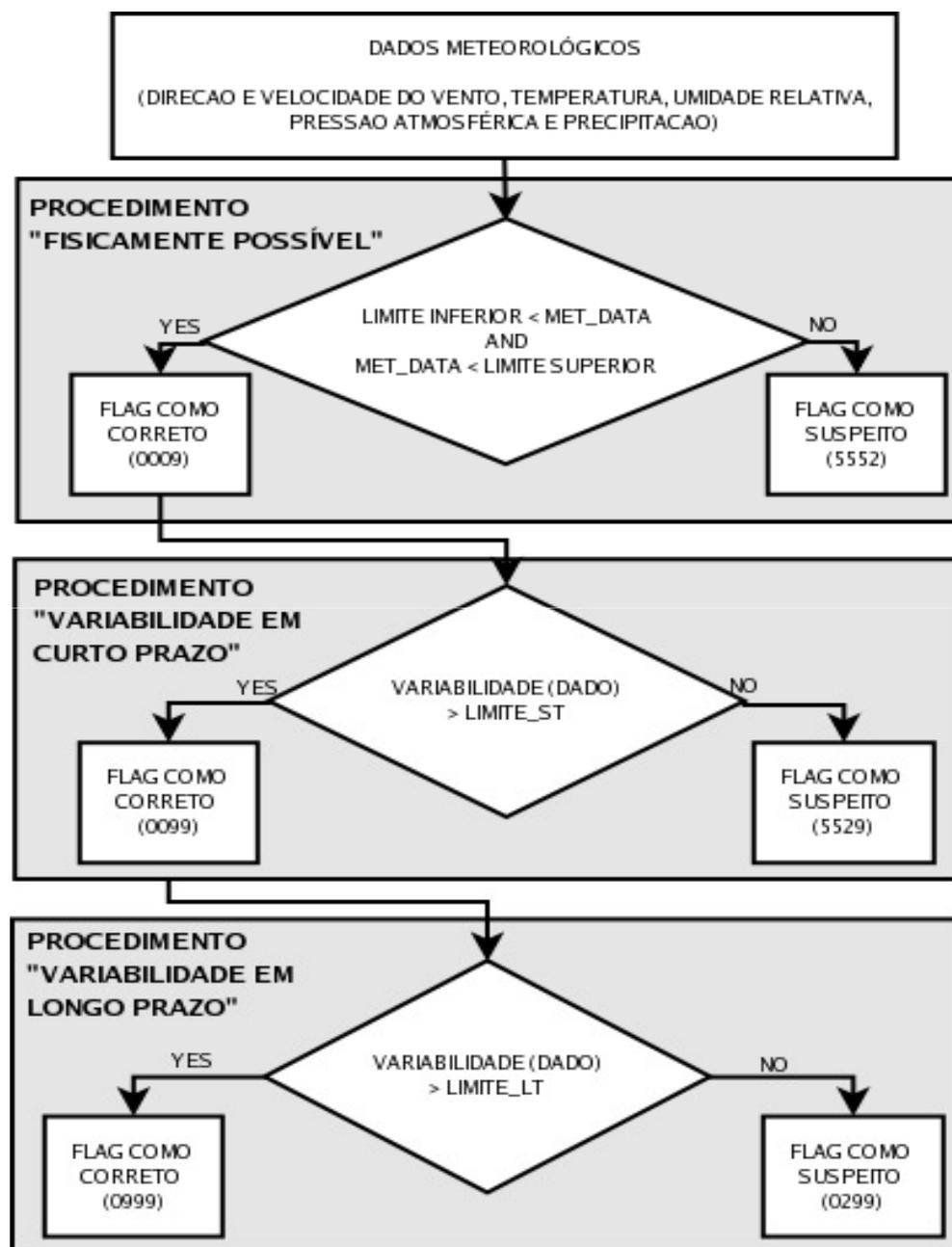
Comparações entre sensores (limites adotados BSRN)

Difusa/Global
 < 1.05 for $SZA < 75$ and $Global > 50W/m^2$
 < 1.10 for $75 < SZA < 93$ and $Global > 50W/m^2$
 for $Global < 50W/m^2$ test is not possible

Downward LongWave
 $0.4 * \sigma * T^{**4} < DwnLongWave < \sigma * T^{**4} + 25$

LUX, PAR and Global*
 comparação LUX/Global, PAR/Global e PAR/LUX levando em consideração SZA e fatores de conversão entre as variáveis

RAD_DATA - dado medido
 SZA - Coseno do Ângulo Zenital Solar
 LUX - Iluminância
 PAR - Radiação Fotosinteticamente Ativa
 Glo - Radiação Solar Global
 Dif - Radiação Solar Difusa
 Dir - Radiação Solar Direta
 sigma - Constante de Boltzmann
 T - Temperatura do Ar
 Sa - Constante Solar corrigida para distância Terra/Sol
 Unidades de todos os limites estão em Watt por metro quadrado



Crítérios Físicos

	Superior	Inferior
Veloc. Vento	25 m/s	0
Dir. Vent	360 graus	0
Temperatura	varia conforme climatologia local	
Precipitacao	5 mm/min	0
Umidade	100 %	0
Pressao Atm.	varia conforme climatologia local	

Crítérios p/ Variabilidade de curto prazo

Veloc. Vento	> 0,1 m/s em 3 h consecutivas
Dir. Vent	> 1 grau em 3h consecutivas
Temperatura	< 5 graus em relacao a hora anterior
Precipitacao	< 25 mm em uma hora
Umidade	N/A
Pressao Atm.	< 6 mb em 3 h consecutivas

Crítérios p/ Variabilidade de longo prazo

Veloc. Vento	> 0,5 m/s em 12 h consecutivas
Dir. Vent	> 10 graus em 18 h consecutivas
Temperatura	> 0,5 graus em 12 h consecutivas
Precipitacao	> 100 mm em 24 h consecutivas
Umidade	N/A
Pressao Atm.	N/A

O Resultado do Algoritmo

- Como resultado do algoritmo temos códigos que identificam cada dado medido:
 1. 0 – nenhum procedimento foi executado
 2. 2 – dado suspeito de ser incorreto
 3. 5 – procedimento não pode ser executado
 4. 9 – dado aprovado no teste

Obs: Os códigos sempre são lidos da direita para esquerda

Exemplos de Código 1

- Primeiro exemplo:

- 0009 – Significa que o teste foi aprovado no primeiro nível, e nos outros níveis não foram executados nenhum teste.

- Segundo exemplo:

- 0099 – significa que o teste foi aprovado nos dois primeiros níveis, e nos outros níveis não foram executados nenhum teste.

Exemplos de Código 2

■ Terceiro Exemplo:

- 0299 – Significa que o teste foi aprovado nos dois primeiros níveis, no terceiro nível ele foi reprovado, e o quarto nível não foi executado nenhum teste.

■ Quarto Exemplo:

- 5299 – Significa que o teste foi aprovado nos dois primeiros níveis, no terceiro ele foi reprovado, e o quarto nível não pode ser executado.

Disponibilização de dados na INTERNET

- Os dados são disponibilizados utilizando-se dois arquivos tanto para radiação quanto para dados eólicos.
- O primeiro arquivo possui somente as médias de cada variável medida.
- O segundo arquivo possui o resultado do processo de qualificação ao qual ele foi submetido.
- Foi adotado o seguinte padrão para o nome dos arquivos:
 - SMS0501ED.csv - este arquivo contém os valores das médias.
 - SMS0501ED_DQC.csv – este arquivo contém os códigos resultante do processo de validação.

WEBSITE SONDA



Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais

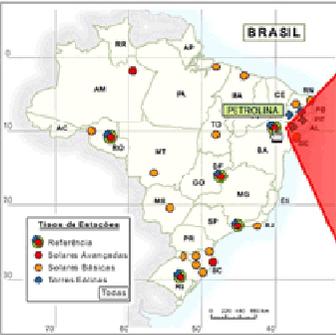
Quarta-feira, 12 de Agosto de 2004

SONDA

MÓDULO SONDA
Bancada de Sensores e Gerenciamento dos Dados

SONDA - Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais - é um projeto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para implementação de uma infra-estrutura física e de recursos humanos destinada a levantar e melhorar a base de dados dos recursos de energia solar e eólica no Brasil.

Navegue pelo mapa e clique nas estações para detalhes ou recolha pelo MENU



O módulo SONDA é uma estrutura de suporte aos computadores, notebook, data loggers e equipamentos de coleta de dados coletados.

POR QUE?

- Os recursos solares e eólicos são primariamente controlados pelo clima. Dados climáticos e ambientais qualificados são, portanto necessários ao desenvolvimento de modelos de levantamento dos recursos de energia solar e eólica.
- A definição das incertezas da variabilidade climática sobre os recursos de energia solar e eólica é necessária para obtenção de dados confiáveis.
- Modelos empíricos foram criados e validados em regiões climáticas diferentes do Brasil e sempre necessitam ajustes e validações com verdade terrestre.
- O direcionamento das pesquisas e produtos nas áreas de recursos solares e eólicos depende das necessidades do setor de energia.
- O investimento nas energias solar e eólica no Brasil é inibido pela escassez, baixa confiabilidade e falta de continuidade de dados.
- A inexistência de um sistema nacional de coleta e distribuição de dados dificulta o desenvolvimento do setor de energias renováveis.
- Investidores interessados em novos projetos necessitam de uma base sólida e acessível de informações ambientais e climáticas para que possam, através de ferramentas específicas, avaliar o retorno de seus investimentos.

Projeto SONDA - INPE/CPTEC - Todos os direitos reservados
Atualizado: Out, 11 / 08 / 2004
Webmaster: sonda@cptec.inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - São José dos Campos
SP - Brasil - CEP 13227-280

ESTA ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA

PETROLINA

Mapa de Referência





Situação da região e módulo na estação (clique para mais imagens)

Nome da Estação	Coordenadas	Altitude (m)	D
Petrolina	Latitude: 09° 04' 01" S Longitude: 48° 10' 1" E	387	11

Descrição: Fica dentro da Estação: GM3 - 3

Região: Inovações sobre a produção de energia no campus de alguma universidade ou associada a alguma instalação ou empresa, áreas que possam influenciar, etc.

Principal Pesquisador: **Emerson de Azevedo**

Dr. Elio Guano Ferreira	Dr. Celso Thomas
E-mail: eliog@cptec.inpe.br	E-mail: celso@cptec.inpe.br
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais CPTEC - Divisão de Clima e Meio Ambiente Rua dos Astronautas, s/n, 40, 13083-880 13080-000, Cachoeira Paulista SP, Brasil Phone: +55 (11) 3166-8581 FAX: +55 (11) 3167-2895	INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais LIM - Lab. de Instrumentação Meteorológica Rua dos Astronautas, s/n, 40, 13083-880 13080-000, Cachoeira Paulista, SP, Brasil Phone: +55 (11) 3166-8472 FAX: +55 (11) 3166-8364

Convênio: **EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**
<http://www.embrapa.br>

Outros Parceiros:

- INPE/CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
<http://www.cptec.inpe.br>
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<http://www.inpe.br>
- UFPA - Universidade Federal do Pará
<http://www.ufpa.br>
- UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas
<http://www.unicamp.br>
- UNICAMP - Laboratório de Energia Solar
<http://www.laboratorio.ufpa.br>
- AIRCOMET - Aerop. Roberto Naves
<http://www.aerocomet.com.br>
- ISRN - Base de Superfície Radiação Network
<http://www.isrn.inpe.br>

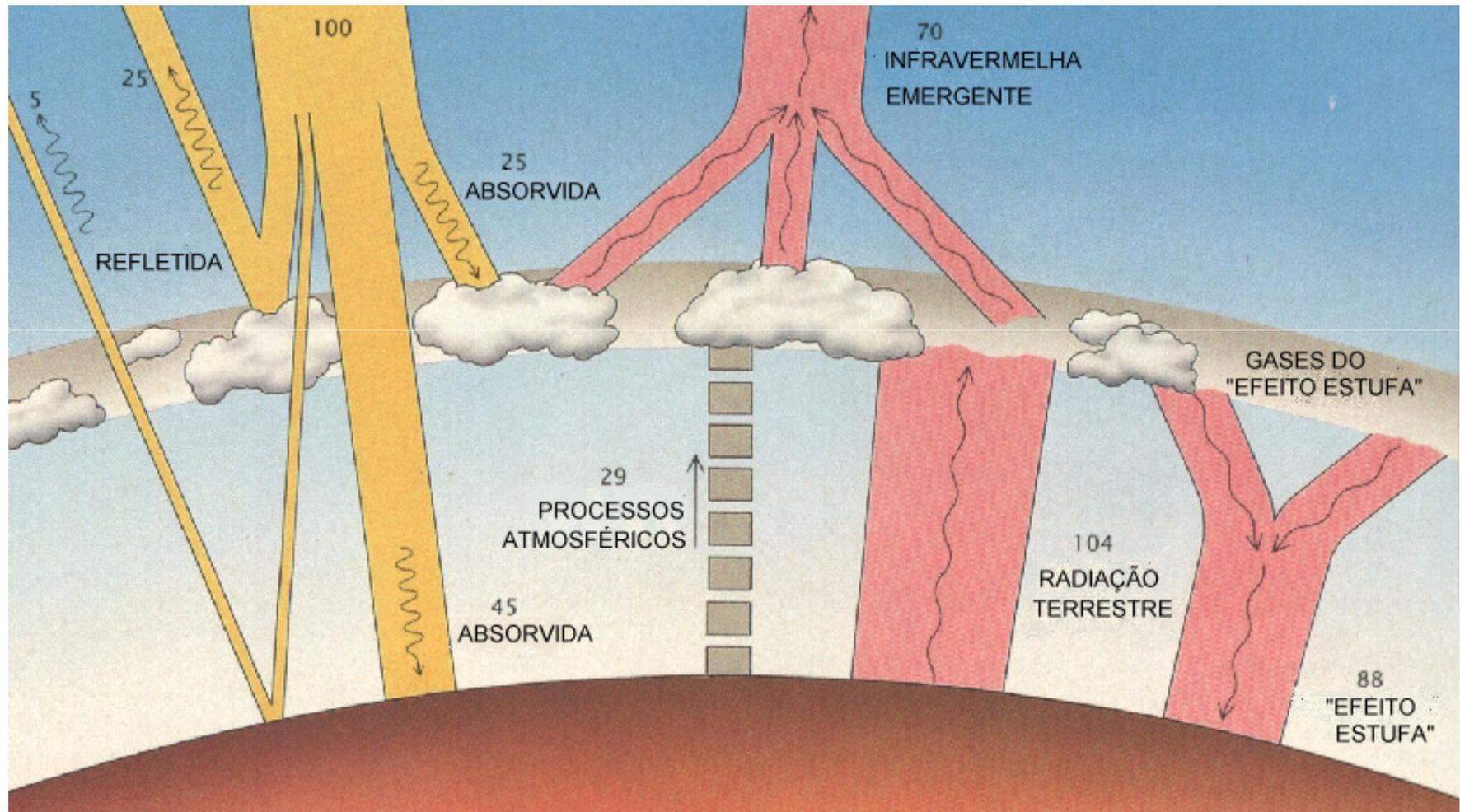
Atualizado: 08/11/04 19:20:04
Previsão: 100%chuva, 100%

Av. dos Astronautas, 1758 - São José dos Campos
SP - Brasil - CEP 13227-280

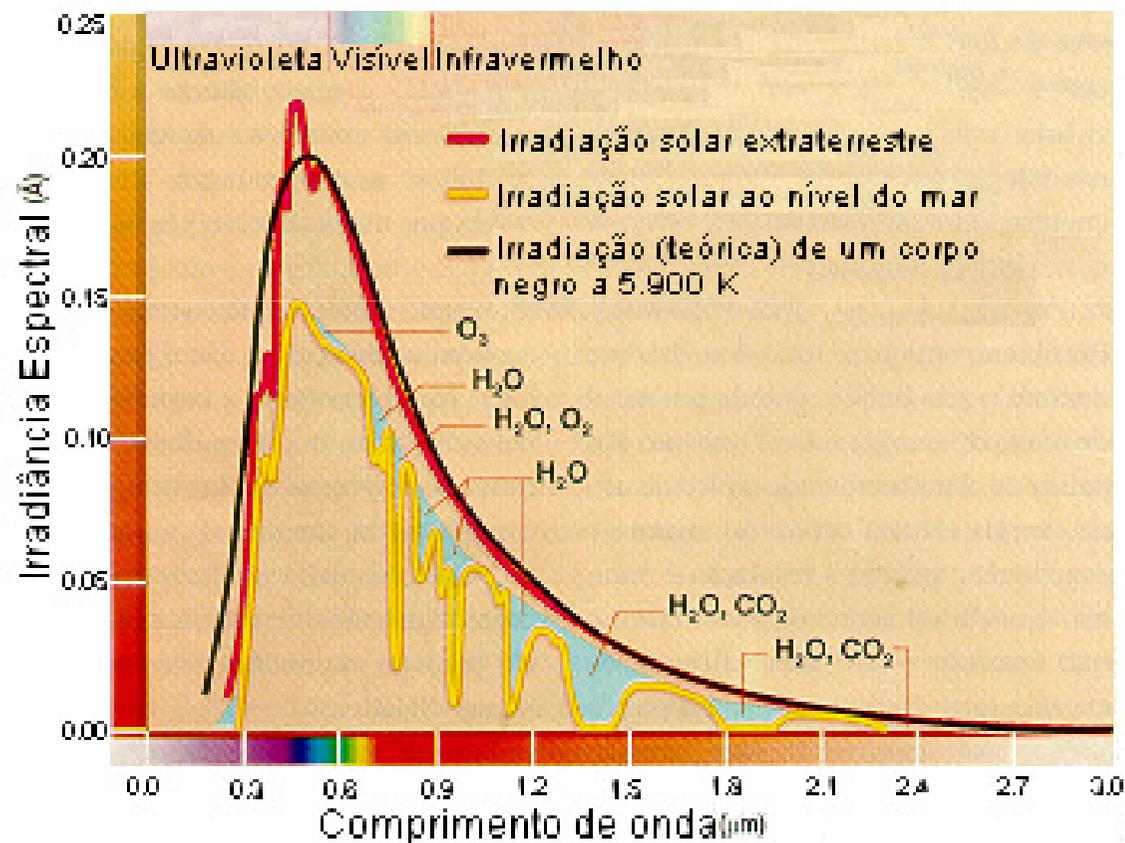
Mapeamento de Energia Solar

- Desenvolvimento do Projeto SWERA para disponibilização de dados de irradiação solar na superfície no território brasileiro e América Latina
- Publicação do Atlas Brasileiro de Energia Solar utilizando modelo de transferência radiativa e dados de satélite
- Aprimoramento de modelo numérico para adequação às condições climáticas brasileiras

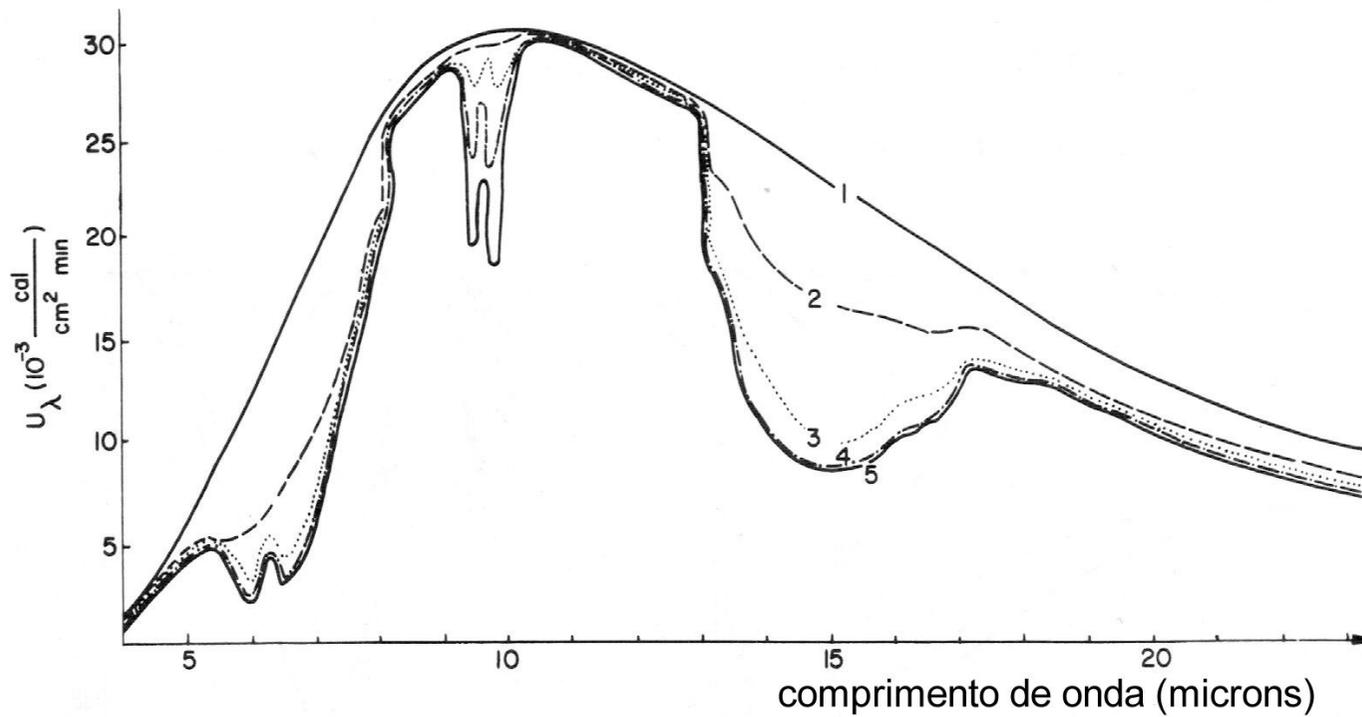
Modelagem de irradiação solar na superfície



Espectro de radiação solar



Espectro de Radiação Terrestre

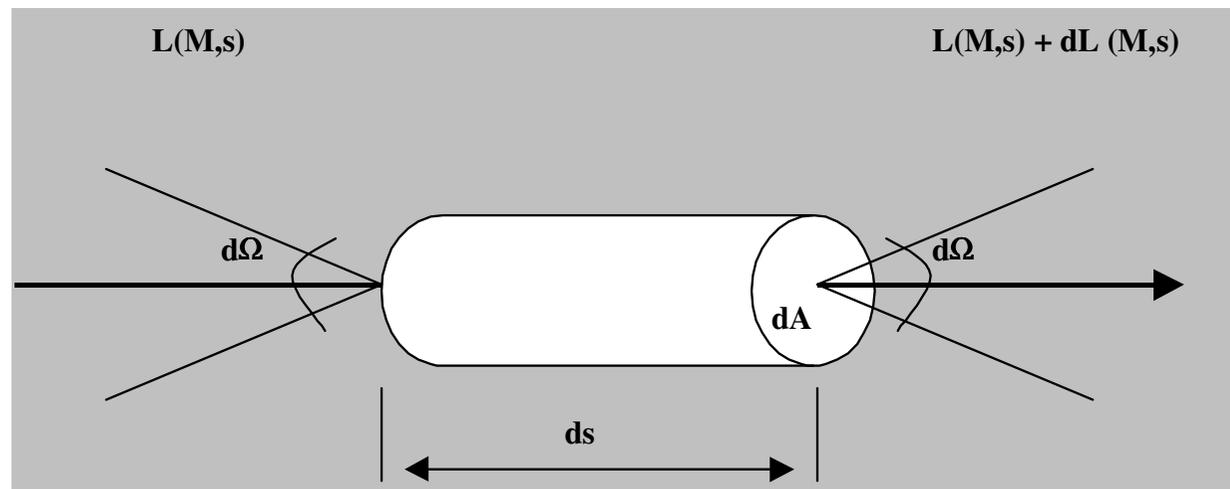


Classificação dos Modelos Computacionais

- Modelos Estatísticos
 - utilizam formulações empíricas entre medidas de radiação incidente e condições locais
 - validade restrita à região estudada
- Modelos Físicos
 - solucionam a equação de transferência radiativa por meio de parametrização dos processos radiativos que ocorrem na atmosfera
 - conhecimento de parâmetros atmosféricos como a cobertura de nuvens e o perfil dos constituintes atmosféricos como aerossóis, vapor d'água, ozônio e outros gases atmosféricos
 - Demanda de tempo computacional elevada

Modelos Físicos

- Equação de transferência radiativa



Fluxo de energia
deixando o
volume

-

Fluxo de energia
entrando no
volume

=

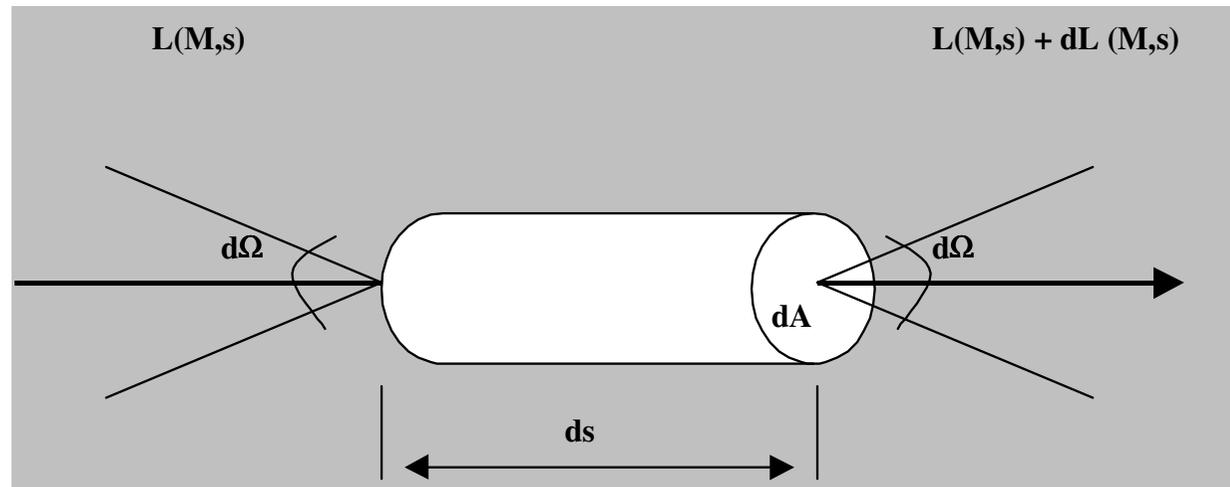
Fluxo de energia recebido
por espalhamento de
outras direções

-

Fluxo de energia perdido
por espalhamento para
outras direções

Modelos Físicos

- Equação de transferência radiativa



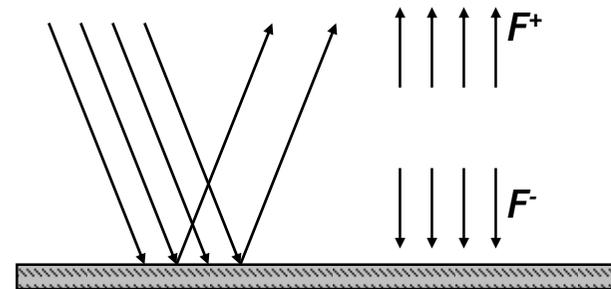
$$\frac{dL_{\lambda}(M, s)}{ds} = -\sigma_{e\lambda}(M) [L_{\lambda}(M, s) - J_{\lambda}(M, s)]$$

Método Dois Fluxos (“two-Stream”)

- Método de solução aproximada da equação de transferência radiativa
 - decomposição do campo de radiação em dois sentidos de propagação opostos na direção perpendicular à superfície – um fluxo de radiação no sentido do topo da atmosfera e outro incidente na superfície

$$\frac{dF^+(\tau)}{d\tau} = \alpha_1 F^+(\tau) - \alpha_2 F^-(\tau) - \alpha_3 \omega \pi F e^{-\tau/\mu}$$

$$\frac{dF^-(\tau)}{d\tau} = \alpha_4 F^+(\tau) - \alpha_5 F^-(\tau) - \alpha_6 \omega \pi F e^{-\tau/\mu}$$



- Boa precisão quando comparado com resultados de modelos que solucionam equação de transferência radiativa de forma exata
- Demanda computacional menor

Histórico – Modelo BRASIL-SR

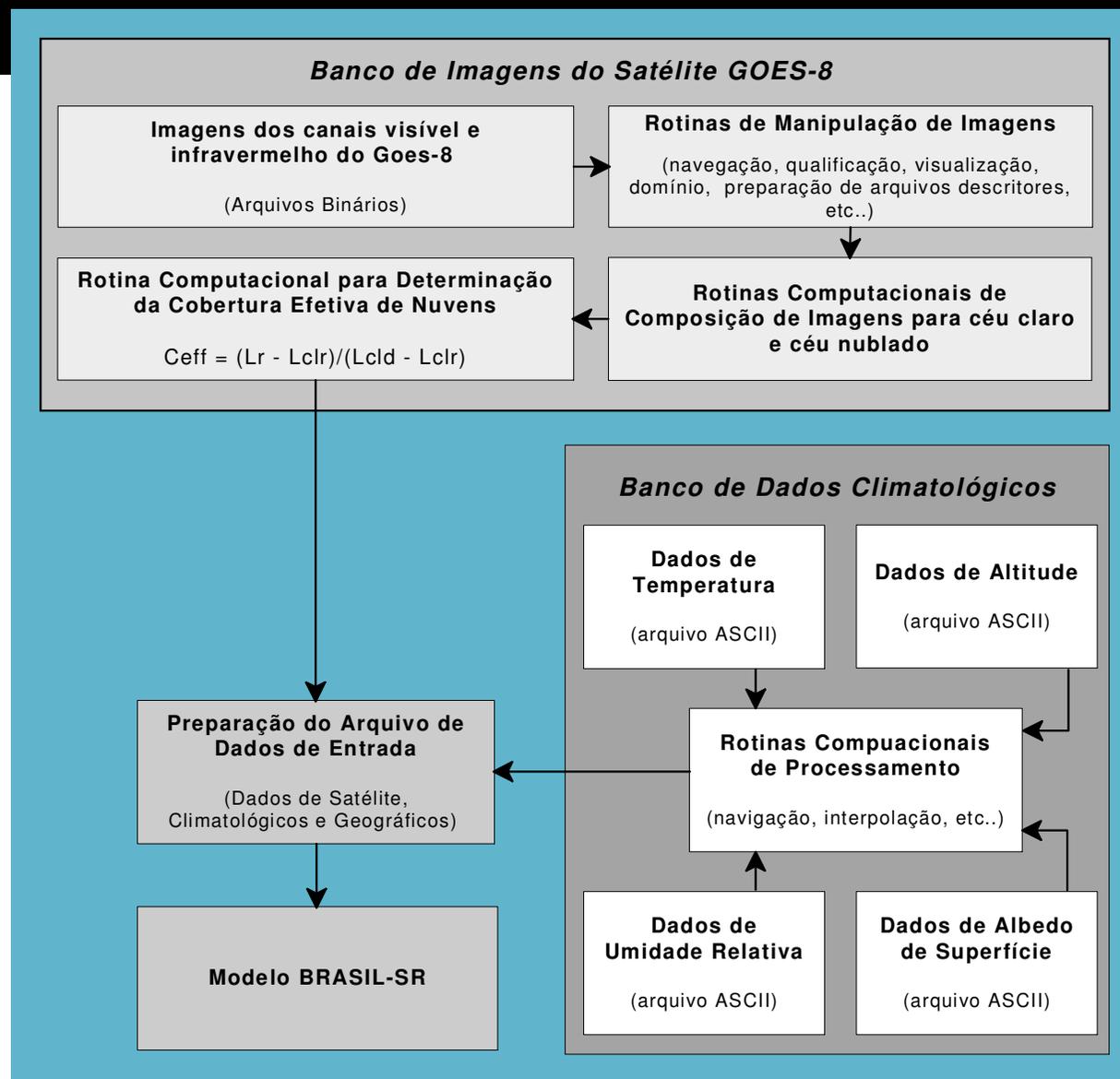
- início do desenvolvimento, em meados da década 90, a partir do modelo IGMK (Stuhlmann et al., 1990):
- colaboração entre o LABSOLAR/UFSC, INPE;
- utilizado na primeira publicação do mapeamento de irradiação solar no território brasileiro publicado em 1998;
 - adotado como um dos modelos de transferência radiativa no Projeto SWERA sendo utilizado para o mapeamento da América Latina (resolução de 40x40km)
 - apresentou resultados bastante positivos quando comparado a outros modelos também adotados no SWERA
- dois produtos do SWERA:
 - ferramenta GIS que integra mapas de irradiação solar com uma base de dados sócio-econômica
 - Atlas de Energia Solar do Brasil

Modelo BRASIL-SR

(descrição do modelo)

Execução do modelo em 2 etapas:

- manipulação dos dados de entrada:
 - temperatura
 - umidade relativa
 - albedo de superfície
 - visibilidade
 - cobertura efetiva de nuvens
- parametrização da atmosfera e solução da equação de transferência radiativa

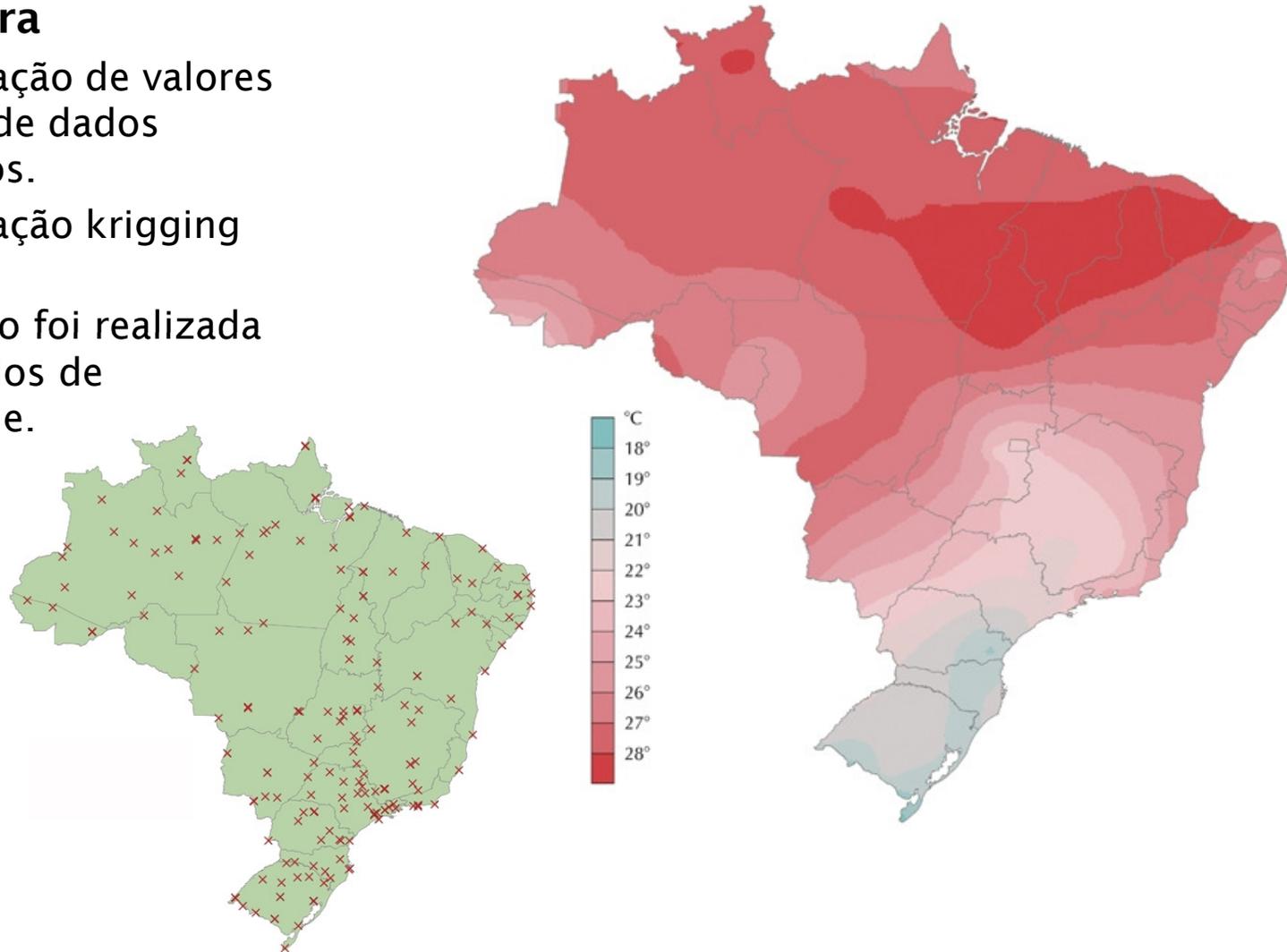


Modelo BRASIL-SR

(Dados de entrada - Temperatura)

★ temperatura

- ✓ Interpolação de valores médios de dados históricos.
- ✓ Interpolação krigging utilizada
- ✓ Validação foi realizada com dados de superfície.

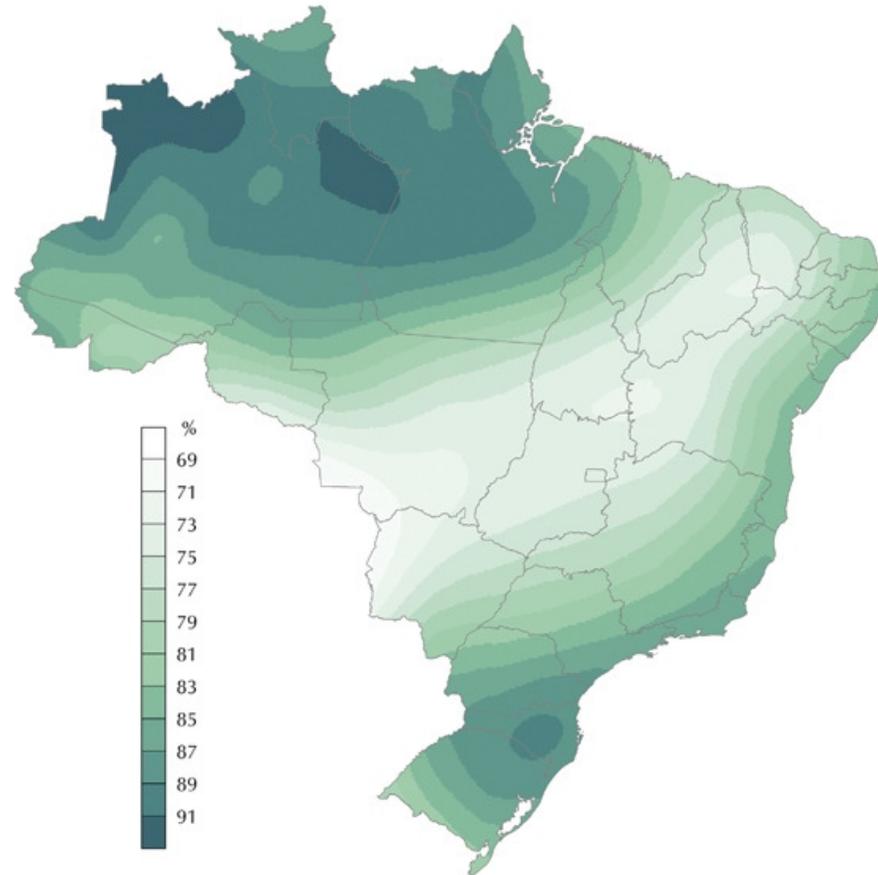


Modelo BRASIL-SR

(Dados de entrada – Umidade Relativa)

★ **umidade relativa**

- ✓ Interpolação de valores médios de dados históricos.
- ✓ Interpolação kriging utilizada
- ✓ Validação foi realizada com dados de superfície

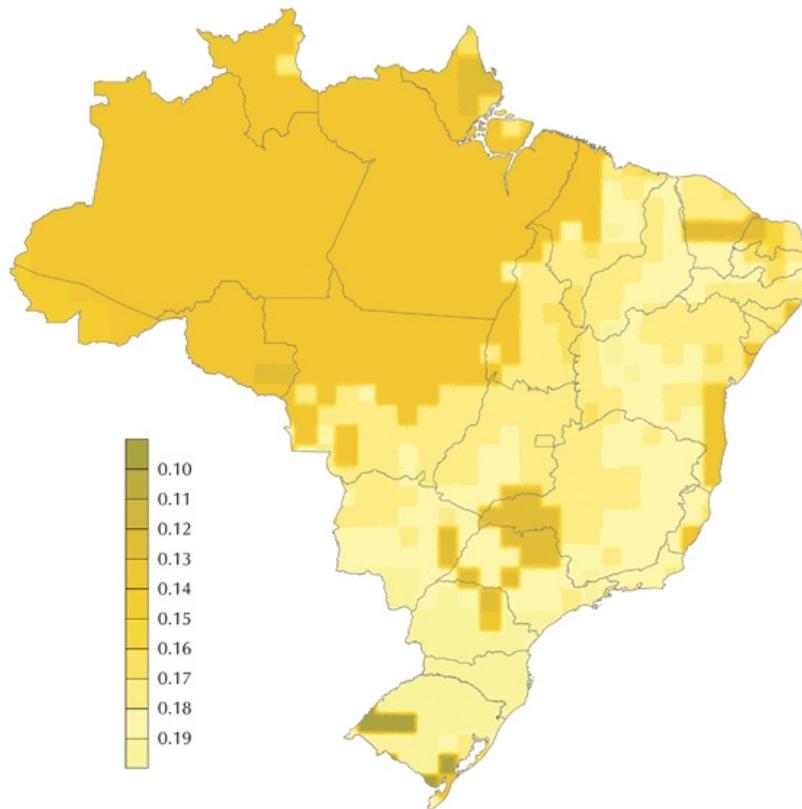


Modelo BRASIL-SR

(Dados de entrada – Albedo de Superfície)

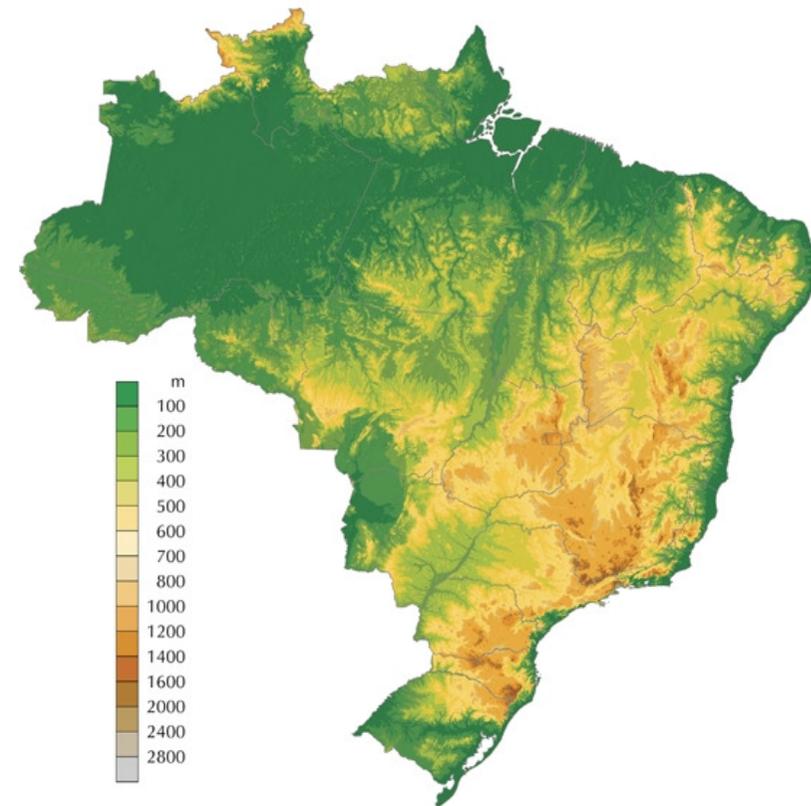
★ Albedo de superfície

- produtos do DAAC-Langley



★ Altitude

- base de dados GTOPO produzida pelo EROS Data Center

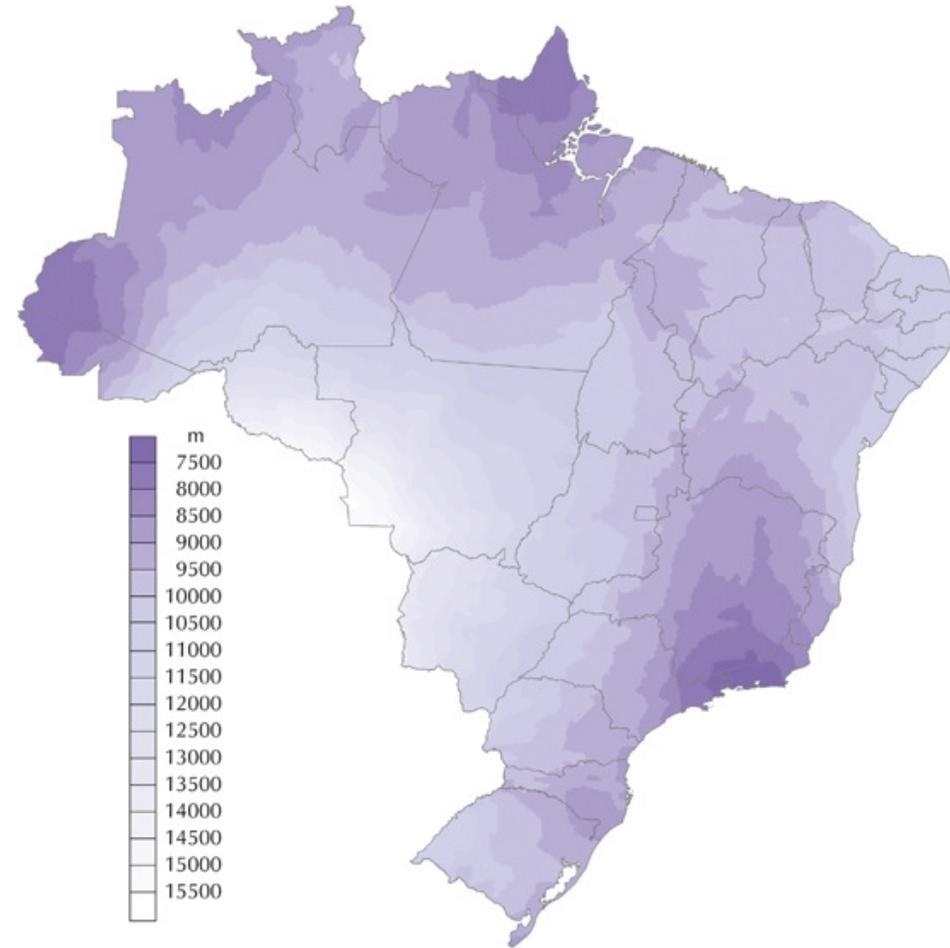


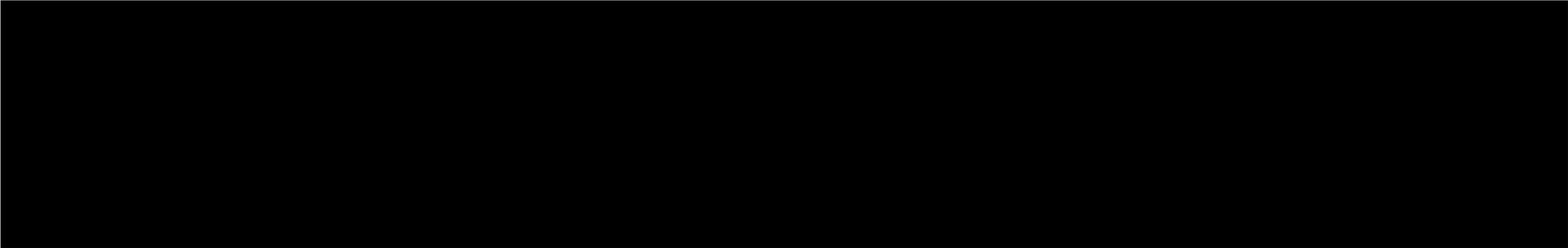
Modelo BRASIL-SR

(Dados de entrada - Visibilidade)

★ Visibilidade

- Valores climatológicos baseados em dados de literatura e interpolação de medidas realizadas em poucos pontos



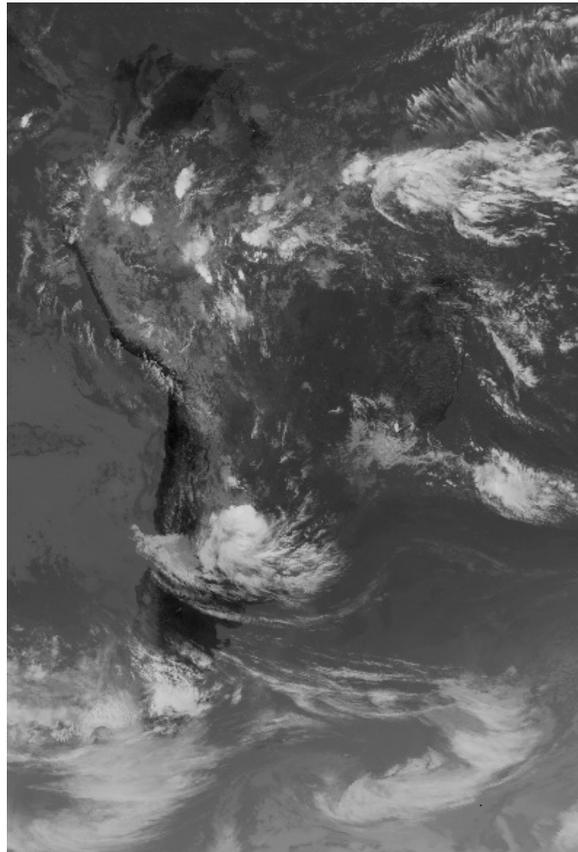


★ **Visibilidade**

- Pesquisa em desenvolvimento para utilizar dados de visibilidade medidos em aeroportos brasileiros

★ Cobertura de Nuvens

- Dados obtidos a partir de análise estatística de imagens de satélite geoestacionários



Modelo BRASIL-SR

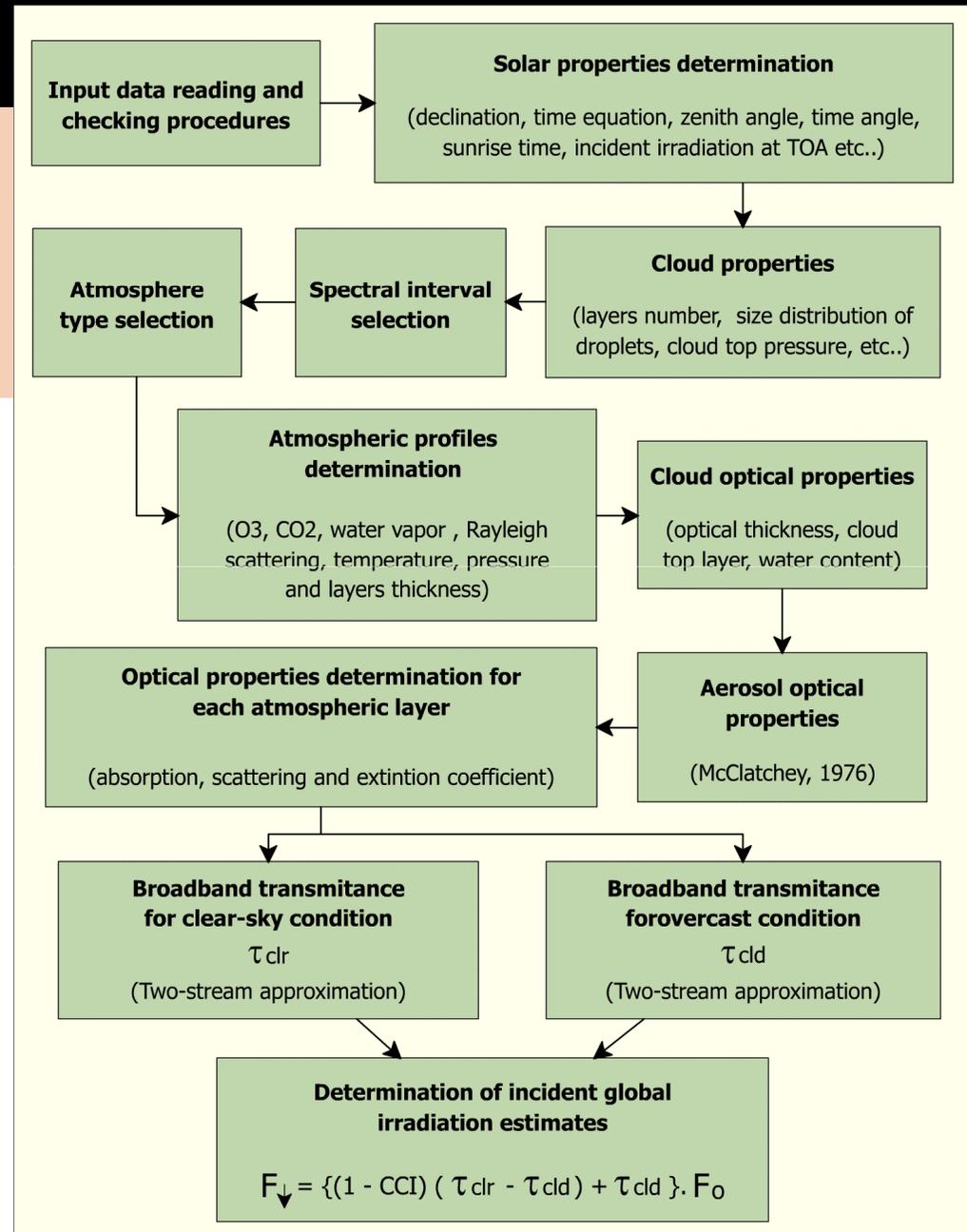
(descrição do modelo)

HIPÓTESES:

- fluxo de radiação está linearmente distribuído entre as 2 condições: céu claro e céu encoberto
- relação linear entre irradiância global na superfície e irradiância refletida no TOA

Etapa 2:

- Emprego do método "Two-Stream"
- Nuvens, aerossóis, O₃, vapor d'água, CO₂, O₂ e espalhamento Rayleigh são parametrizados
- tipo de atmosfera: a partir da temperatura de superfície (5 opções);
- 30 camadas atmosféricas;
- espectro de ondas curtas dividido em 135 sub-intervalos;
- perfis atmosféricos definidos para tipo de atmosfera-padrão;
- perfil de aerossóis: continental 50km com 5 primeiros corrigidos pela visibilidade;
- parametrização de nuvens: Stephens (1978);
- parametrização de aerossóis: Angstrom (1964);
- parametrização de água precipitável: Leckner (1978);



Modelo BRASIL-SR

(descrição do modelo – estimativa da irradiação direta normal)

- aproximação bastante simples
- assume que a contribuição da cobertura de nuvens para a transmitância atmosférica pode ser adicionada à transmitância da radiação direta em condições de céu claro:

$$DNI = G_0 \cdot \tau_{atm-dir} \cdot \tau_{cloud-dir}$$

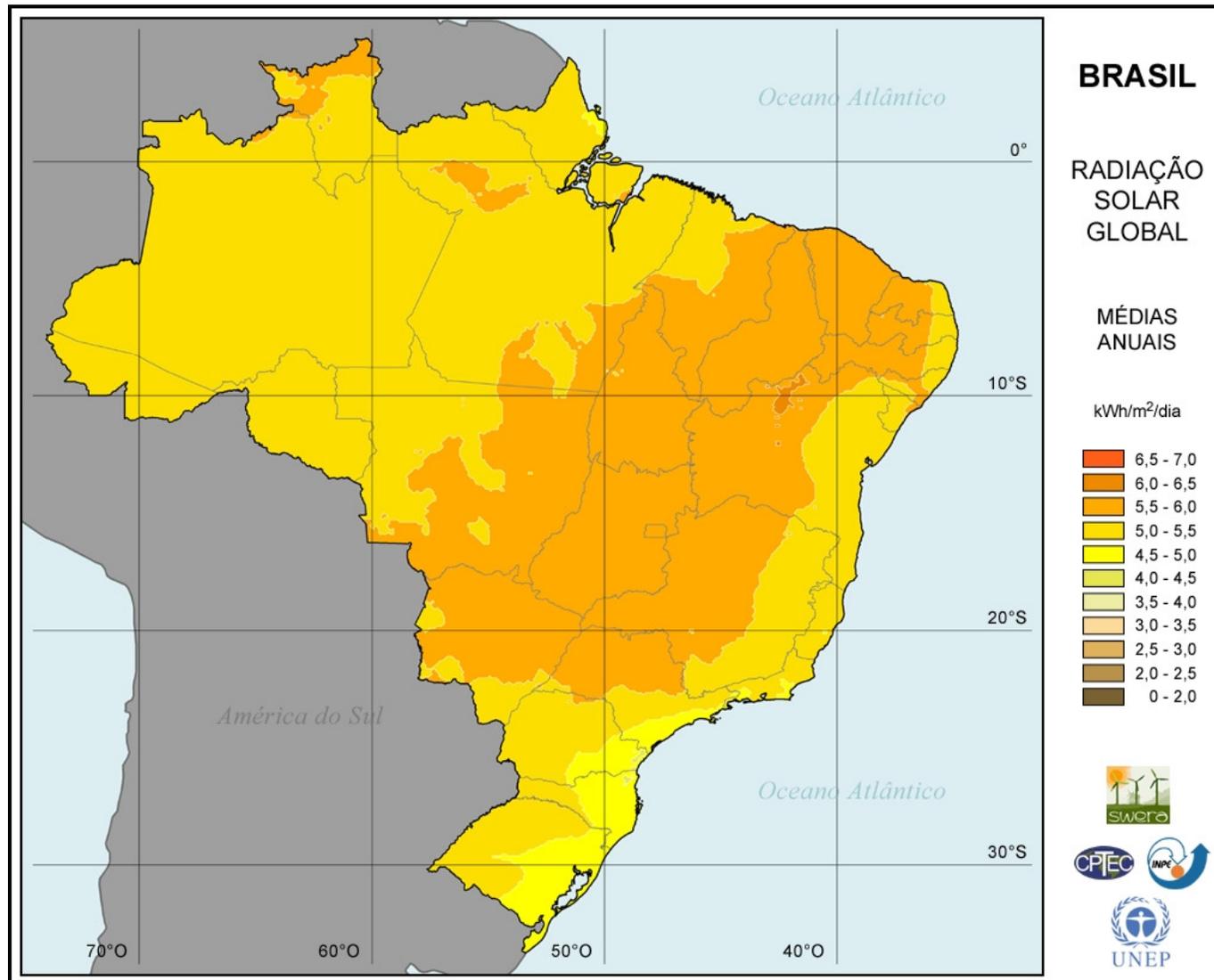
onde $\tau_{cloud-dir}$ é a transmitância da componente direta da radiação solar devida às nuvens

$$\tau_{cloud-dir} = \frac{(1 - \tau_c)}{(\beta - \tau_c)}$$

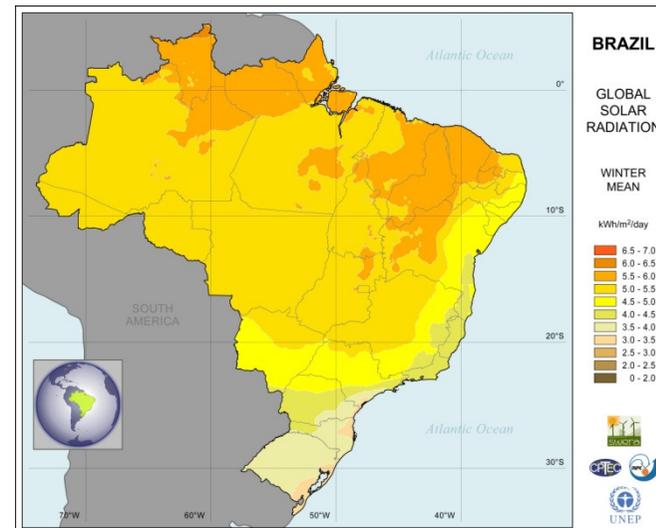
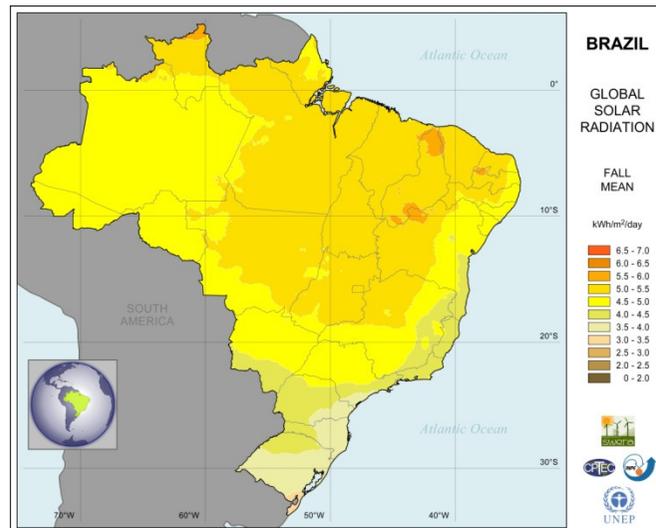
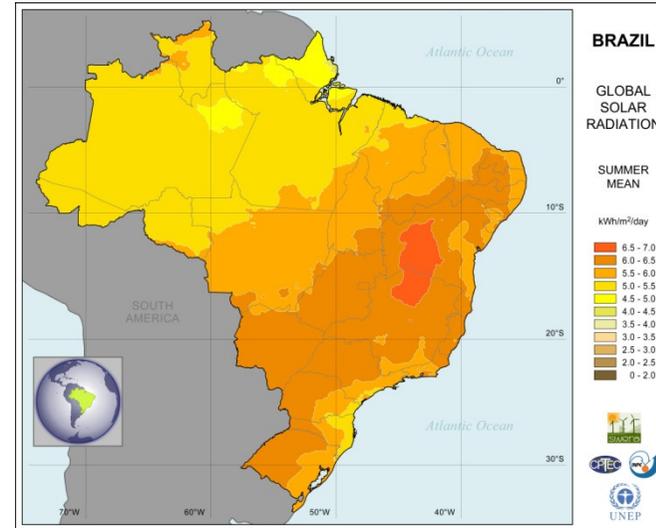
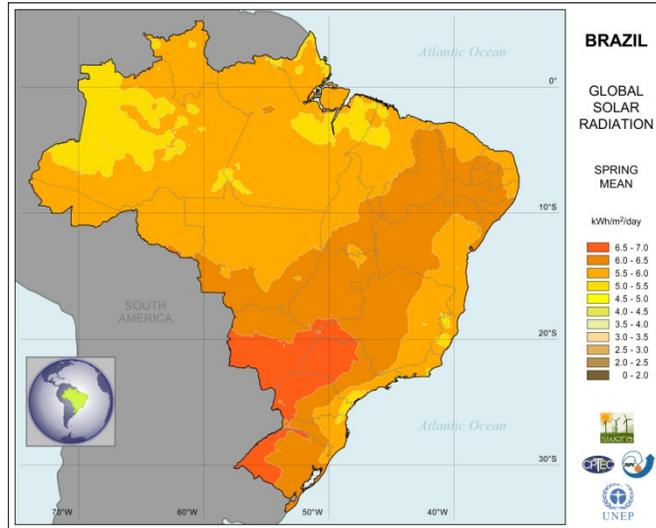
$$\tau_c = (C_{eff} + 0,05)$$

$$\tau_c = 1.0$$

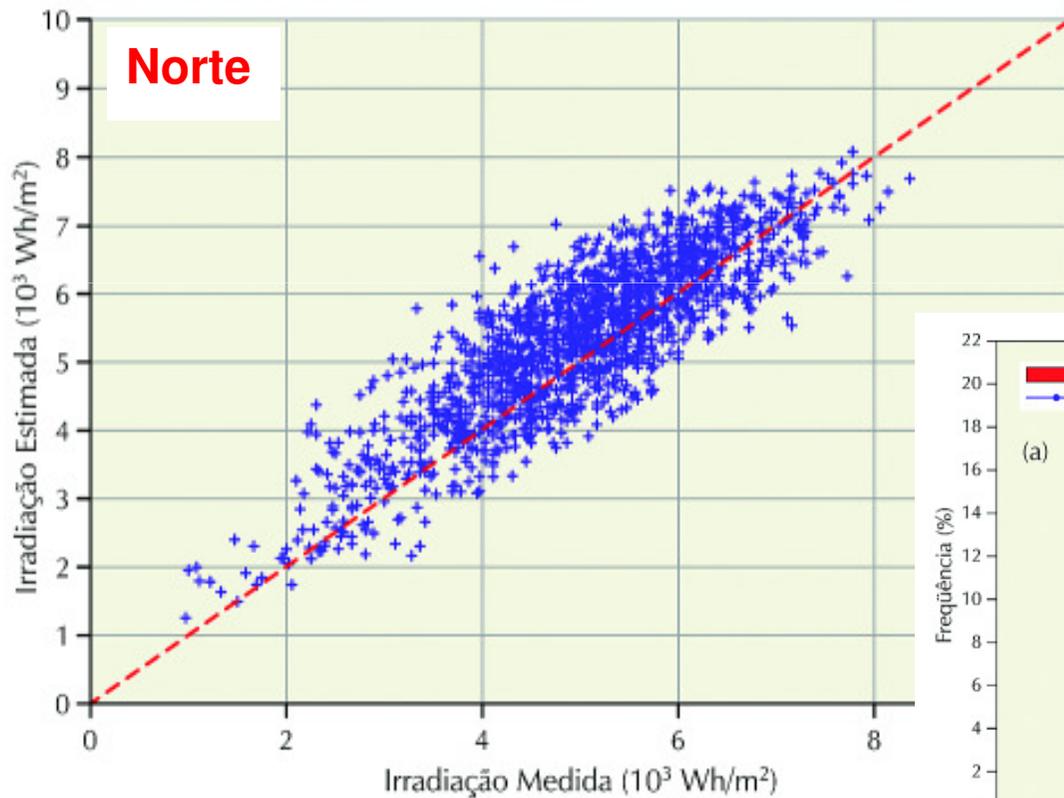
Atlas de Energia Solar do Brasil



Atlas de Energia Solar do Brasil

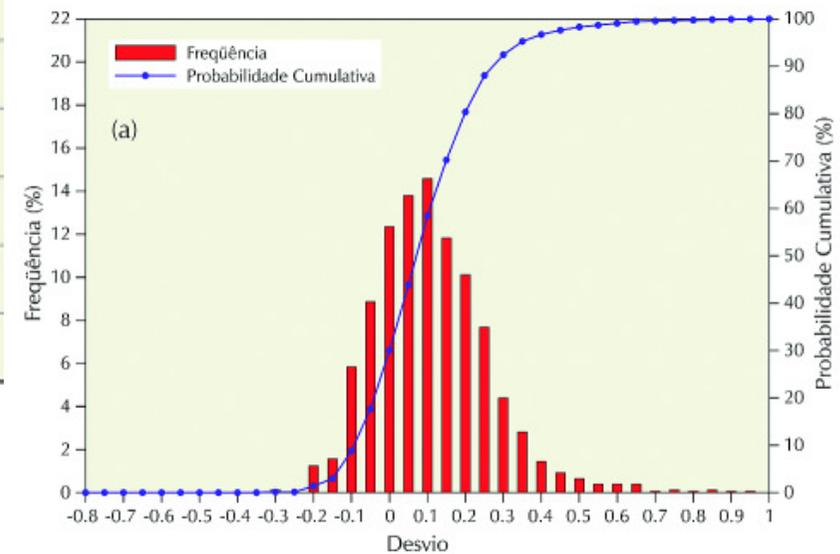


Resultados – validação do modelo

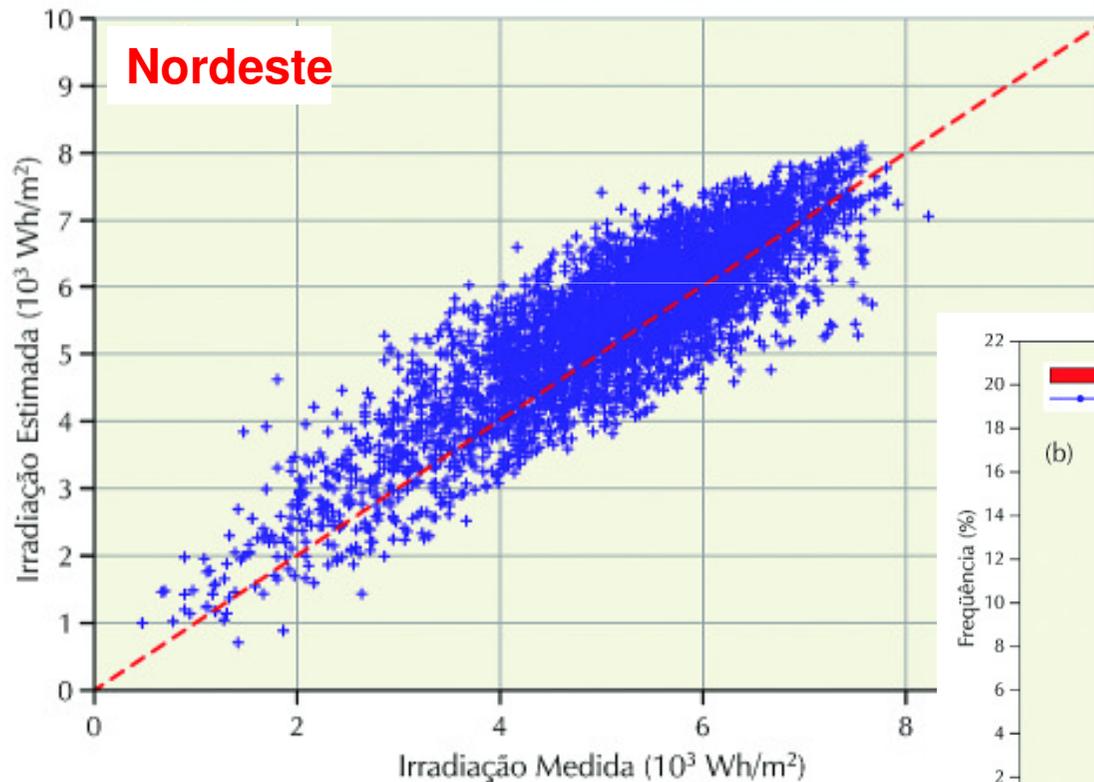


Dados de superfície:

- Estações INMET
- Estação SONDA em Rolim de Moura (RO)

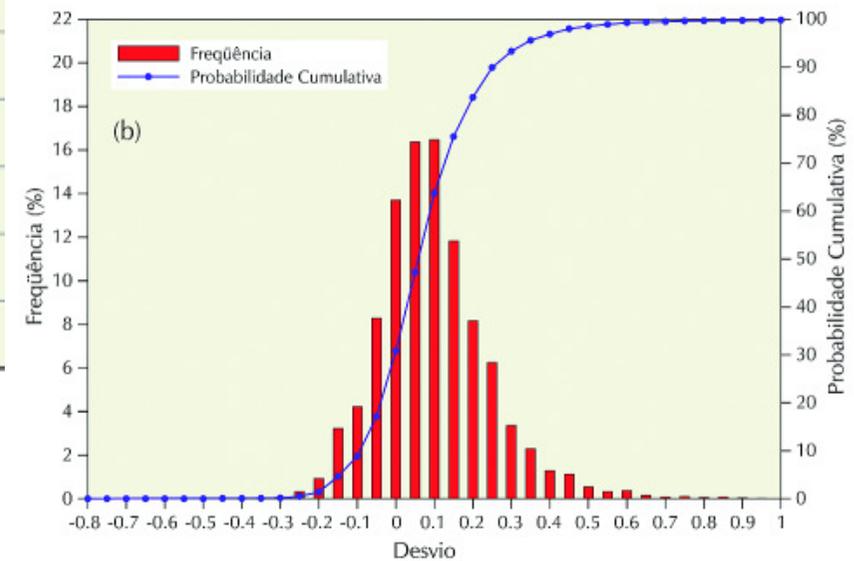


Resultados – validação do modelo

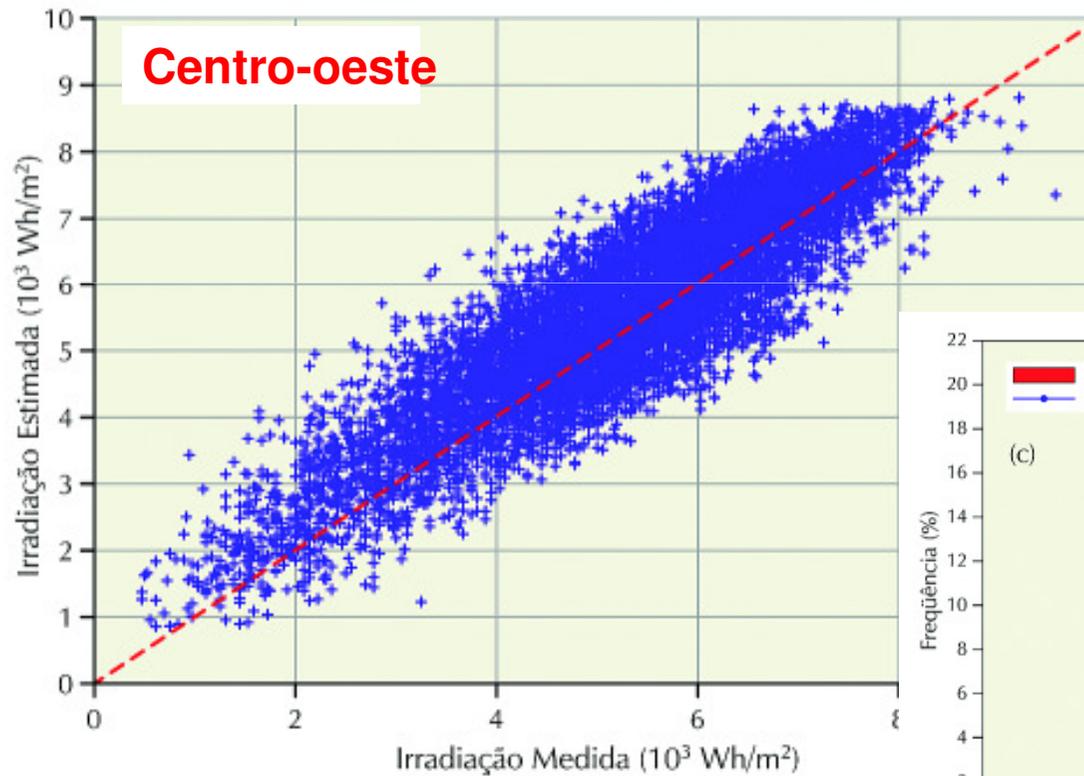


Dados de superfície:

- Estações INMET
- Estação SONDA em Petrolina (PE)

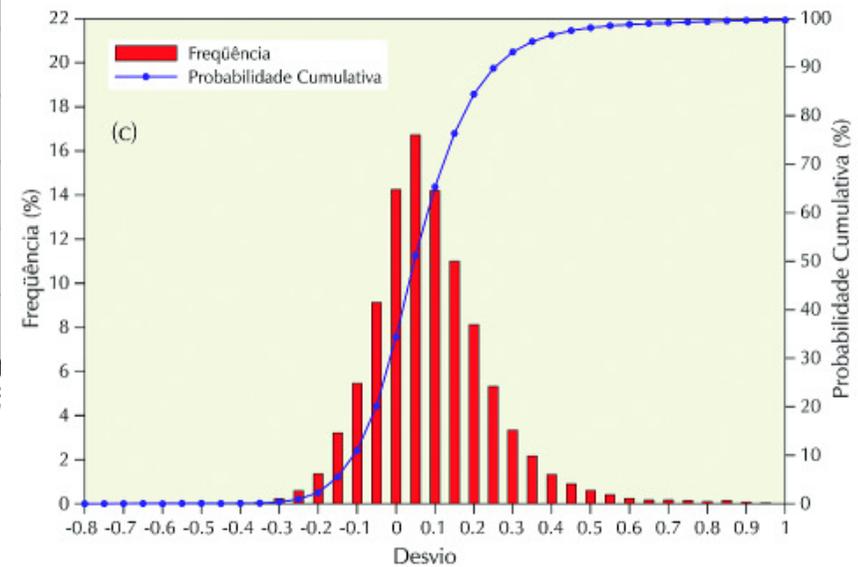


Resultados – validação do modelo

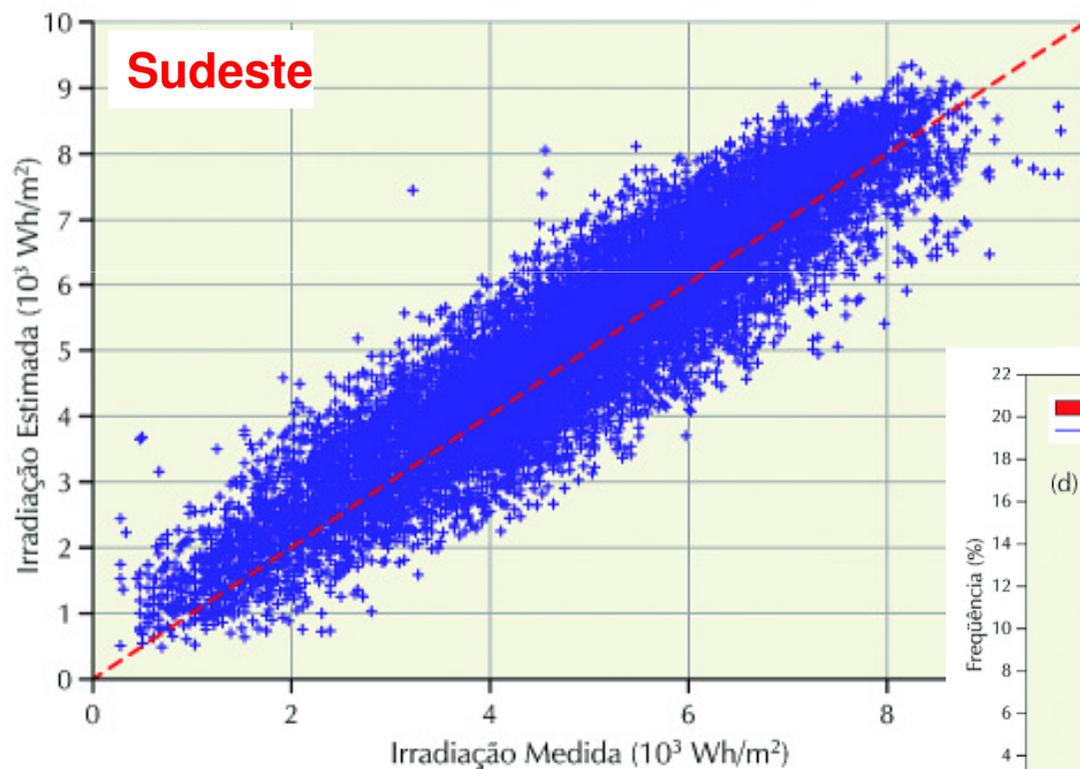


Dados de superfície:

- Estações INMET
- Estação SONDA em Brasília (DF)

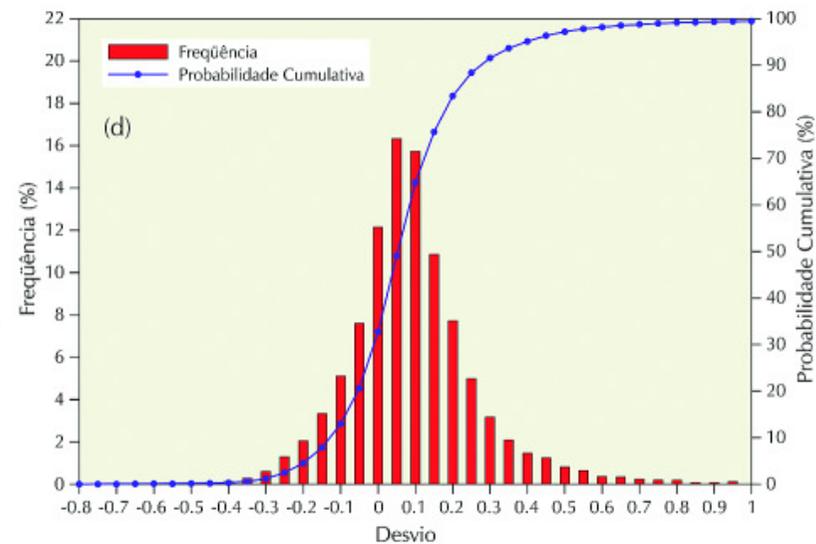


Resultados – validação do modelo

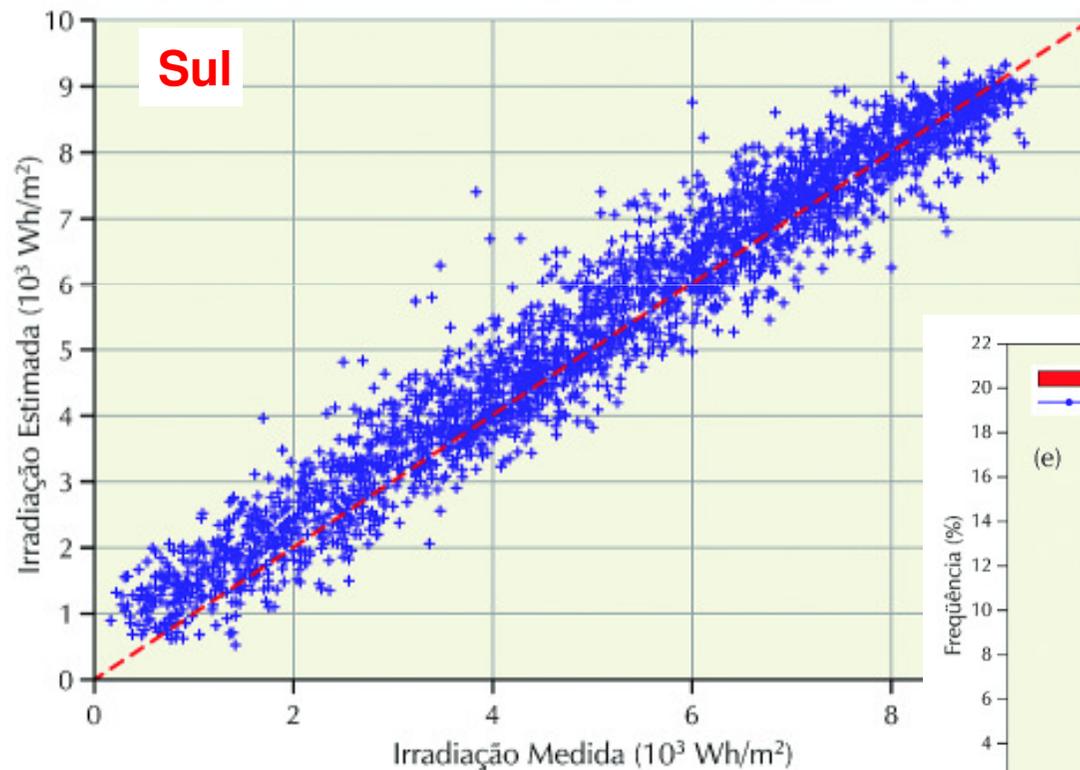


Dados de superfície:

- Estações INMET

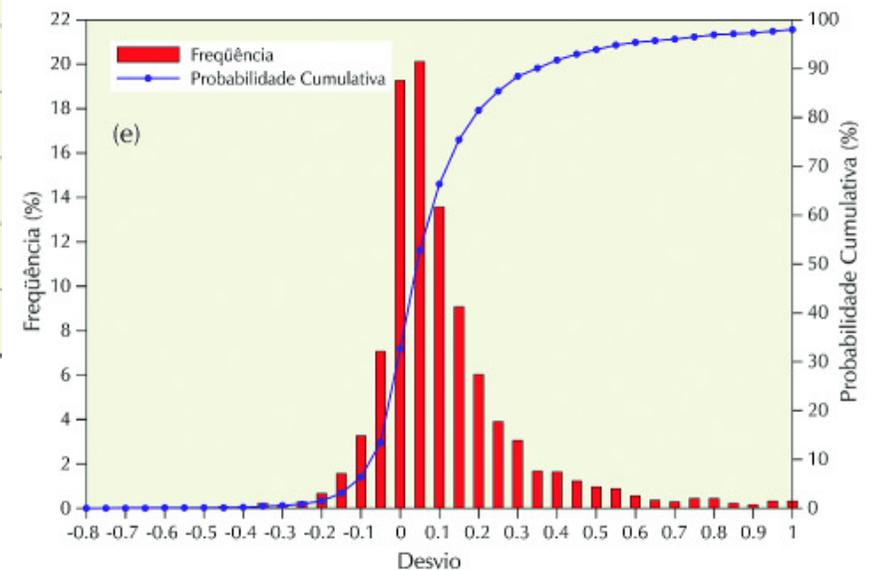


Resultados – validação do modelo

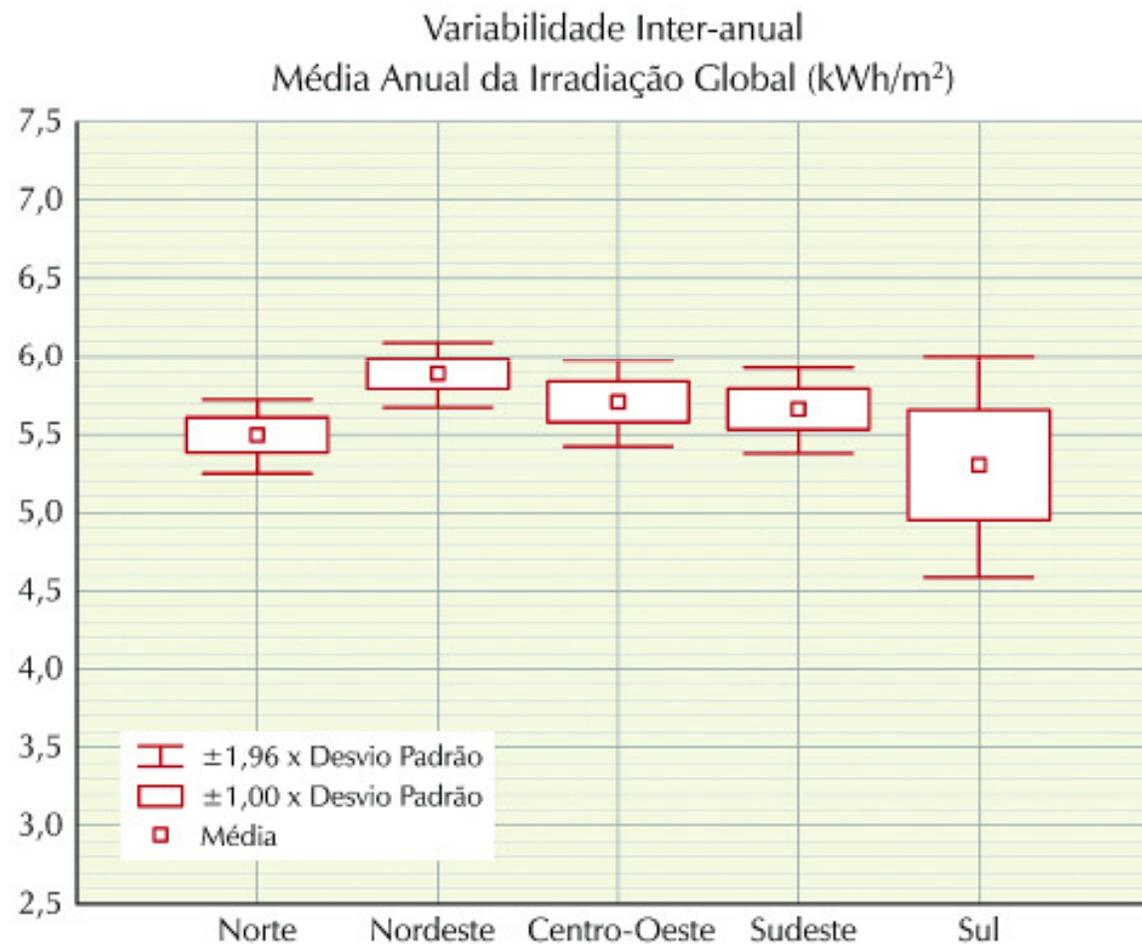


Dados de superfície:

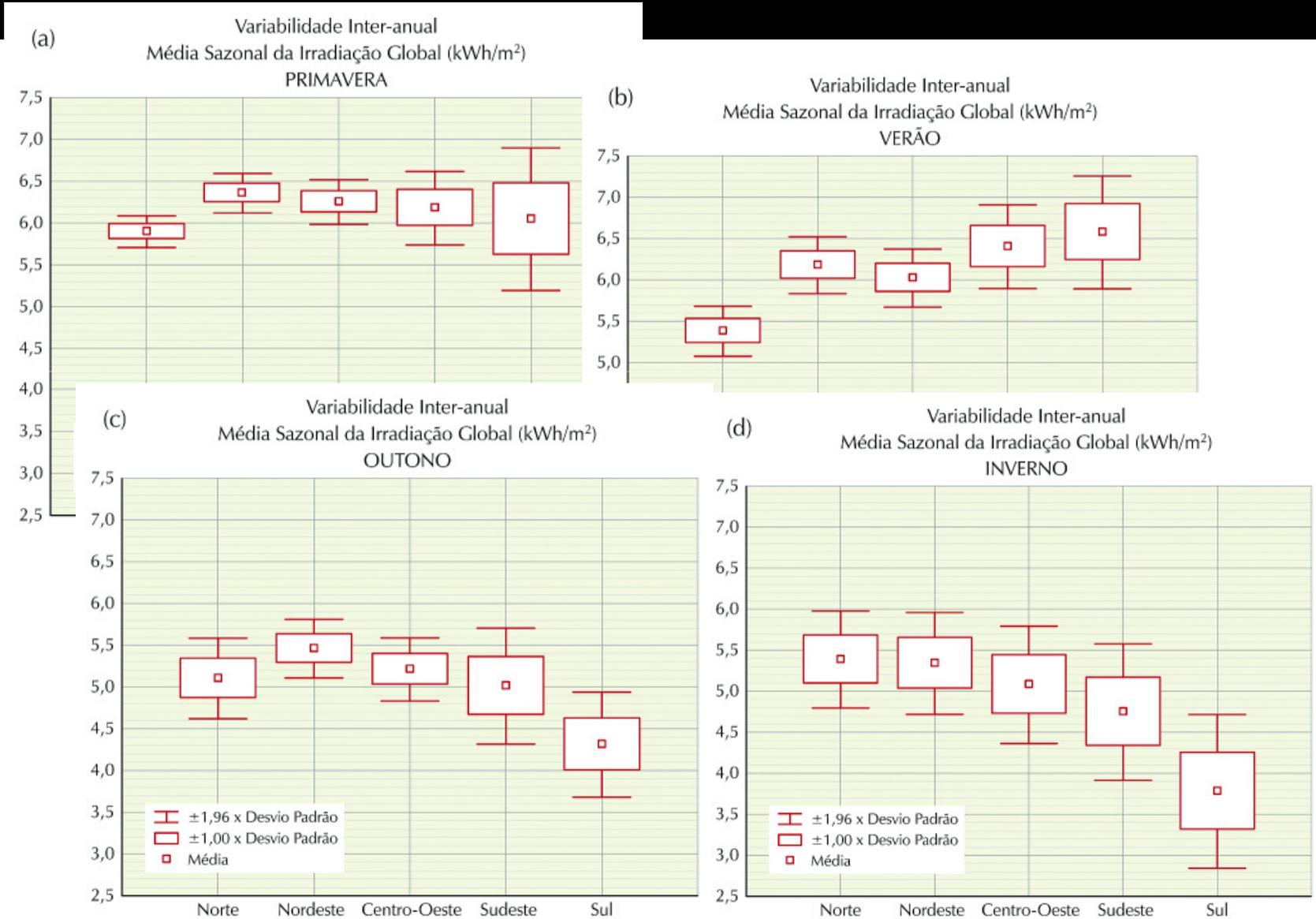
- Estações INMET
- Estação SONDA em São Martinho da Serra(RS)



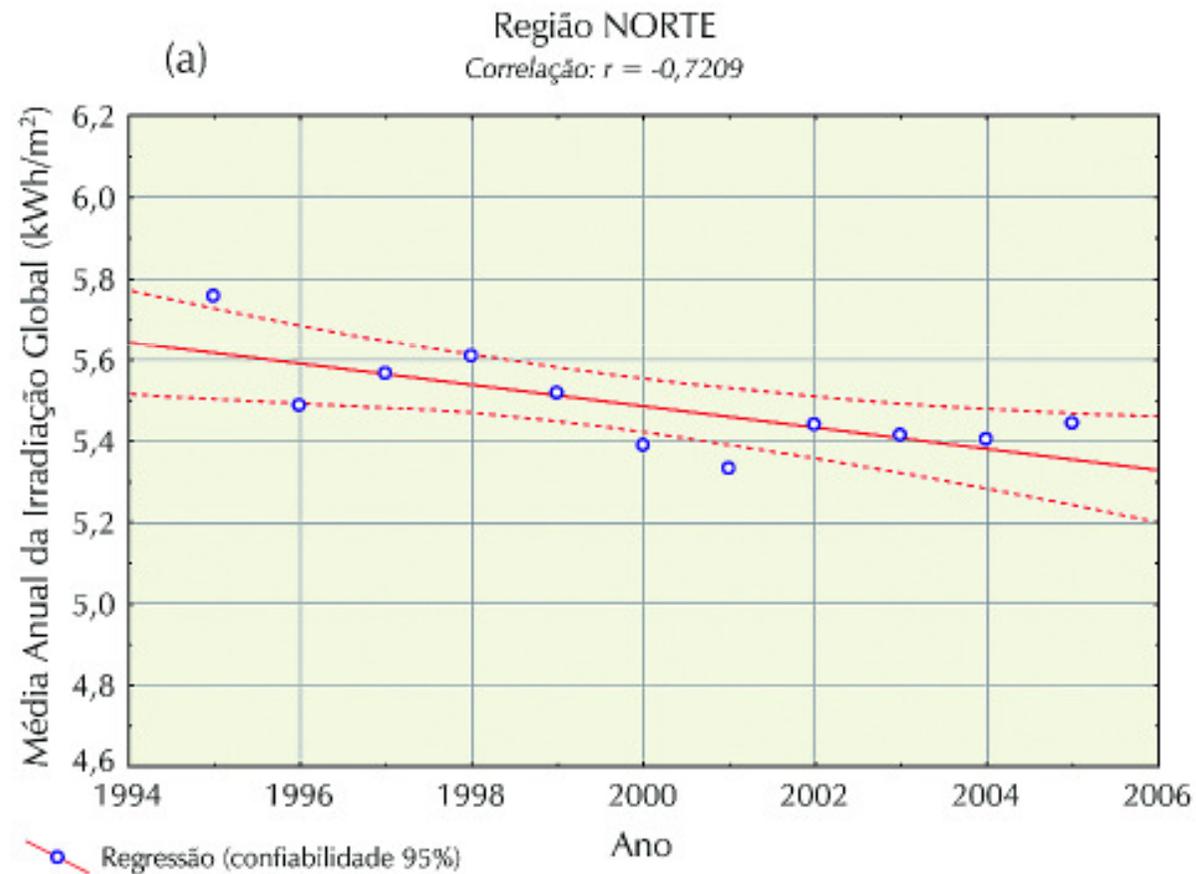
Resultados – variabilidade interanual



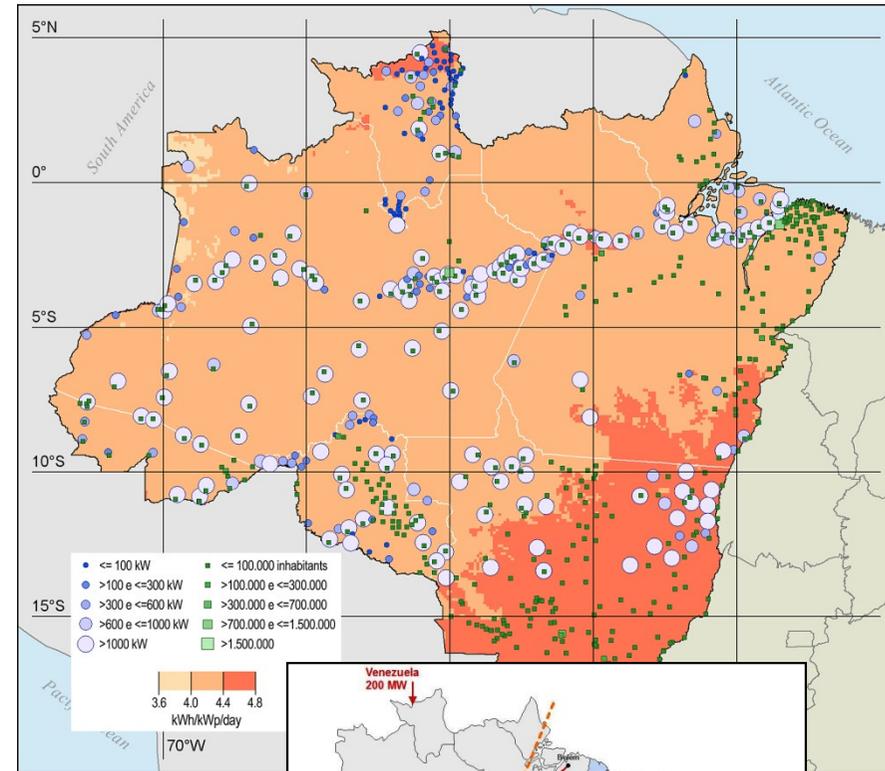
Resultados – variabilidade interanual



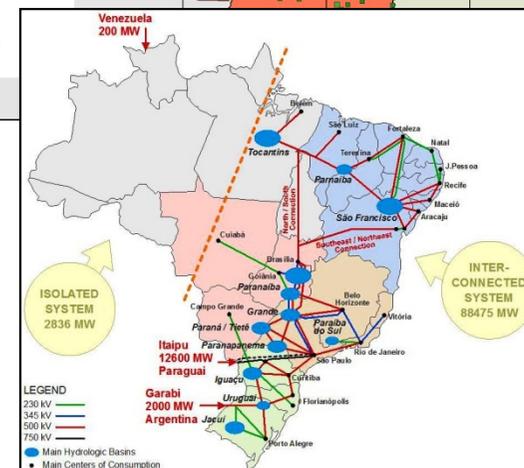
Resultados – variabilidade interanual



Cenários de Energia Solar

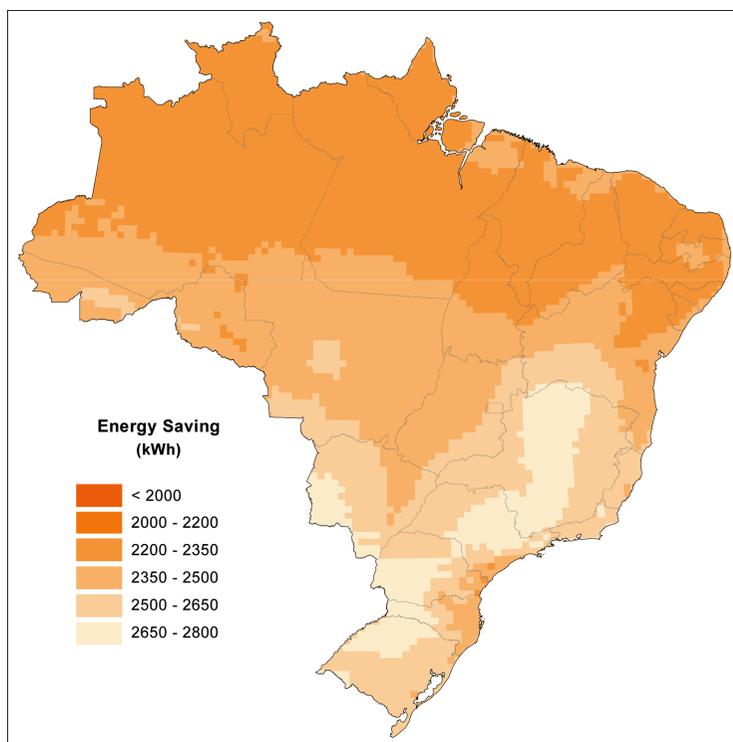


Produção de energia diária em kWh/kWp
Em painéis de silício amorfo inclinados no
ângulo da latitude versus instalações
termoelétricas do sistema isolado
(em colaboração com a UFSC)

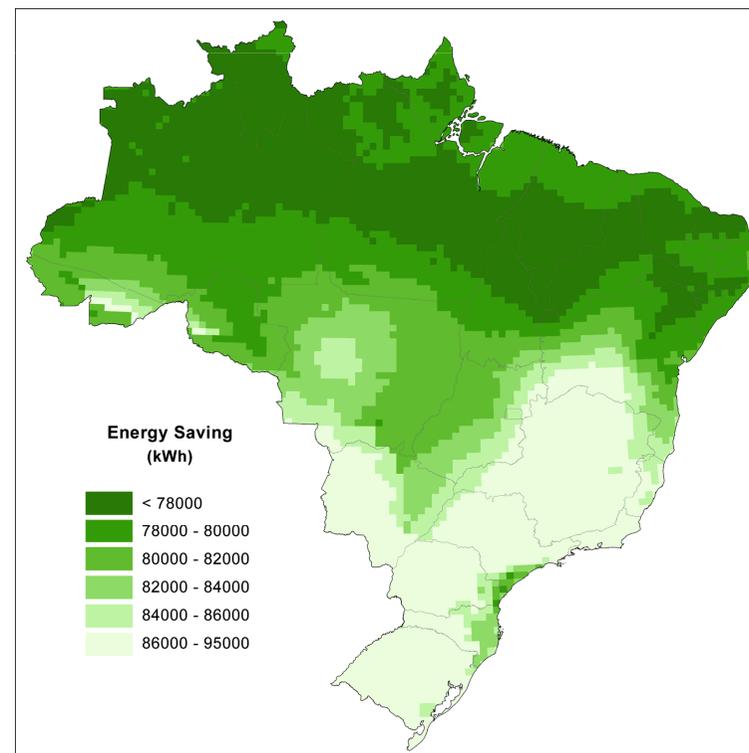


Cenários de Energia Solar

Melhores mercados para a tecnologia de aquecimento solar em residências e instalação diversas



Economia anual de energia elétrica
Em residências típicas através do aquecimento solar da água do chuveiro



Economia anual pelo aquecimento solar da água em processos industriais de grande escala

Energia Eólica

Região Norte
12,8 GW
26,4 TWh/ano

Região Nordeste
75,0 GW
144,3 TWh/ano

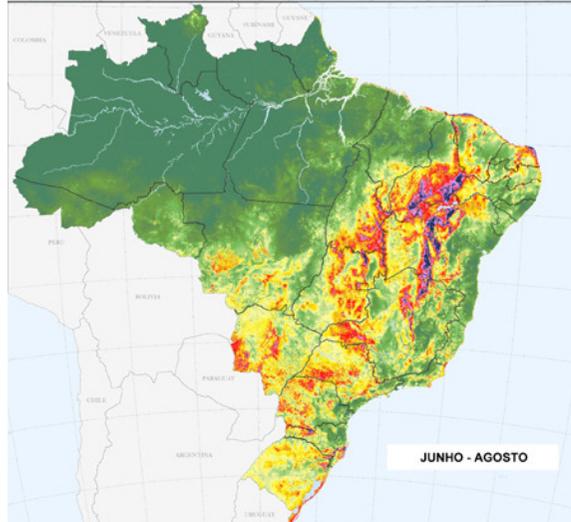
Região Centro-Oeste
3,1 GW
5,4 TWh/ano

Região Sudeste
29,7 GW
54,9 TWh/ano

Região Sul
22,8 GW
41,1 TWh/ano

35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90
VELOCIDADE MÉDIA ANUAL DO VENTO
A 50m DE ALTURA - (m/s)

BRASIL
143,5 GW
272,2 TWh/ano



Energia eólica

Simulações com modelagem numérica

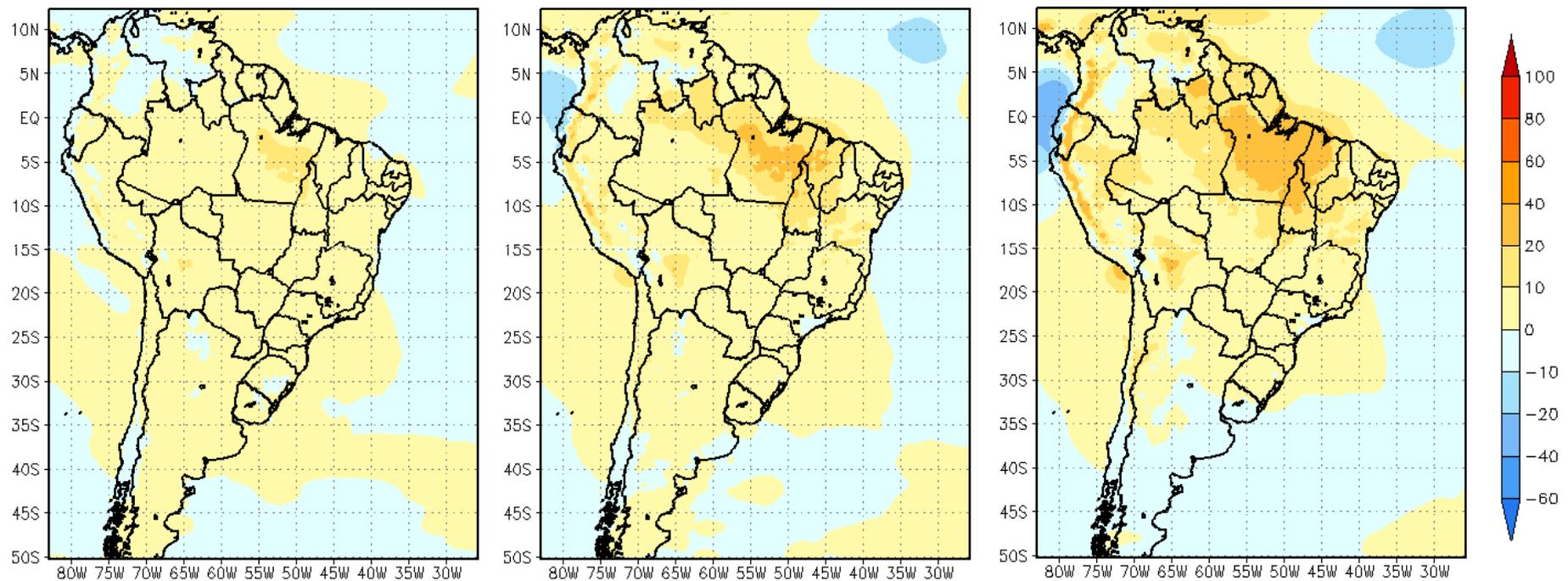
- INPE
 - Modelo Regional Eta (CPTEC);
 - Condições de contorno do modelo global HADCM3 (Hadley Center - UK MetOffice);
 - Integração de 31 anos, 1960-1990, total de 267.840 horas;
 - A frequência de saída a cada 6 horas;
 - Resolução horizontal de 40 x 40 km com 38 camadas verticais.

Simulações com modelagem numérica

- Influência das alterações do clima
 - Condições do cenário A1B (IPCC);
 - É o meio termo entre os seis cenários, sendo o B1 (+ otimista) e o A1F1 (+ pessimista);
 - Considera um uso equilibrado das fontes fósseis e não fósseis, no qual não há forte dependência de um tipo específico de fonte de energia.

Resultados – América do Sul

Magnitude do vento (%)



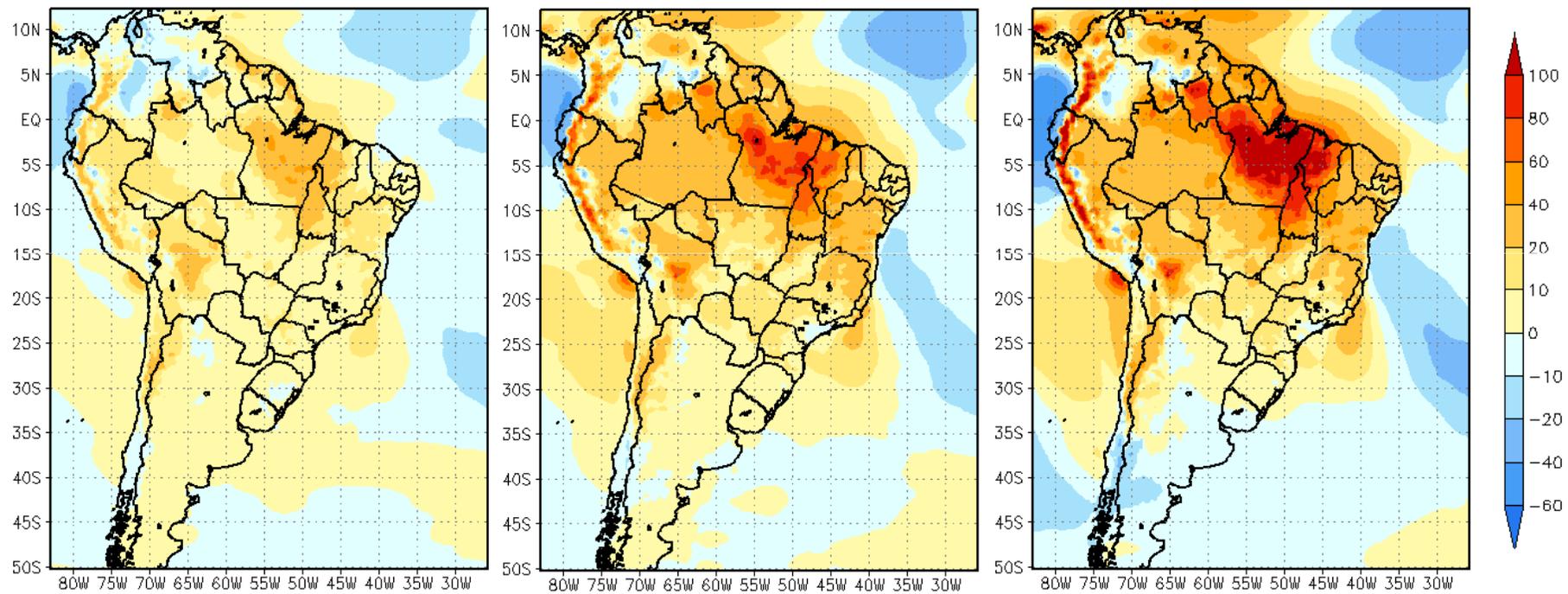
(2011-2040) - BASELINE

(2041-2070) - BASELINE

(2071-2099) - BASELINE

Resultados – América do Sul

Densidade de potência (%)



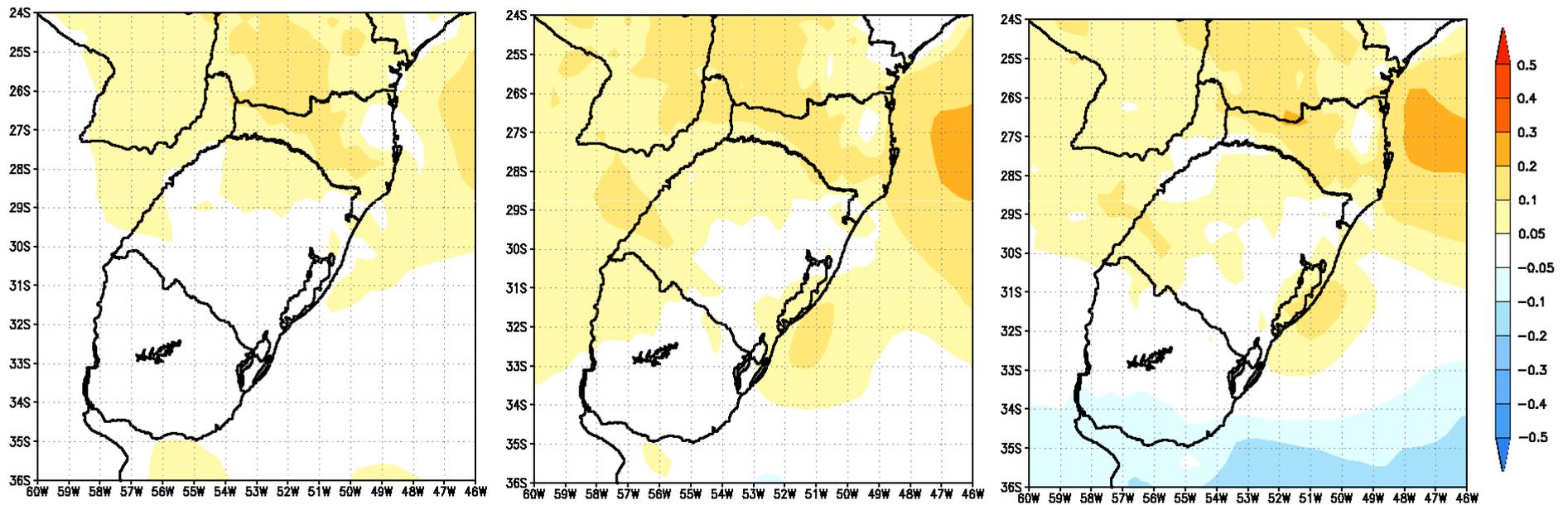
(2011-2040) - BASELINE

(2041-2070) - BASELINE

(2071-2099) - BASELINE

Resultados – Região Sul

Magnitude do vento (%)



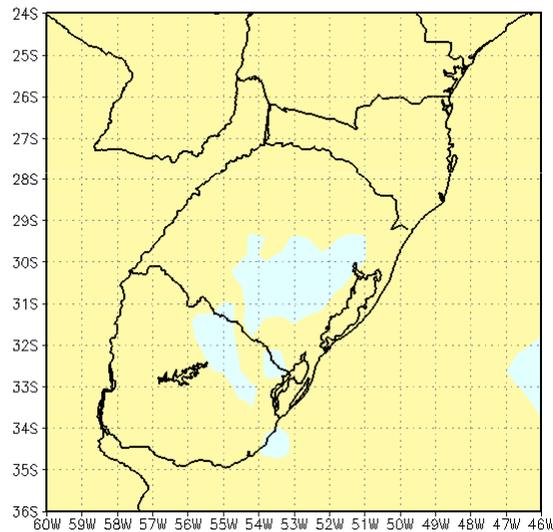
(2011-2040) - BASELINE

(2041-2070) - BASELINE

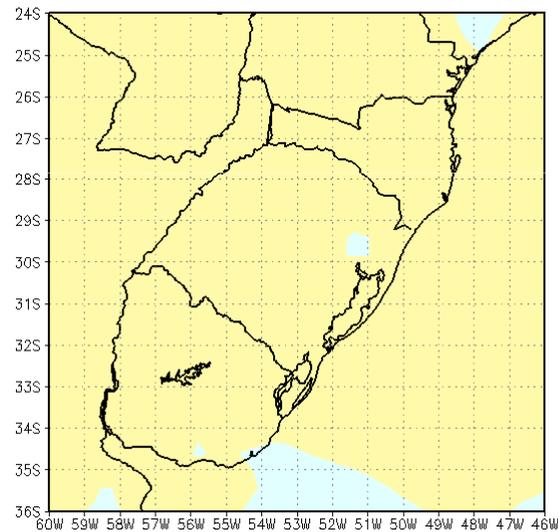
(2071-2099) - BASELINE

Resultados – Região Sul

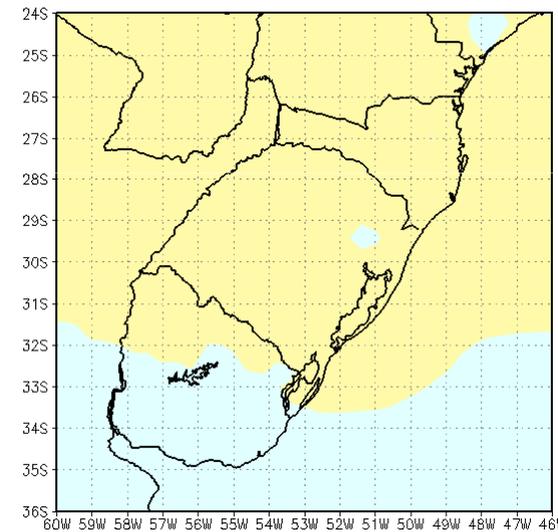
Densidade de potência (%)



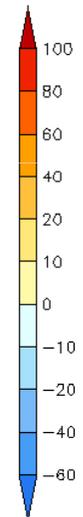
(2011-2040) - BASELINE



(2041-2070) - BASELINE

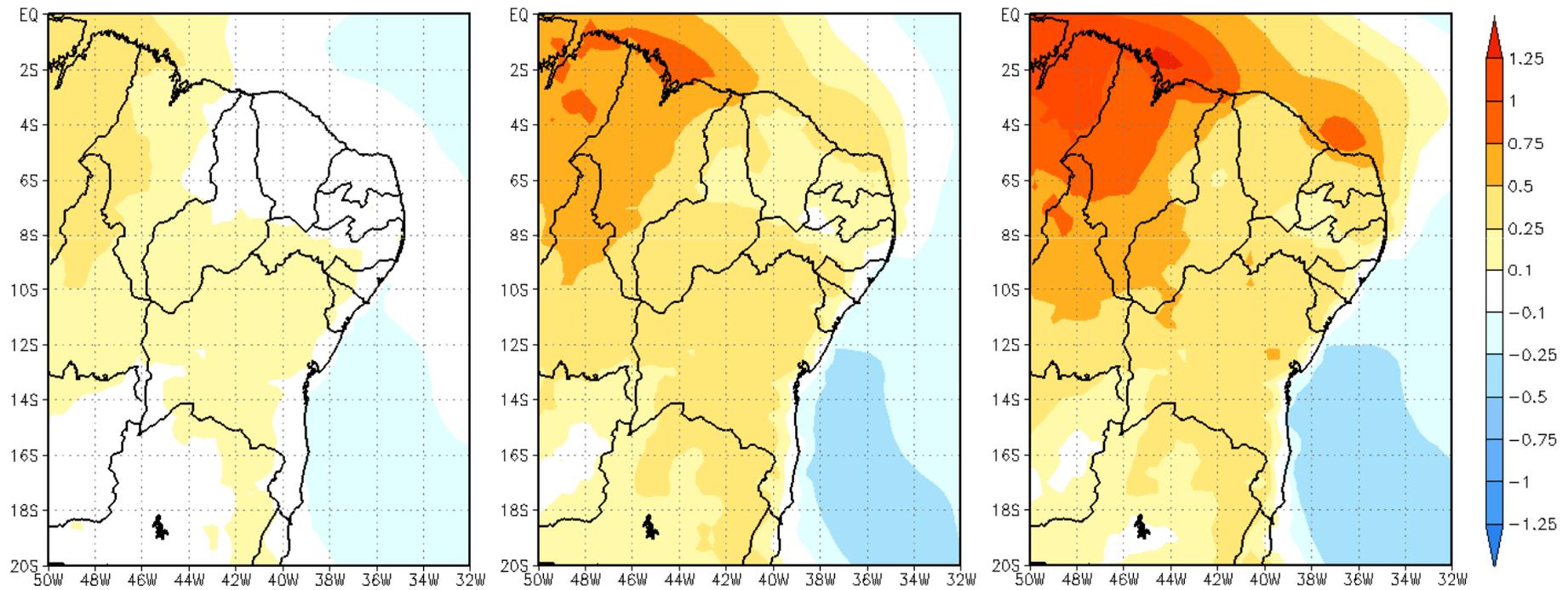


(2071-2099) - BASELINE



Resultados – Região Nordeste

Magnitude do vento (%)



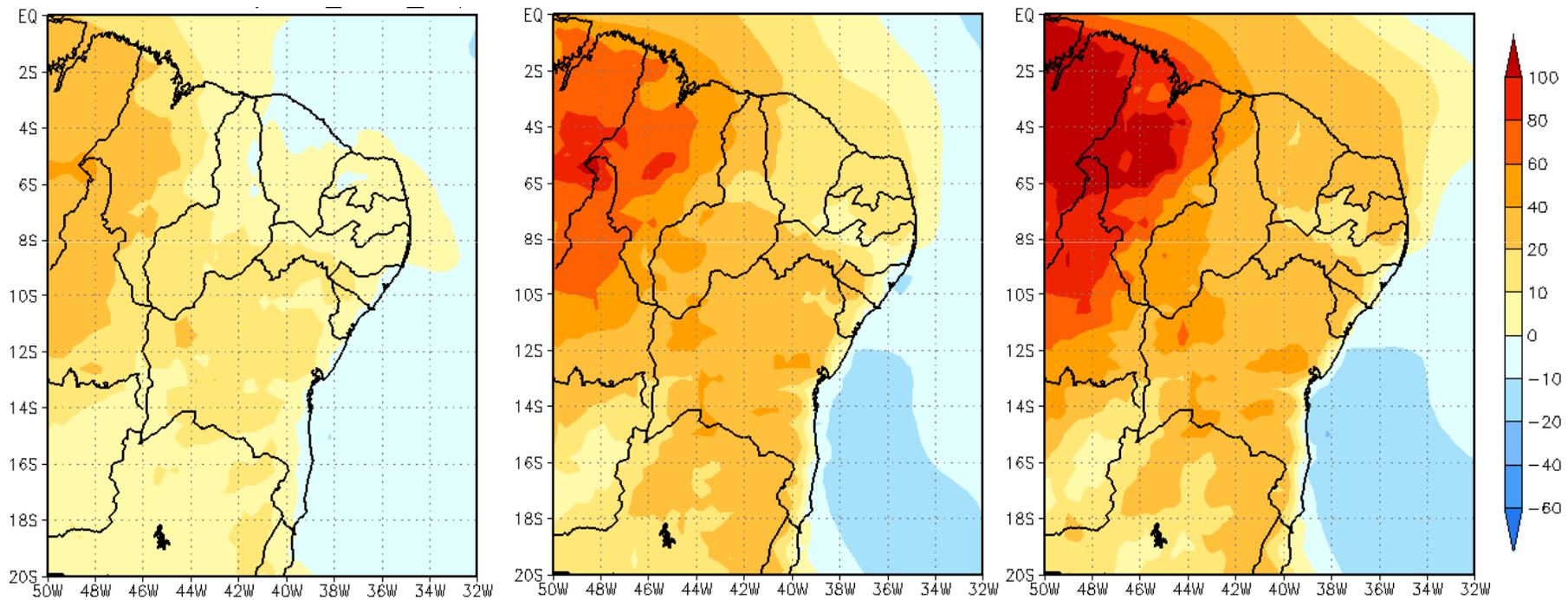
(2011-2040) - BASELINE

(2041-2070) - BASELINE

(2071-2099) - BASELINE

Resultados – Região Nordeste

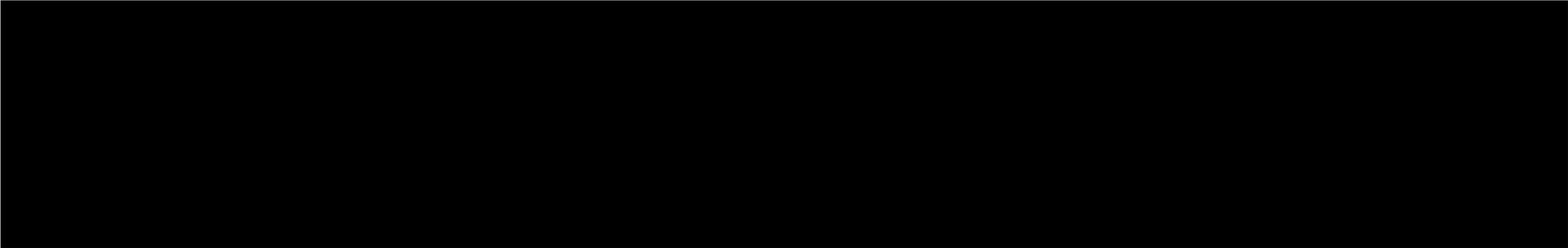
Densidade de potência (%)



(2011-2040) - BASELINE

(2041-2070) - BASELINE

(2071-2099) - BASELINE



- Obrigado

- Gracias

- Contato: fernando.martins@inpe.br