

Relatório Pesquisa GSTAR RT-001-2023

DISSM/CGCT/INPE

ESTIMATIVA DE RADIAÇÃO SOLAR À SUPERFÍCIE: MODELO GL VERSÕES 1.2 E 1.4

Configuração Modular

Relatório Preliminar

Juan C. Ceballos¹, Hallan S. de Jesus^{1,2}, Anthony C.S. Porfirio³, Simone M.S. Costa¹

(1) Divisão de Satélites e Sensores Meteorológicos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil

(2) Pós-Graduação em Meteorologia, PGMET, INPE

(3) Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Brasil

Surface solar radiation assessment: Model GL versions 1.2 and 1.4. Modular configuration. Preliminary Report. Ceballos et al. 2023. URL reference: [G-STAR Research Report](#) RT-001-2023

e-mail for contact: gstar@inpe.br

Resumo.

Estimativa de radiação solar à superfície: modelo GL versões 1.2 e 1.4. Configuração Modular. Relatório Preliminar GSTAR RT-001-2023

É descrito o modelo GL de estimativa de radiação solar por satélite, organizado numa estrutura modular: um programa principal comanda ações (subrotinas ou funções) que são específicas e podem ser atualizadas ou mudadas de forma controlada, sem afetar a essência do programa principal. A estrutura descrita está desenhada para trabalhar em ambiente MatLab (compatível com Octave), e pode ser rapidamente adaptada para um ambiente Python. Ela não tem (ainda) caráter operacional, mas contém os elementos fundamentais para aprimorar a versão GL 1.2 gerando uma GL 1.4 que a inclui mas também introduz a variabilidade espacial e temporal de parâmetros atmosféricos e de superfície. A operação atual está restrita a processar o modelo GL (versão 1.2) aplicado a imagens da América do Sul no canal VIS do GOES (Imager e, atualmente, ABI). Já foi testada a operação com imagens Meteosat SEVIRI (canal VIS, versões GL1.2 e GL1.4) na América do Sul e Europa, com resultados encorajadores.

A estrutura descrita neste relatório é modular do ponto de vista das ações (funções, rotinas) incluídas, aplicadas a imagens e parâmetros atmosféricos e de superfície considerados como matrizes de dados. Um conjunto de 3 "cartões" (*cards*) informa sobre o tipo de arquivos de entrada (imagens) disponíveis, e sobre os parâmetros (variáveis) de imagem e componentes atmosféricos (pressão atmosférica, coluna de ozônio, água precipitável, refletâncias de base associadas a superfície e nuvens) e região de recorte para processamento. O programa tem um módulo inicial (módulo gerencial) que lê estes cartões e organiza as matrizes necessárias e ações para avaliar (num módulo físico) a radiação global na área escolhida.

A filosofia do método é possuir uma versão unificada do GL trabalhando tanto nas versões 1.2 como 1.4 (com o mesmo núcleo de conceitos físicos e procedimentos de cálculo) operando tanto nas versões 1.2 como 1.4, em sub-regiões definidas pelo usuário. Este Relatório preliminar não inclui a descrição detalhada de todas as funções/rotinas.

Abstract

Surface solar radiation assessment: Model GL versions 1.2 and 1.4. Modular configuration. Preliminary Report GSTAR RT-001-2023

We describe the model GL for satellite-based estimation of global irradiance, organized in a modular structure: a main program commands actions (subroutines or functions) with specific functionalities that can be updated or changed individually, without affecting the essence of main program. The structure was adapted to work with MatLab or Octave scripts and can be easily adapted to Python environment. It has not (yet) operational characteristics but contains the ground elements for enhancing GL 1.2 version and become a GL 1.4 version, which allows spatial and temporal variability atmospheric and surface parameters. Present operational version is restricted to run GL 1.2 version extended over South America using images GOES VIS imagery (Imager in former satellites, and presently ABI sensor). It has been also tested (versions GL 1.2 and GL 1.4) with Meteosat SEVIRI imagery over South America and Europe, with encouraging results.

Structure described in this Report is modular including actions (functions, routines) applied to images and atmospheric/surface parameters considered as data matrices. A set of 3 "cards" informs about the input files (images) available, as well as about parameters (variables) describing physical/radiative properties of atmosphere and surface (surface pressure, ozone, water vapor and carbon dioxide columns), and region for running the model. The main program contains a first step ("managing modulus") which reads these cards and builds suitable matrices for image processing in a second step ("physical modulus"), yielding irradiance distribution over the chosen area.

Method philosophy is to define a unified version of GL running versions 1.2 or 1.4 (with the same nucleus of physical concepts and mathematical procedures), applied to a user-defined region. This preliminary Report does not include detailed description of the whole set of functions/routines.

Sumário

1. Introdução
2. Estrutura conceitual do modelo GL
 - 2.1. A versão GL 1.2
 - 2.2. Algumas propriedades de superfície e de nuvens
 - 2.3. Impacto da refletância mínima R_{min} : do modelo GL 1.2 ao GL 1.4
 - 2.4. Sensores multiespectrais e versões do GL
3. Campos de informação
 - 3.1. Imagens GOES e ABI
 - 3.2. matriz $R_{base}(N_{lin}, N_{col}, 3)$
 - 3.3. matriz $G_{base}(N_{lin}, N_{col}, 4)$
4. Estrutura do processamento modular
 - 4.1. “Cards”
 - 4.2. O Módulo Gerencial
 - 4.2.1. Áreas de estudo
 - 4.2.2. Funções `fGL**Parametros.m`
 - 4.3. Função central do Módulo Físico: `fGL12.m`
 - 4.4. Um exemplo de código GL (para pesquisa)
 - 4.5 Aplicação do código GL1401.m a imagem GOES13 – 20150801 1400UTC
5. Considerações finais
6. Referências bibliográficas

ANEXOS

- A1. Diretório Principal `MODELOGL1214`
 - A1.1. `fAreaAlternativa.m`: escolha de área geográfica de trabalho
 - A1.2. `fGL**Parametros.m`: Preenchimento espacial de parâmetros
- A2. DIRETÓRIO `ModulosGL140`
 - A2.1. `fastrododia.m`: Pars. astronômicos: declinação, equação do tempo, distância Sol-Terra
 - A2.2. `fangulos15.m`: Ângulos de visada e dispersão
 - A2.3. `fcloudiness.m`: avaliando nebulosidade
 - A2.4. `fGL12alfa.m`: estimativa de parâmetros para céu claro
 - A2.5. `fGL12gases.m`: propriedades radiativas de O3, H2O, CO2
 - A2.6. Funções para recortes de campos
 - A2.6.1. Função `fRecorte.m` para imagens ABI GOES16 - DISSM
 - A2.6.2. Função `fRecorte13.m` para imagens Imager GOES13
 - A2.6.3. Função `fRecorteo.m` de recorte de uma área de estudo
- A3. PROCESSAMENTO DE IMAGENS
 - A3.1. Funções de gravação/visualização de campos
 - A3.1.1. Função `ffGravaCampos.m`
 - A3.1.2. Função `ffMostraCampos.m`
 - A3.2. Diretório `IMAGsat/Reprojeta`
 - A3.2.1. `ReprojetaG13.m`: Conversão projeção satélite → grade regular
 - A3.2.2. `RecortaABI.m`: Amostragem de arquivos ABI
 - A3.2.3. Função `fABIGradGL.m`

1. Introdução

O modelo GL está desenhado para avaliar irradiância solar à superfície com base na informação registrada por canais solares de satélites geoestacionários, os quais fornecem imagens com uma frequência temporal adequada para avaliar ciclo diário de irradiância e sua integral temporal (irradiação diária).

A versão 1.2 roda operacionalmente no INPE (Britto et al. 2020), na Divisão de Satélites e Sistemas Meteorológicos da Coordenação Geral de Ciências da Terra (DISSM/CGCT). Imagens do satélite GOES-East são usadas para inferência de radiação solar na América do Sul e região oceânica adjacente. Em 2018, a série temporal de resultados para América do Sul atingiu 20 anos de dados diários.

Nas suas primeiras versões, o modelo GL essencialmente considera a radiação solar em dois intervalos espectrais: 1) intervalo ultravioleta + visível (UVVIS), onde o ozônio absorve radiação na estratosfera, e a troposfera produz dispersão da radiação *mas não absorve*; 2) intervalo infravermelho solar (IV) no qual radiação se propaga, ora sem dispersão mas com absorção pelo H₂O e CO₂, ora encontrando-se com nuvem e sendo refletida e/ou absorvida *mas não transmitida*.

As primeiras versões do GL têm utilizado informação dos satélites Meteosat-4 (Ceballos e Moura, 1997) e GOES 8 (Ceballos et al., 2004), com apenas um canal (VIS) no espectro solar e largura espectral relativamente grande. Os sensores GOES-n Imager posteriores continuaram a apresentar apenas um canal no espectro solar; já o sensor SEVIRI do Meteosat dispõe de 3. A partir de 2018 o GOES 16 transporta o sensor ABI com 16 canais, seis deles no espectro solar. Até 2022, o modelo GL operacional continua processando informação na versão 1.2, limitada ao espectro VIS do GOES. Para julgar a qualidade do GL 1.2 baseado em imagens de GOES Imager, diversas análises em períodos curtos podem ser acessadas na página internet da DSA-CPTEC (<http://satellite.cptec.inpe.br/radiacao/>). Rodrigues (2019) analisou a série temporal do modelo concluindo que a qualidade do GL 1.2 tem se mantido essencialmente constante ao longo da sequência de satélites GOES 8 a 13 (período 2000-2017), apesar de requerer correções em algumas épocas de transição entre satélites GOES.

Comparação preliminar com a base de dados do INMET para 2016 (209 estações automáticas instaladas nas regiões nordeste e sul do Brasil), mostrou que os dados diários do GL 1.2 possuem qualidade superior à de modelos usados pela NOAA e Eumetsat (Porfirio et al., 2018), pelo menos para o período considerado. Porfirio et al. 2020 realizaram uma avaliação mais abrangente e confirmaram a qualidade do GL 1.2 sobre o Brasil, ainda que em duas regiões (Norte, Centro-Oeste) apresentem desempenho um pouco inferior. A análise de dados de Argentina na Pampa Húmeda (decendiais e mensais: Ceballos et al. 2022) e na província de Tucumán no Noroeste do país (diários em 2011: Ceballos et al. 2011; mensais em 2017-2021: Forciniti et al. 2022) mostra acurácia semelhante à encontrada no Brasil.

O GL1.2 trabalha com parametrizações de atmosfera e solo constantes no tempo e espaço. Análises diagnósticas mais detalhadas evidenciam que esta modalidade pode introduzir desvios detectáveis e não desprezíveis, especialmente em situações extremas de alta e de baixa refletância do solo. A versão 1.4 introduz a variabilidade espacial e sazonal de parâmetros do solo-atmosfera, sem modificar a física da versão 1.2. Testes da versão aplicada a imagens SEVIRI (Meteosat) mostraram que o modelo descreve satisfatoriamente irradiância média diária em variadas condições geográficas da península ibérica (Porfirio, 2017). O erro médio diário foi de apenas -0,2 W m⁻², com desvio padrão do erro de 13, 8 W m⁻².

A introdução de novos canais solares pelo ABI (e o aproveitamento de mais dois no SEVIRI) permite adicionar informação sobre parâmetros físicos da atmosfera e variabilidade espectral de R_{min} . Pode-se esperar que estes dados permitam incrementar a acurácia do GL. Do ponto de vista operacional e visando uma continuidade natural, é importante introduzir uma versão 1.4 que não mudará essencialmente os *scripts* já existentes para processar e controlar qualidade do modelo. Assim, apresenta-se uma modalidade computacional do GL que inclui tanto as versões 1.2 como 1.4, onde o tratamento das imagens é matricial. Os diversos passos computacionais são tratados como módulos ou funções matriciais que permitem gerenciar de forma simples as variações espaciais de propriedades solo-atmosfera. O núcleo físico do modelo continua o mesmo, idêntico para as versões 1.2 e 1.4. O esquema é apropriado tanto para aplicação de linguagens como MatLab, Octave ou Python, acessível a microcomputadores para análise científica do modelo, como também adequado para infraestrutura que realiza a pesada tarefa operacional automática.

É previsível que os canais adicionais do ABI e SEVIRI permitam aprimorar parametrizações e tratamento espectral do modelo, de forma simples e adaptada ao critério modular, gerando uma versão 1.5 do modelo GL.

2. Estrutura conceitual do modelo GL

O modelo GL (“GLobal”), calcula irradiância solar global à superfície, a partir de radiação refletida pela Terra captada por sensor de satélite, em particular os geoestacionários. Até $n=13$, os satélites GOES- n (sensor Imager, até o ano 2017) observaram a Terra no espectro solar apenas no intervalo visível (VIS, em torno de $\lambda = 0,55 \mu m$). O sensor SEVIRI do satélite Meteosat tem 12 canais (com 3 deles no espectro solar) há uma década, e a partir de 2018 o GOES 16 transporta o sensor ABI com 16 canais, cinco deles no espectro solar.

Historicamente, o modelo GL tem utilizado apenas informação do canal VIS complementado com um conjunto mínimo de informações sobre variáveis atmosféricas. A versão GL 1.2 roda operacionalmente na DISSM/CGCT/INPE, tendo gerado uma série temporal de estimativas que abrange o período 1998-2017 com base no Imager de GOES 8, 10, 12 e 13, e no ABI (GOES 16) desde 2018. A refletância de superfície (R_s) e a observada com céu claro (refletância mínima R_{min}) são parâmetros fundamentais no modelo. A versão 1.2 as considera constantes, enquanto outras versões experimentais (ainda não operacionais, como a 1.4) consideram sua variabilidade espacial e temporal.

2.1. A versão GL 1.2

A descrição completa do modelo GL na sua versão 1.2 encontra-se em Ceballos et al. (2004). A figura 2.1 ilustra os conceitos aplicados nessa versão, desenhada para aproveitar a informação fornecida pelo canal VIS. Fluxo direcional solar incide no topo da atmosfera com ângulo zenital Z_o ($\mu_o = \cos Z_o$) e a radiação difusa emergente do planeta é observada no canal VIS ($n^\circ 1$ no GOES Imager, ou $n^\circ 1$ no Meteosat SEVIRI) segundo ângulo zenital Z_s ($\mu_s = \cos Z_s$). Na figura 2.1, a energia solar é repartida num intervalo visível (VIS 0,4-0,7 μm) e outro infravermelho solar (na figura denominado NIR: *near infrared* 0,7-3 μm). A camada de ozônio estratosférico (O_3 no que segue) tem transmissão $T3\downarrow(\mu_o)$ para o fluxo solar incidente, e $T3\uparrow(\mu_s)$ para o emergente da atmosfera na direção do satélite. A transmitância se refere à banda de Chappuis, sobre o intervalo VIS.

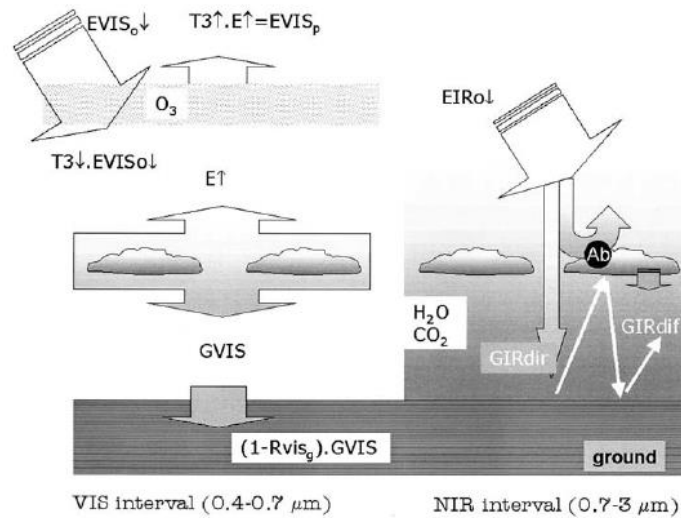


Figure 2.1. Esquema de energia adotado pelas versões GL 1.2 e 1.4. Fonte: Ceballos et al. (2004)

No intervalo VIS, a irradiância $E^{\uparrow}$ *emergente da troposfera* e a absorvida na superfície são descritas por um balanço de radiação simples

$$\mu_0 S_{vis}. T3_{\downarrow} = E^{\uparrow} + (1 - R_{svis}) G_{vis} + A. \quad (2.1)$$

Nesta expressão, S_{vis} é a parte da constante solar no intervalo VIS, G_{vis} a radiação global incidente à superfície, e R_{svis} a refletância média do solo no intervalo visível. O termo A se refere a absorção troposférica por O_3 e aerossol; na versão 1.2 *esta absorção é considerada desprezível*, portanto $A=0$. Um raciocínio simples permite estender o intervalo visível ao ultravioleta solar (UV), onde a irradiância solar incidente no topo da troposfera no intervalo $[0,3-0,4 \mu m]$ é $\mu_0 S_{uv}. T3_{uv\downarrow}$ com transmitância $T3_{uv\downarrow}$ avaliada para a banda de Huggins. Dessa forma, as variáveis em jogo são S_{uvvis} , G_{uvvis} e R_{suvvis} ⁽¹⁾.

No intervalo infravermelho IV (NIR na figura 2.1), o fluxo específico S_{iv} *tem dispersão desprezível por efeito Rayleigh*. Ele não é transmitido por nuvens (assumida para estas uma absorção e refletância intensas); se a área relativa por nuvens (cobertura) é C , então a irradiância que atinge a superfície é

$$G_{iv} = \mu_0 (S_{iv} - \Delta S_{iv}). (1 - C) / (1 - C R_{siv}. R_n). \quad (2.2)$$

A expressão ΔS_{iv} avalia a absorção pela coluna de vapor d'água (H_2O) e dióxido de carbono (CO_2) troposféricos; não há absorção pelo O_3 . O denominador avalia o efeito das reflexões múltiplas entre superfície e base de nuvem, com refletâncias R_{siv} e R_n respectivamente. É importante observar que, embora o intervalo IV se estenda até $3 \mu m$, a radiação incidente à superfície já é muito escassa no intervalo das bandas de absorção intensas em $2,8$ e $3,2 \mu m$. Assim, o valor de S_{iv} deveria limitar-se ao intervalo $0,7-2,8 \mu m$. Este é o limite usualmente considerado para comparar com medições piranométricas.

A radiação global é a soma de G_{uvvis} e G_{iv} .

¹ A irradiância no UVVIS incidente na troposfera é $\mu_0 (S_{uv} T3_{uv\downarrow} + S_{vis} T3_{\downarrow})$. Assume-se que a refletância planetária no VIS, corrigida para a troposférica pela transmitância $T3_{\downarrow}$, é válida no intervalo UVVIS $[0,3-0,7 \mu m]$, e que a refletância do solo é $R_{svis} = R_{suvvis}$.

A nebulosidade C é avaliada a partir da refletância R observada no canal VIS, segundo a expressão

$$C = (R - R_{\min}) / (R_{\max} - R_{\min}), \quad (2.3)$$

onde $R_{\min}$ representa o sinal observado sem nuvens sobre uma superfície típica regional, e $R_{\max}$ é a refletância observada para a transição entre um campo de cumuli e uma estrutura estratiforme. Um valor típico é $R_{\max} = 0,465$ (Ceballos et al. 2004, Porfírio e Ceballos 2017). Deve observar-se que $R_{\max}$ corresponde ao patamar de brilho de uma cobertura total *na escala de um pixel*; a partir dessa situação básica, o desenvolvimento vertical da nuvem simplesmente aumenta sua refletância de forma que para $R > R_{\max}$ a cobertura continua sendo $C=1$. Para $R < R_{\min}$ supõe-se um local fora do tipo regional; nesse caso a refletância do solo é avaliada por uma inversão simples de sinal do satélite, e GL é calculado a partir de um modelo de céu claro GL0 (Ceballos, 2000).

A versão GL1.2 supõe uma quantidade típica de água precipitável na imagem toda, assim como refletâncias constantes $R_{\min} = 0,09$, $R_{\text{vis}} = 0,06$, $R_{\text{siv}} = R_n = 0,4$. A versão GL 1.4 é fisicamente idêntica à GL 1.2, mas considera 1) distribuição geográfica de água precipitável (retirada, por exemplo, do modelo de circulação atmosférica do CPTEC), e 2) $R_{\min}$ obtida a partir de uma série de imagens, como distribuição geográfica dos mínimos observados no canal VIS num período recente. Se necessário, pode-se considerar um ciclo diário de distribuição geográfica de água precipitável e de $R_{\min}$. O valor de $R_{\max} = 0,465$ é assumido constante ao longo do dia.

Os modelos operacionais 1.2 e 1.4 consideram *atmosfera sem aerossol*, hipótese aceitável para situações com carga leve de aerossol e albedo simples $\omega \approx 1$. Miranda e Ceballos (2006) reportaram desvios entre GL 1.2 e medições de superfície em regiões amazônicas durante o período de queimadas, associadas à absorção de radiação solar pelo material em suspensão com espessura óptica elevada. Uma versão aprimorada deverá contemplar esta influência. Porfírio (2017) desenvolveu uma versão 2.0 que considera a influência de aerossol nos intervalos VIS e IV, assim como a partição de GL nas componentes direta e difusa.

2.2. O GL e algumas propriedades espectrais do solo e nuvens

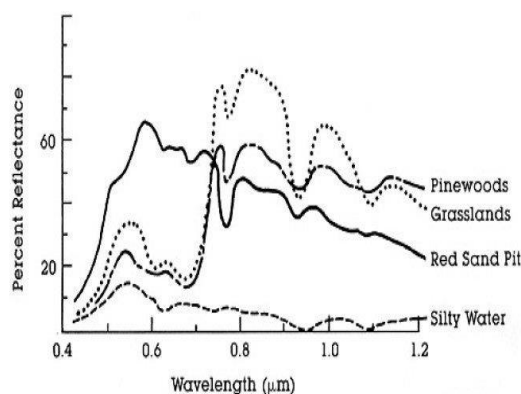


Figura 2.2. Espectro de refletância para quatro tipos de superfície. Fonte: Brief introduction to remote sensing, URL <http://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/en/latest/remotesensing.html> (consulta em julho 2017)

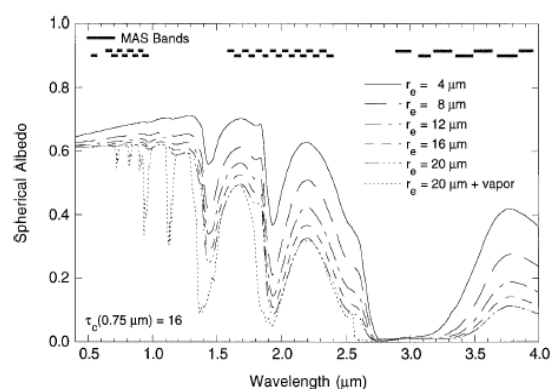


Figura 2.3. Albedo esférico de nuvens com espessura óptica $\tau(0,75\mu\text{m}) = 16$ e diversos raios efetivos de gota. Fonte: King et al. (1996).

A Figura 2.2 ilustra a variação espectral de alguns tipos de superfície, e permite apontar limitações potenciais da versão GL 1.2. O solo nu (argila ou areia) e a água apresentam valores relativamente constantes no intervalo UVVIS que variam relativamente pouco entrando no IV. Do seu lado, superfícies vegetadas passam de valores reduzidos de refletância no VIS para valores tão elevados como 50% no IV. Os valores de R_s adotados pelo GL 1.2 podem ser adequados para superfícies vegetadas mas talvez não para solo nu ou água. Por outro lado, regiões brilhantes e não lambertianas no visível devem introduzir desvios no estimador Guvvis e induzir sobre-estimativas da cobertura C (eq. 1.3). A versão GL 1.4 tende a corrigir as limitações do GL 1.2 no caso de superfícies altamente refletoras como desertos e litoral marítimo.

A Figura 2.3 descreve o espectro de refletância de nuvens para radiação difusa. Percebe-se que a refletância é virtualmente constante até $\lambda \sim 1,3 \mu\text{m}$, embora a partir de $0,9 \mu\text{m}$ já apareça o efeito das bandas de absorção do vapor d'água em $0,9$ e $1,1 \mu\text{m}$. As bandas de $0,72$ e $0,8 \mu\text{m}$ são relativamente pouco intensas. A série GOES-n ($n \leq 13$) dispõe apenas de um canal do Imager no espectro solar, e isto limita a partição do espectro solar ao esquema ilustrado na Figura 2.1, assim como os valores de R_s ao espectro visível (até $\lambda \sim 0,75 \mu\text{m}$).

2.3. Impacto da refletância mínima R_{min} : do modelo GL1.2 ao GL1.4

Ceballos et al. (2004) encontraram valores típicos $R_{\text{min}} \approx 0,09$ para uma região central do Brasil; este é o valor adotado para o GL1.2 operacional, assim como (a priori) um valor inferior $R_{\text{vis}} = 0,06$ para a refletância típica de superfície. Contudo, é óbvio que este valor não é constante, nem no tempo nem no espaço. Porfirio e Ceballos (2017) têm apontado que a estimativa de nebulosidade C (eq. 2.3) pode mudar, e ficar comprometido o cálculo da radiação solar a incidência normal (DNI). A figura 2.4 ilustra o impacto que R_{min} pode ter sobre a estimativa de radiação global. Foi aplicado o modelo GL1.2 para vários níveis de R_{min} (associando-lhe um $R_{\text{vis}} = 0,7 R_{\text{min}}$). O local está no norte de Mato Grosso do Sul, a data é aammdd= 20150801, e os horários 1200 UTC ($\cos Z_o = 0,4$ ou $Z_o = 66,4^\circ$) e 1600 UTC ($\cos Z_o = 0,805$ ou $Z_o = 36,4^\circ$). Indica-se tanto o GL1.2 em função da refletância R_{pvis} observada, como a diferença com relação a utilizar $R_{\text{min}} = 0,09$. Para valores menores de R_p o estimador C de nebulosidade fica seriamente comprometido: sobre o mar (com valores típicos $R_{\text{min}} = 0,03$ - $0,04$) refletâncias observadas $R_p < 0,10$ geram GL 1.2 que superestima a irradiância em 50-80 W m⁻². Num ambiente semiárido ($R_{\text{min}} \approx 0,12$ - $0,15$), para $R_p \approx 0,20$ o esquema GL1.2 subestimaria a irradiância global em 30-70 W m⁻². Num ambiente mais desértico, a diferença pode atingir 100 W m⁻². Na presença de nuvens espessas, com valores elevados de R_p , o erro induzido assumindo $0,04 < R_{\text{min}} < 0,12$ pode ser menor que 10 W m⁻², ou seja, da ordem da incerteza do modelo e das medições de irradiância. Nuvens não muito espessas ($R_p \approx 0,40$ - $0,50$) sobre superfícies escuras permitem supor cobertura total; todavia elas não são totalmente opacas e superfícies muito brilhantes ($R_{\text{min}} > 0,18$) podem induzir erros maiores, da ordem de 30 W m⁻².

Os desvios ilustrados na Figura 2.4 têm como referência o modelo GL1.2 e apenas a influência de R_{min} , e não consideram variações na água precipitável ou a semitransparência de nuvens no intervalo IV, nem a variação espectral de R_{min} . Por exemplo, o valor de $R_{\text{vis}} \approx 0,4$ é aceitável para superfícies vegetadas mas é menor sobre solo nu e quase nula sobre o oceano. Ainda limitado pela informação de um único canal no espectro solar, o GL 1.4 aprimora o modelo GL

1.2 introduzindo a variabilidade espacial e temporal de quatro parâmetros, *sem mudar o esquema físico do GL 1.2*:

- Pressão atmosférica superficial
- Coluna de ozônio
- Água precipitável
- Refletância mínima

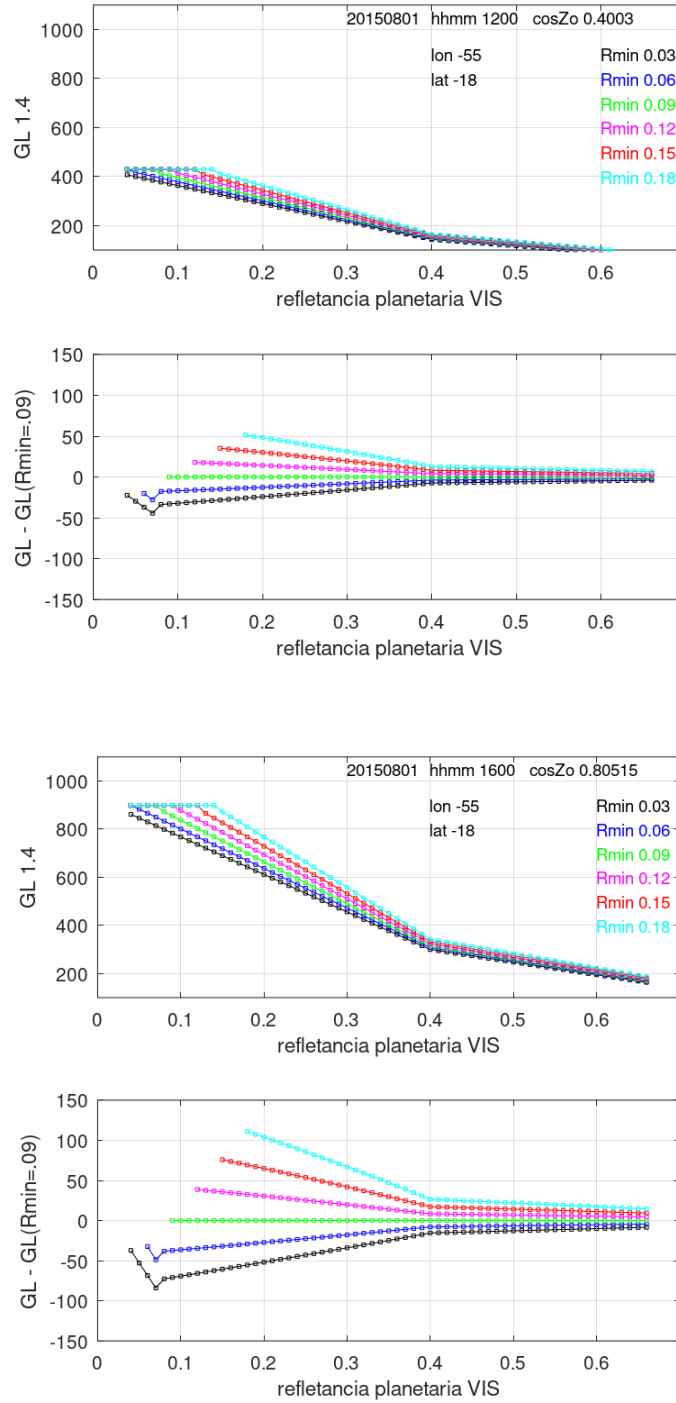


Figura 2.4. Estimativa do impacto da escolha de R_{min} sobre o estimador GL1.2 de radiação global

2.4 Sensores multiespectrais e versões do GL

A Tabela 1.1 e Figuras 2.5 e 2.6 ilustram as características espectrais de observação por satélite e partições possíveis de um modelo GL.

Tabela 1.1. Satélites com sensores de interesse para o modelo GL. Indica-se numeração do canal e comprimentos de onda λ inferior, central e superior.

GOES13 – Imager – 2010-2017				MSG – SEVIRI – 2002-...				GOES 16 – ABI – 2018-...			
1	0.54	0.62	0.71	1	0.56	0.635	0.71	1	0.45	0.47	0.49
				2	0.74	0.81	0.88	2	0.60	0.64	0.68
				3	1.50	1.64	1.78	3	0.847	0.864	0.882
								4	1.366	1.373	1.380
								5	1.59	1.61	1.63
								6	2.22	2.24	2.27

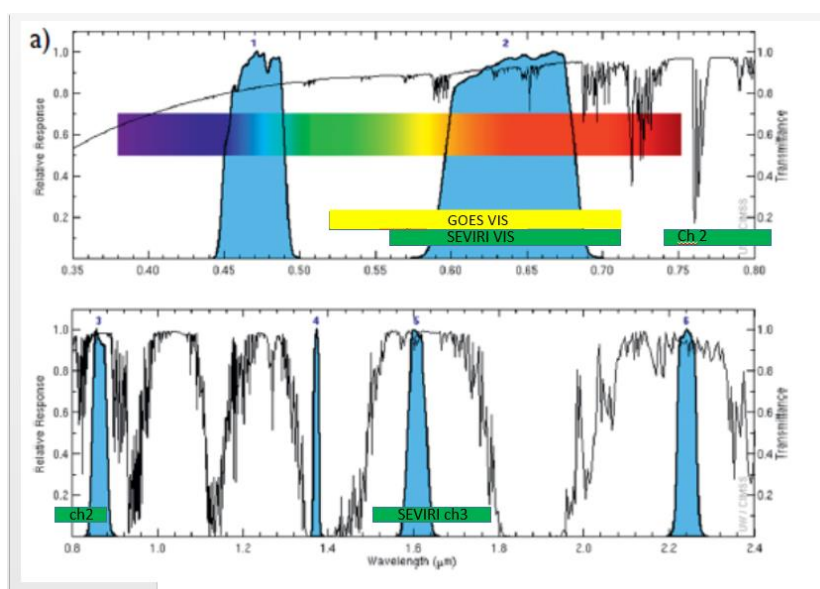


Figura 2.5. Canais ABI 1-6 no espectro solar (azul). Estão indicados também os canais GOES Imager (amarelo, canal 1) e SEVIRI (verde, canais 1-3). Fonte: Schmit et al. (2017), Schmetz et al. (2002)

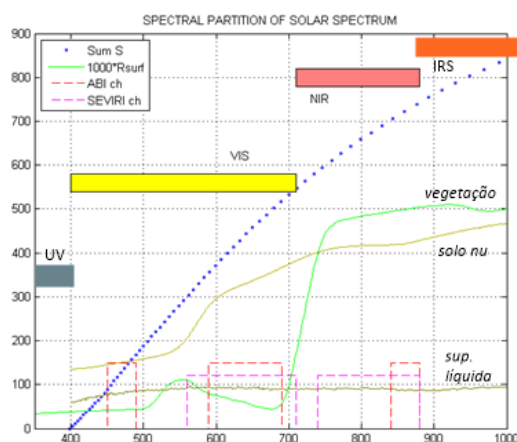


Figura 2.6. Partição espectral potencial para um modelo GL1.5/ABI. As curvas descrevem refletâncias típicas da superfície ($Re^{\#}1000$)

A refletância superficial R_{sv} é apenas proposta ao usar imagens GOES; utilizando imagens SEVIRI, o canal 2 no intervalo NIR fornece informação sobre a mudança considerável de refletância superficial em superfícies vegetadas: o valor de R_{min} (canal 2) pode ser assumido como aproximação aceitável de R_{snir} e R_{sirs} , dado que a dispersão Rayleigh (e até a associada a aerossol com carga $\text{AOD} \approx 0,2$ em $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$) é desprezível. Ainda mais: é importante observar que as bandas de absorção do H_2O mais intensas realmente estão presentes a partir de $\lambda = 0,9 \mu\text{m}$. Este fato sugere propor uma versão 1.4 avançada (ou 1.5) com quatro intervalos espectrais: UV, VIS, NIR (0,7-0,88 e IRS (0,9-2,8 μm). O intervalo NIR seria aproximadamente conservativo, e a absorção por $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$ ficaria concentrada no intervalo IRS. A Figura 2.7 ilustra o esquema.

The diagram illustrates the Earth's radiation budget across four spectral regions: UV, VIS, NIR, and IRS. The vertical axis represents wavelength in micrometers (μm), with markers at 0.30, 0.40, 0.70, 0.88, and 2.80. The horizontal axis represents spectral regions: UV (0.30-0.40 μm), VIS (0.40-0.70 μm), NIR (0.70-0.88 μm), and IRS (0.88-2.80 μm). The diagram shows incoming solar radiation (S_{in}) and outgoing terrestrial radiation (S_{out}). Key components include:

- UV (0.30-0.40 μm):** Incoming radiation S_{UV} is absorbed by the atmosphere (A_{UV}) and the surface ($A_{\text{S,UV}}$). Outgoing radiation S_{UV} is shown as a small arrow.
- VIS (0.40-0.70 μm):** Incoming radiation S_{VIS} is absorbed by the atmosphere (A_{VIS}) and the surface ($A_{\text{S,VIS}}$). Outgoing radiation S_{VIS} is shown as a small arrow.
- NIR (0.70-0.88 μm):** Incoming radiation S_{NIR} is absorbed by the atmosphere (A_{NIR}) and the surface ($A_{\text{S,NIR}}$). Outgoing radiation S_{NIR} is shown as a small arrow.
- IRS (0.88-2.80 μm):** Incoming radiation S_{IRS} is absorbed by the atmosphere (A_{IRS}) and the surface ($A_{\text{S,IRS}}$). Outgoing radiation S_{IRS} is shown as a small arrow.
- Atmospheric and Surface Processes:** The diagram shows the absorption of radiation by atmospheric gases (O_3 , H_2O , CO_2) and the surface. The surface is represented by a wavy line. The atmosphere is represented by a shaded region. The surface is labeled with H_2O and CO_2 . The atmosphere is labeled with O_3 . The surface is labeled with H_2O and CO_2 . The atmosphere is labeled with O_3 .

12

Tabela 2.1. Resumo de parametrizações nos modelos GL 1.2, 1.4 e 1.5

	Variável / Parâmetro	original	modular	GL1.2	GL1.4	GL1.5
01	Opção de modelo		opcaoGL	12	14	15
02	Constante solar (W.m-2)	Csolaro	S	1357	1357	1357
03	UV inicial			0.30	0.30	0.30
04	UV final			0.40	0.40	0.40
05	VIS inicial			0.40	0.40	0.40
06	VIS final			(0.75)	(0.75)	0.70
07	NIR final					0.88
08	IV final			2.8	2.8	2.8
09	Fluxo UVb no topo			102	102	97
10	Fluxo VIS no topo			604	604	534
11	Fluxo NIR no topo			-	-	209
12	Fluxo IV no topo			643	643	479
15	Fração UVa da cste. solar			0.0121	0.0121	0.0114
16	Fração UVb da cste. solar			0.0752	0.0752	0.0709
20	Refl. VIS superficial	rvissup	rvis	0.09+corr	chVIS	chVIS
21	Refl. NIR superficial	mirsup	mir	-	-	ch NIR
22	Refl. IV superficial	rivsup	riv	0.40	0.40	chIRS
23	Refl 1.4 µm		rs	-	-	Ch 1.4
24	Refl 1.6 µm			-	-	Ch 1.6
25	Refl 2.2 µm			-	-	Ch 2.2
30	Coluna O3 mm	O3o	O3	0.217	Campo	Campo
31	Concentração CO2 ppm	CO2o	CO2	360	360	360
32	Água precipit. Sul g.cm-2	w2sul	w2	3.5	Campo	Campo
33	Água precip. Norte g.cm-2	w2nor	w2	4.5		
34	Latitude transição	lat1	lat1	-20		
35	Pressão superfície hPa	p0	pressao	1000	Campo	Campo
40	Refletância mínima VIS	Rmino	Rmin	0.09	Campo	Campo
41	Refletância máxima VIS	Rmaxo	Rmax	0.465	0.465	0.465 + correção
42	Refletância base nuvem	Rbcloud	Rbcloud	0.40	0.40	estimado
50	Tipo aerossol	-	-	-	-	-
51	Expoente Angstrom	-	-	-	-	-
52	AOD	-	-	-	-	-
53	omegazero	-	-	-	-	-

Notas:

06. VIS final coerente com Gueymard (2004).

09-16. Os fluxos TOA seguem Thekaekara (Paltridge e Platt 1976) em GL1.2 e 1.4, e Gueymard (2004) em versões posteriores.

20. Refletância mínima observada Rmin= 0,09; refletância assumida para o solo: Rsvs= 0,06.

31. A concentração de CO2 corresponde aos anos 70; atualmente supera 400 ppm. Todavia, o impacto dessa variação na absorção de fluxo solar é desprezível comparado com as incertezas e variabilidade de outros parâmetros.

41. Porfirio e Ceballos (2017) observaram que este máximo representa um valor de transição entre tipos de nebulosidade, e pode requerer ajustes dependendo da região e época.

50-53: modelos 1.2 a 1.5 ignoram a presença de aerossol (parâmetros zerados).

3. Estrutura do modelo GL 1.2 e GL 1.4

A estrutura de diretórios é apresentada na Tabela 3.1. Diretórios e subdiretórios estão nomeados em negrito. **MODELOGL1214** e **DADOS1415** estão no mesmo nível.

ModulosGL140, **IMAGsat**, e **OUTPUT** são subdiretórios de **MODELOGL1214**.

O diretório **DADOS1415** contém subdiretórios **AGUAPREC**, **OZONE**, **PRESS** com distribuição de parâmetros atmosféricos mensais (12 arquivos em cada subdiretório). Os **RMIN201819** e **FRMINABI** se referem a imagens do GOES16; contém, respectivamente, distribuição mensal de refletância mínima e de fator de refletância mínimo. Os programas **f*.m** são funções de processamento; os programas **ff*.m** basicamente produzem gráficos e/ou gravam campos de resultados.

GL121415				DADOSGL1415
GL1400.m fGL12.m fGL12Parametros.m fGL1415Parametros.m fAreaAlternativa.m ffCampoRefmin.m ffGravaCampos.m ffMostraCampos1.m PicGL14.txt PimGL15G16.txt PimGL14G1316.txt PraGL15.txt	ModulosGL140 fangulos15.m fastrododia.m fcloudiness.m fGL12alfa.m fGL12alfa0.m fGL12gases.m fRecorte.m fRecorte13.m fRecorteo.m Americas0.txt jat100.txt jet00.txt	IMAGsat g13r g1613r g16r <u>Reprojeta</u> ReprojetaG13.m S10238223_LAT S10238224_LON RecortaABI.m fABIgradGL.m	OUTPUT <i>arquivos</i>	AGUAPREC OZONE PRESS RMIN201819 RMIN13abi FRMINABI tipodedados.txt

Nota: Para uma ampliação à versão 1.5, o diretório **MODELOGL1214** vira **MOD121415**. Neste diretório serão incluídos o programa principal GL1500.m e também as funções **fGL15Parametros.m** e **fGL15.m**. Esse programa será basicamente o mesmo que o **GL1400.m** mas incluindo um switch Modelo que invoca as sub-rotinas **fGL15Parametros.m** ou **fGL15.m**. Numa primeira versão 1.5, pode ser interessante criar um **ModulosGL150** que inclua aspectos específicos:

- estimativa de propriedades de cirrus (p.ex. **fCirrus.m**),
- a estimativa de nebulosidade com presença de cirrus, e os efeitos de transmitância não nula de nuvens na presença de Rs elevado, justificam gerar uma sub-rotina **fcloudiness15.m**.
- uma atualização/adaptação da parametrização de absorção pelo vapor d'água, pode implicar na separação em intervalos espectrais; dessa forma, a função **fGL12gases.m** vira **fGL15gases.m**.

As outras funções-subrotina parecem (*a priori*) continuar sendo as mesmas para as versões 1.2, 1.4 e 1.5. As refletâncias mínimas no NIR e IRS seriam subdiretórios de **FRMINABI**. O **RMIN201819** contém apenas canal VIS aproveitável para versões 1.2 e 1.4; é utilizado para imagens Imager ou ABI mas foi deduzido de campos do sensor ABI.

3.1. Campos de informação: imagens, parâmetros atmosféricos e de superfície

A priori, os campos de imagem e de parâmetros constituem matrizes de dados sobre América do Sul e oceanos vizinhos, adaptados para uso operacional do modelo. Dimensão (Nlinhas, Ncolunas) = (1800, 1800), resolução deltalat = deltalon = 0,04°.

3.1.1. Imagens GOES e ABI

- **ABI** (a partir de 2018). O recorte DISSM das imagens originais ABI tem dimensão (Nlin, Ncol)= (6262, 6262) projeção e grade regular com resolução dlat = dlon = 0,01453°. Cobertura: -115,9927 a -25,0 em longitude; em latitude -55,9927 a +35,0°. Frequência temporal atual 10 minutos (inicialmente, eram 15 minutos).
- **Imager**: Nos limitamos aqui a descrever as imagens de GOES 13. O recorte do Imager está em projeção satélite; os pixels de canal VIS (1 km no nadir) foram amostrados para ter correspondência um-a-um com os de canal IR (4 km no nadir). Frequência temporal 30 minutos.

A área operacional atual do GL 1.2 tem grade regular definida para os extremos de longitude e de latitude em termos de:

[lonmin lonmax latmin latmax]= [-100 -28.04 -50 +21.96],

[Nlin Ncol dlat dlon]= [1800 1800 0,04 0,04].

A Figura 2.6 ilustra a cobertura de imagens DISSM para ABI (projeção regular) e GOES 13 (projeção satélite). O histórico de recortes GOES (projeção satélite) da DISSM apresenta diversas limitações na cobertura geográfica e/ou regularidade de imagens. Os recortes GOES 13 ganharam em regularidade mas limitam a latitude mínima efetiva a -44°. A partir de 218, a cobertura ABI-DISSM permite processar o modelo GL na sua área completa. Para estudos climáticos numa série extensa (seja ela 2001-2020, por exemplo) centrada no território da América do Sul, recomenda-se adotar uma área efetiva ou “área clima” [-83 -33.75 -44 +12.5°].

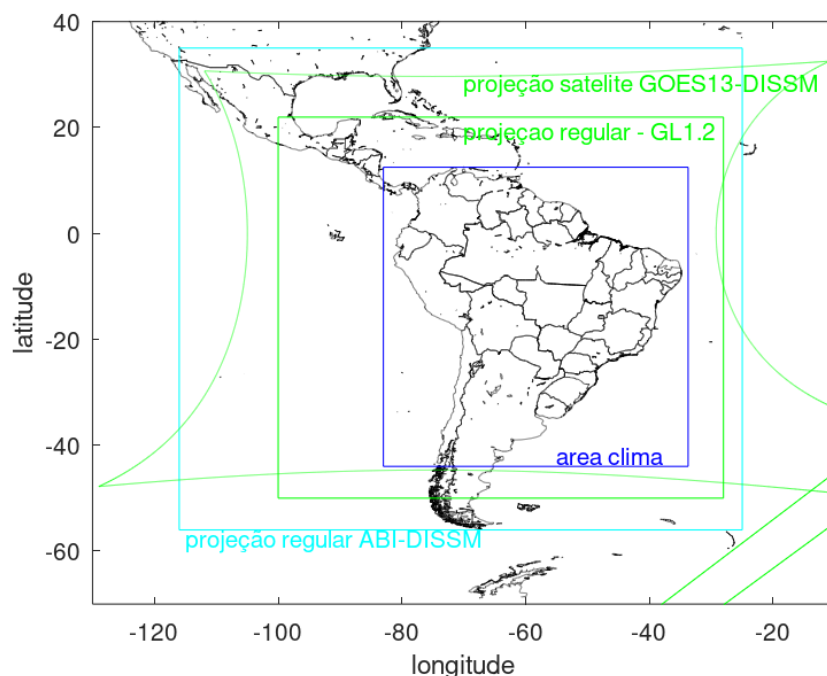


Figura 2.6. Áreas de cobertura de imagens GOES13 e ABI da DISSM, do modelo GL1.2 e da área de estudos climáticos

As imagens nas bandas solares fornecidas na DISSM informam o *fator de refletância* FR , definido como

$$FR = \pi L_v / S_v \quad (2.4a)$$

onde L é a *radiância espectral* observada pelo detector (usualmente em $W\ m^{-2}/cm^{-1}$), e S_v é o *fluxo direcional espectral* incidente desde o sol. A refletância correspondente para radiação emergente do planeta é

$$R = f\ FR / \mu_o; \quad (2.4b)$$

$\mu_o = \cos Z_o$ (Z_o = ângulo zenital solar) e f um fator de correção por anisotropia de reflexão ⁽²⁾. S_v refere-se à constante solar *corrigida por distância Sol-Terra*. O $\cos Z_o$ é um parâmetro importante em fenômenos meteorológicos e se calcula segundo (Liou 2002)

$$\cos Z_o = \cos \delta \cos \phi \cos h + \sin \delta \sin \phi. \quad (2.4c)$$

Nestas expressões, δ = declinação do Sol; ϕ = latitude; h = ângulo horário (ângulo que a Terra deve girar para chegar ao meio-dia local).

Dois ângulos adicionais importantes são os de visada ao satélite Z_s , e o de dispersão Sol-píxel-satélite Z_{disp} . O diretório **ModulosGL140** contém as funções [fastrododia.m](#) para avaliar parâmetros astronômicos (que dependem do dia do ano) e [fangulos15.m](#) para os geográficos (que dependem do dia, hora e local).

Para *processamento operacional* do GL 1.2, os píxels de imagens ABI ou Imager devem ser previamente amostrados para uma projeção regular (N_{lin} , N_{col}) = (1800, 1800) ⁽³⁾. Obviamente, o modelo pode rodar numa área menor com dimensão (N_{lino} , N_{colo}), e resolução ($dlato$, $dono$). O Módulo Gerencial do modelo gera estes recortes de imagem (funções [frecorteo.m](#), [frecorte.m](#), [frecorte13.m](#), no **ModulosGL140**), assim como os dos campos de parâmetros (quando necessário). ⁽⁴⁾

3.1.2. Matriz Rbase

Campos de referência dos parâmetros ambientais radiativos: $Rbase(N_{lin}, N_{col}, 3)$

1. **Rmin.** Matrizes mensais representando o valor mínimo (não nulo) para determinado intervalo do dia; uma escolha razoável para o Brasil é $Rmin$ como mínimo entre 1400 e 1600 GMT (aproximadamente, meio-dia local). Para outros países pode ser mais adequado o horário central 1600 GMT (Chile, Colombia) ou 1800 GMT (México). Foram processados 2018 e 2019, e adotada a matriz mínima dos dois. Este critério é conveniente, para minimizar efeitos de nebulosidade quase permanente em algumas regiões. Porfirio e Ceballos (2017) observaram que a refletância mínima vista por satélite pode mudar ao longo do dia; futuros aprimoramentos podem incluir vários horários.

² O modelo GL considera $f=1$ (isotropia). Nuvens C_u são obviamente anisotrópicas; para S_t , modelos numéricos acurados estimam fatores de correção com valores superiores a 1,1 dependendo dos ângulos de incidência e de dispersão (Lubin e Weber 1995).

³ O modelo operacional GL1.2 atual realiza conversão de projeção satélite → regular tanto para Imager do GOES 13 (recorte) como para o ABI (hemisfério). Em futuras versões, a imagem ABI-DISSM deverá ser a referência para recorte na área GL (ou, também, permitirá ampliar a área de cobertura GL). Observe-se, de passagem, que a série de recortes GOES 13 projeção satélite permite a estimativa de GL para América Central e poderia estender-se a quase todo México.

⁴ Nota em 23.09.2022. Incluso para fins de pesquisa, a sequência necessária de arquivos ABI pode ser volumosa em excesso. Um programa Octave [RecortaABI.m](#) está disponível nos Anexos.

2. **Rmax**. Nas versões atuais é adotado o valor único $R_{base}(:, :, 2) = 0,465$.
3. **Rn**. Nas versões atuais assume-se refletância única para radiação difusa $R_n(:, :, 3) = 0,4$.

3.1.3. Matriz Gasbase

Campos de referência *mensais* dos parâmetros ambientais atmosféricos: Gasbase(Nlin, Ncol, 4). Representam interpolações na resolução 0.04° para uso operacional no GL 1.4.

1. **pressão à superfície**. Utilizaram-se dados de reanálise MERRA2 (período 2005-2017).
2. **ozônio**. Baseado nos dados fornecidos pelo sensor OMI (Ozone Monitoring Instrument, 2005-2017).
3. **água precipitável**. Campos médios deduzidos a partir da reanálise MERRA2.
4. **dióxido de carbono**. Assume-se com distribuição homogênea, concentração 360 ppm.

Adotou-se o período 2005-2017 como referência para a construção dos campos mensais “climatológicos” dos parâmetros atmosféricos 1 a 3.

4. Estrutura de processamento modular

O modelo supõe definição de área e parâmetros numa grade regular (deltalat e deltalon constantes). Roda em 3 etapas

a. Leitura de informação básica em 3 arquivos de texto ("cards") que gera 3 tipos de informações:

- **Pim** indica a versão de modelo a processar (12, 14, 15), assim como características das imagens (satélite, canais, área descrita pelas imagens, sub-área para estudo).
- **Pra** informa sobre a) parâmetros radiativos: intervalos espectrais, constante solar; refletâncias de superfície, de base de nuvem, e mínima e máxima associadas a céu claro e transição Cu-St; b) propriedades atmosféricas: pressão e água precipitável, concentração de O₃ e CO₂. Na versão GL1.2 os parâmetros de superfície e atmosfera descritos são constantes; na versão GL1.4 sua distribuição espacial e temporal (médias mensais) é descrita por arquivos do diretório **DADOSGL1415**.
- **Pic** é utilizado para a versão 1.4: descreve características dos arquivos DADOS (médias mensais) de distribuição de pressão, O₃, água precipitável e refletância mínima Rmin no canal VIS. Para a versão 1.5, poderá incluir Rmin em outros canais e informação adicional sobre propriedades de nuvens.

b. Modulo Gerencial, criando matrizes de imagens, coordenadas geográficas e distribuição de parâmetros necessários para GL 1.2 ou GL 1.4.

c. Módulo Físico, gerando matrizes de GL (intervalos uvvis e global), para um ou mais horários, a partir das respectivas imagens de satélite.

4.1. "Cards"

Os arquivos Pim (na página seguinte) contêm descrição de imagem e área de estudo. O símbolo % indica comentário (texto não lido ao carregar os dados).

À esquerda, tem-se o cartão com informações de imagens ABI (GOES 16) recortadas pela DISSM e projetadas em grade regular com resolução 0,01453°. Atualmente, a frequência

temporal é de 10 minutos. A variável fornecida é fator de refletância FR [Pim(4)=0], calibrado [Pim(3)=1] e corrigido por distância Terra-Sol [Pim(5)=1]. Informações de cinco canais [Pim(13-32)], embora apenas Pim(13-16) sejam aproveitados nos GL 1.2 e 1.4. Os Pim(41-47) informam sobre a abrangência geográfica da imagem. Os Pim(51-56) propõem a área efetiva de processamento das imagens.

À direita, o cartão para imagens Imager (GOES 13). Variável fornecida: FR [Pim(4)=0], calibrado [Pim(3)=1]⁵ mas não corrigido por distância Terra-Sol [Pim(5)=0]. As imagens VIS fornecidas pela DISSM são em projeção satélite, com escolha de um pixel de cada 16 (correspondência pixel-a-pixel com o canal IV). Pré-processamento das imagens geram a imagem em projeção regular descrita por Pim(41-47). O **Anexo A3** fornece programa para conversão projeção satélite→regular (incluído no diretório **IMAGsat/Reprojeta**). Os Pim(51-56) propõem a área efetiva e resolução para processamento das imagens.

%cartão PimGL15G16.txt	%cartão PimGL14G13.txt
<pre>%PIM - Parametros GOES16 set2021 %imagens fator FR ou reflet. Ref %intervalos de UV,VIS,NIR,IRS %imagens netcdf 14 %01 opcao modelo 7 %02 satellite GOES16 ABI 01 %03 fcalibra ==0 não corrig. 00 %04 ==0 FR; ==1 REF 01 %05 corr T-S? 0 nao; 1 sim 00 %06 em aberto 00 %07 em aberto 00 %08 em aberto 00 %09 em aberto 6370 %10 raio Terra km % info sobre satellite -75.2 %11 lonsat em 2021 35790 %12 altsat km %SSat 16,20,24,28,32 na dist.media T-S 0.60 %13 lamdaini ch2 0.68 %14 lamdafin ch2 0.64 %15 lamdacen ch2 1591 %16 Ssat Wm-2mic-2 0.847 %17 lamdaini ch3 0.882 %18 lamdafin ch3 0.864 %19 lamdacen ch3 971 %20 SSat 1.371 %21 lamdaini ch4 1.386 %22 lamdafin ch4 1.37 %23 lamdacen ch4 362 %24 SSat 1.58 %25 lamdaini ch5 1.64 %26 lamdafin ch5 1.61 %27 lamdacen ch5 233 %28 SSat 2.225 %29 lamdaini ch6 2.275 %30 lamdafin ch6 2.24 %31 lamdacen ch6</pre>	<pre>%PIM - Parametros GOES13 %imagens fator FR ou reflet. Ref % %imagens BIN 14 %01 opcao modelo 6 %02 satellite GOES13 imager 01 %03 fcalibra ==0 nao corrig. 00 %04 ==0 FR; ==1 REF 00 %05 corr T-S? 0 nao; 1 sim 00 %06 em aberto 00 %07 em aberto 00 %08 em aberto 00 %09 em aberto 6370 %10 raio Terra km % info sobre satellite -75.0 %11 lonsat em 2015 35790 %12 altsat km %SSat 16 na dist. med. T-S 0.537 %13 lamdaini ch1 0.709 %14 lamdafin ch1 0.65 %15 lamdacen ch1 1592 %16 Wm-2mic-2 0.0 %17 nao existe 0.0 %18 nao existe 0.0 %19 nao existe 000 %20 nao existe 0.0 %21 nao existe 0.0 %22 nao existe 0.0 %23 nao existe 000 %24 nao existe 0.0 %25 nao existe 0.0 %26 nao existe 0.0 %27 nao existe 000 %28 nao existe 0.0 %29 nao existe 0.0 %30 nao existe 0.0 %31 nao existe</pre>

⁵ Para este sensor, a NOAA informava o fator de correção por decaimento do canal VIS.

76.6	%32 SSat	000	%32 nao existe
00	%33 em aberto	00	%33 em aberto
00	%34 em aberto	00	%34 em aberto
00	%35 em aberto	00	%35 em aberto
00	%36 em aberto	00	%36 em aberto
00	%37 em aberto	00	%37 em aberto
00	%38 em aberto	00	%38 em aberto
00	%39 em aberto	00	%39 em aberto
00	%40 em aberto	00	%40 em aberto
% input (rec. DISSM, projecao regular)		% input (rec. DISSM, proj. regular)	
-55.9927	%41 Latini -	-50	%41 Latini
	% Latfin=+35.0		% Latfin=+21.96
0.01453	%42 dLat	0.04	%42 dLat
6262	%43 Nlinhas	1800	%43 Nlinhas
-115.9927	%44 Lonini	-100	%44 Lonini
	% Lonfin=-25.0		% Lonfin=-28.04
0.01453	%45 dLon	0.04	%45 dLon
6262	%46 Ncolunas	1800	%46 Ncolunas
01	%47 00==swap 01==noswap	01	%47 00==swap 01==noswap
% tempo (definido no modulo fisico)		% tempo (definido no modulo fisico)	
00	%48 anomesdia (mod. fisico)	00	%48 anomesdia (mod. fisico)
00	%49 hora UTC (mod. fisico)	00	%49 hora UTC (mod. fisico)
00	%50 em aberto	00	%50 em aberto
% output (recorte area de estudo)		% output (recorte area de estudo)	
-23	%51 latinio	-23	%51 latinio
-13	%52 latfino	-13	%52 latfino
0.04	%53 dlato	0.04	%53 dlato
-55	%54 loninio	-55	%54 loninio
-35	%55 lonfino	-35	%55 lonfino
0.04	%56 dlono	0.04	%56 dlono
0	%57 numero Regiao Estudo	0	%numero Regiao Estudo

Notas.

13-16. Os extremos da banda GOES13 correspondem ao valor 0,5 da função resposta. Consulta em http://cimss.ssec.wisc.edu/goes/calibration/SRF/sr13/Official_Imager_STAR_shift_Mar2009/GOES_13_IMG_VIS_AVGSRF.TXT; valor da irradiância espectral de Pim(14) extraído de Gueymard (2004).

Codificação Pim de satélites geoestacionários GOES com processamento do GL 1.2

Pim(2)	satélite	início	fim	posição	Observações
01	GOES8	10.1997	03.2003	75°W	
02	GOES12a	04.2003	02.2007	75°W	
03	GOES10b	03.2007	11.2009	60°W	South American scan
04	GOES12b	12.2009	14.04.2010 9:30	...	Transição de 75°W a 60°W
05	GOES12c	18.05.2010 11:30	07.2013	60°W	South American scan
06	GOES13	08.2013 19:34	01.2018	75°W	14.04.2010 a 18.05.2010 tempor.
07	GOES16	01.2018	atual	75.2°W	Sensor ABI

Satélites Eumetsat com cobertura do Brasil (informação: EUMETSAT)					
10	Meteosat7	09.1997	retired	0°W	Meteosat 1-7
11	Meteosat8	08.2002	2017	0°W	MSG1 - Sensor SEVIRI
12	Meteosat10	07.2012	2018	0.3°W	MSG3 - Sensor SEVIRI
13	Meteosat11	07.2015	atual	0°W	Sensor SEVIRI

arquivoPra1215.txt

<pre>%PRA - Parametros radiativos GL15 20210913 %espectro solar Gueymard 00 %01 em aberto 1357 %02 CONSTANTE SOLAR So wm-2 1.0 %03 corr. TerraSol (modGerencia) .30 %04 uvinicial .40 %05 uvfinal .70 %06 visfinal .876 %07 nir final 2.8 %08 iv final 95 %09 Suvbo 535 %10 Sviso 205.3 %11 Sniro 483.6 %12 Sirso soma= 1319 0 0 0.0102 %15 fuva GL12, 14 0.0706 %16 fuvb GL12, 14 0 0 0.06 %19 rvissup GL12 0.40 %20 rnirsup GL12,14 0.40 %21 riv sup GL12,14 0 %22 leitura Refmin (0 sim, 1 não) 00 %23 rchl.4 00 %24 rsupch1.6 00 %25 rsupch2.2 00 %26 Satellite fonte chvis, chnir 0 %27 em aberto 0 %28 em aberto 0 %29 em aberto .217 %30 O3 mm GL12 360 %31 CO2 ppm GL12 3 %32 w2 sul g.cm-2 GL12 4 %33 w2 nor g.cm-2 GL12 -20 %34 latitude transicao w2 GL12 1000 %35 pressao superficie GL12 0 0 0 0 0.09 %40 Rmin GL12 .465 %41 Rmax GL12,14 .4 %42 Rbase cloud IV GL12,14 0 %43 0 %44 0 %45 Figura REF(==0 não, ==1 sim) 0 %46 Figura Cloud (==0 não, ==1 sim) 0 %47 tipo aerossol 0 %48 expoente aerossol 0 %49 AOD 0 %50 omegazero</pre>	
--	--

Notas.

- 04-08. Este cartão Pra1215 descreve uma partição espectral UV, VIS, IR, IRS mas é compatível com GL1.2: $S_{uv+vis} = S_{uv} + S_{vis}$, $S_{iv} = S_{nir} + S_{irs}$ (onde o comprimento de onda de transição é assumido $\lambda = 0,70$ e não $0,75$), com parâmetros atmosféricos e de superfície para GL1.2.
07. O limite superior NIR (Pra07) define-se de forma a não conter as bandas de absorção mais fracas do H_2O (Tarasova e Fomin 2000), sendo um intervalo espectral essencialmente não absorvente.
- 09-12. Os fluxos da partição espectral da constante solar seguem Gueymard (2004). A soma dos intervalos espectrais $\lambda: [0,3-2,8 \mu m]$ dá uma constante solar efetiva $1319 W m^{-2}$.
- 23-26. No futuro, as linhas Pra(23-26) poderão conter dados de refletância típica dos canais ABI 3, 5 e 6 referentes a refletância do água/solo/vegetal NIR ($0,8 \mu m$), de neve ($1,6 \mu m$), e água/solo/vegetal sem sinal de aerossol IRS ($2,2 \mu m$).

arquivo PicGL14.txt

<pre>%PicGL4 - Parametros Imagens Campos GL14 %campos de parametros atmosfer e de superficie %padrao historico GL12 1800x1800 - Anthony2019 00 %01 em aberto 01 %02 pressao fator conversao em hPa 1800 %03 Nlinhas 1800 %04 Ncolunas -50 %05 latini -100 %06 lonini .04 %07 dlat .04 %08 dlon 0 %09 em aberto 1e5 %10 O3 fator conversao mm STP 1800 %11 Nlinhas 1800 %12 Ncolunas -50 %13 latini -100 %14 lonini .04 %15 dlat .04 %16 dlon 0 0 0 100 %20 w2 fator conversao g.cm-2 1800 %21 Nlinhas 1800 %22 Ncolunas -50 %23 latini -100 %24 lonini .04 %25 dlat .04 %26 dlon 0 0 0 1e4 %30 Rminvis fator conversao fracao 0-1 1800 %31 Nlinhas 1800 %32 Ncolunas -50 %33 latini -100 %34 lonini .04 %35 dlat .04 %36 dlon 0 0 0</pre>	
--	--

O PicGL14 informa sobre os arquivos de matrizes em grade regular para variáveis atmosféricas (pressão, O₃, H₂O) e superficial VIS (R_{min}), adequadas para a versão 1.4. Para uma versão GL 1.5, poderá conter Ref_{min} de canais ABI 2, 3, 5 e 6.

4.2. O módulo gerencial

Este módulo no programa principal define a sequência de horários a processar, e também contém duas funções centrais: uma de escolha da área a ser avaliada pelo modelo GL, e outra que aloca nessa área a distribuição geográfica de parâmetros atmosféricos e superficiais.

4.2.1. Áreas de estudo: Função `fAreaAlternativa.m`

A “área histórica” ou área GL de análise está compreendida entre -50,0° a +21.96° em latitude, e em longitude -100,0° a -28,04°, descrevendo uma matriz de 1800 × 1800 pixels, resolução 0.04°. Por enquanto mantemos essa definição espacial, embora o canal VIS de ABI/DISSM esteja definido para 0,01453° de resolução e o próprio Imager dos GOES anteriores tenham aproximadamente 0,01°. A base espacial de parâmetros tem dados para a área GL “histórica”, resolução 0,04°. Por uma questão de coerência e poupança de memória e de tempo, é conveniente recortar/amostrar os arquivos ABI para a área GL de análise. Estes arquivos seriam a fonte de informação para rodar o GL 1.2 ou 1.4. O procedimento é externo ao GL e deve ser aplicado separadamente. Observação: neste caso, o cartão Pim(41) a Pim(47) devem descrever adequadamente os arquivos de input do programa GL1400.m ⁽⁶⁾.

Dentro do programa GL1400.m, um segundo recorte está previsto. Para estudos específicos e por uma questão de rapidez de processamento, pode ser escolhida uma subárea da área GL, definida *a priori* em Pim(51) a Pim(56). “área 0” na Figura 3.1. O Módulo Gerencial introduz a escolha desta sub-área e de outras 9 mediante a função `fAreaAlternativa(mapa, Pim)` descrita no Anexo 1.1.1. Uma vez escolhida outra área, as linhas Pim(51-57) são também redefinidas ⁽⁷⁾.

Como for, as imagens em jogo para o GL1400 estão definidas por coordenadas geográficas

Input: Área satélite Vs = [loninis lonfins latinis latfins]

Output: Área de estudo Vp = [loninip lonfinp latinip latfinp].

4.2.2. Alocação geográfica: Funções `fGLxxParametros.m`

As funções

```
[Rbase, Gasbase] = fGL12Parametros(Xo,Yo, anomesdia, Pim, Pra)
```

```
[Rbase, Gasbase] = fGL14Parametros(dir, Xo,Yo, anomesdia, Pim, Pra, Pic)
```

alocam parâmetros na região de estudo escolhida (Xo, Yo), de acordo com as versões 1.2 e 1.4 respectivamente. [Rbase] se refere a parâmetros de refletância, e [Gasbase] à distribuição de pressão e gases. Estão descritas no Anexo 1.1.2

⁶ Uma alternativa é introduzir no módulo gerencial o Pim original e uma subrotina que realiza recorte ABI → GL (ver programa `RecortaABI.m` no Anexo A3); na saída da rotina, os Pim(41) a Pim(47) já devem descrever as características do recorte.

⁷ O cartão Pim permite introduzir como área de estudo uma matriz de apenas 3×3 pixels definindo áreas mínimas de estudo.

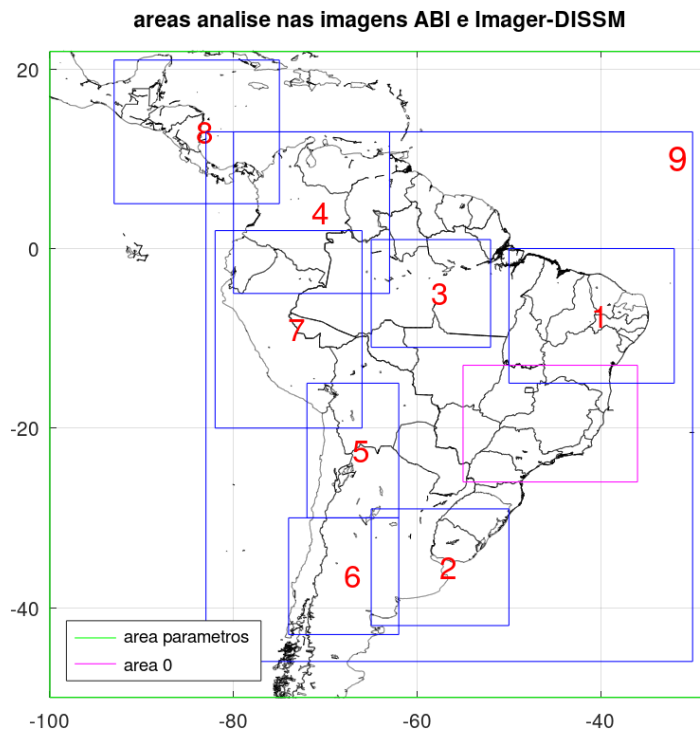


Figura 3.1. Áreas de estudo GL. Verde: área original GL. Roxo: área padrão de estudo. Azul: áreas alternativas.

4.3. Função central do Módulo Físico: [fGL12.m](#)

A função recebe a distribuição geográfica de fator de refletância e parâmetros atmosféricos, e entrega distribuição geográfica de fator de nebulosidade, Guvvis e Global.

```
function [GLuvvis, Glob, cloud]= fGL12(FR, X, Y, Rbase, Gasbase, Pim, Pra)
%Modelo GL12 ou GL14
%observacao satelital VIS canal estreito: FR= fator de refletância!

anomesdia= Pim(48); hhmm= Pim(49);
[Nlin, Ncol]= size(FR); Mone= ones(Nlin, Ncol);
mus= fangulos15(anomesdia, hhmm, X,Y, Pim);
muo= mus(:,:,1); musat= mus(:,:,2); mudisp= mus(:,:,3);

muo(muo<.02)= eps; FR(FR<.01)=0; %definicao operacional de NOITE
Rp= FR./muo; Rp(Rp>.99)= .99; %prevencao de saturacao por anisotropia

Suvb= Pra(09); Svis= Pra(10); Snir= Pra(11); Sirs= Pra(12);
Suvvis= Suvb+ Svis; Siv= Snir+ Sirs; Soiv= Siv; S= Pra(4);

cloud= fcloudiness(Rp, Rbase, Pim);
mask= Mone; mask(cloud==0)= 0; %==1 se tem nuvem

Rs= Rbase(:,:,1); Rn= Rbase(:,:,3); Riv= Rn;
% -----
gases= fGL12gases(Gasbase, muo, musat, Pim, Pra);
T3in= gases(:,:,1); T3bin= gases(:,:,3);
```

```

T3out= gases(:, :, 2);          %transmitancia chappuis!
% calcula UVVIS generico (supoe nuvem)
Rtrop  = Rp./(T3in.*T3out);      %ATENCAO: T3out refere-se a 0.65 micron!
                                   %banda mais estreita. Deveria ser ajustado
Ruv= Rtrop;                      Rsuv = Rs;
GLuv=  Suvb*(muo.*T3bin).*(1-Ruv)./(1-Rsuv));
GLvis= Svis*(muo.*T3in).*((1- Rtrop)./(1-Rs));
GLuvvis1= GLuv+ GLvis;
%Guvvis= Souvvis*muo.*((T3in - Rp./T3out)./(1- Rs));
% calcula caso cloud==0
% ===== merece olhada no contexto ABI banda estreita
% modelo para cloud==0
% parametros para correção atmosférica
pressao= Gasbase(:, :, 1); lamdacen= Pim(15);
alfas= fGL12alfa(mus, pressao, lamdacen);

alfa= squeeze(alfas(:, :, 1)); alfa1= squeeze(alfas(:, :, 2));
alfaLH= squeeze(alfas(:, :, 3));
alfao= alfa; alfao(alfa<0)=0; alfao(alfa>1)=1; alfa= alfao;
alfaLHo= alfaLH; alfaLHo(alfaLH<0)=0;
alfaLHo(alfaLH>1)=1; alfaLH= alfaLHo;

alfavis= (S/Svis)* alfaLH; %Ref planetaria VIS Lacis&Hansen

Rs1= (Rp - alfa)./((1-alfa).*(1-alfa1)); %Rsupvis corrigido
Rsupvis= Rs1./(1 + Rs1.*alfa1);
GLuvvis2= (Svis + Suvb)*muo.*((1- alfavis)./(1- alfa1.*Rsupvis));
GLuvvis2(GLuvvis2<0)=0; GLuvvis2(GLuvvis2>700)= 700;
% =====
GLuvvis= mask.*GLuvvis1+(1- mask).*GLuvvis2;
% calcula Giv
DeltaS= gases(:, :, 4); RRC= cloud.*(Riv.*Rn);
fatorcloud= (1 - cloud)./(1 - RRC);
Giv= (muo.*(Siv- DeltaS)).*fatorcloud;
% -----
Glob= GLuvvis + Giv;

end

```

4.4. Exemplo de programa (para pesquisa): GL1400.m

Contém um Modulo Gerencial, um Módulo Físico e um Módulo de Output (visualização/gravação). As funções associadas a este tercer módulo están descritas no Anexo A3.1.

```

% DIRETORIO PRINCIPAL MODELOGL1214
% GLmodl4 (versao modular GL12 e 14), com opcao de mostrar campo Rminvis
% DIRETORIO GL1214
% Diretorios mesmo nivel
% 1. DADOSGL1415 (Campos Base de parametros)

% Subdiretorios:
% 1. IMAGsat (imagens satelite projecao regular)
%   - gl3r (GOES13)
%   - abi (GOES16)
% 2. ModulosGL140 (subrotinas)
% 3. OUTPUT (arquivos GL salvos)

%O diretorio GL1214 contem
%a) o codigo GL1401.m
%b) funcao codigo físico fGL12.m
%c) cartoes Pim, Pra, Pcb (arquivos de texto)
%d) funcoes f*.m de gerencia de parametros

```



```

%e) funcoes ff*.m de visualizacao
%f) funcao ff*.m de gravacao de arquivos

%Nota. O codigo GL1401.m já inclui mencao a introducao de funcao fGL15.
%Ao desenvolver a função fGL15.m, o GL1401.m vira GL1500, no mesmo nivel de
%diretorio de GL1401.m
% A funcao fGL1415Parametros.m JA INCLUI A LEITURA DOS NOVOS CANAIS DE Rmin
%1) vao aparecer algumas funcoes novas, referidas a deteccao de Ci e correcao
de
% nebulosidade;
%2) algumas funcoes vao diferir do GL1.2 e GL1.5, por exemplo estimador de
absorcao
% por H2O.
% então é razoável criar diretório ModulosGL150 e inclui-lo num addpath

% ==== MODULO GERENCIAL PRELIMINAR =====

% ===== sequencia horarios =====
%anomes= 202008; dia= 16; anomesdia= anomes*100+dia;
anomes= 201508; dia= 01; anomesdia= anomes*100+dia;
horario14completo= [0800; 0830; 0900; 0930; 1000; 1030; 1100; 1130; 1200; ...
1230; 1300; 1330; 1400; 1430; 1500; 1530; 1600; 1630; ...
1700; 1730; 1800; 1830; 1900; 1930; 2000; 2030; 2100; ...
2130; 2200; 2230; 2300; 2330];

horario14= [0800; 0830; 0900; 0930; 1000; 1030; 1100; 1130; 1200; ...
1230; 1300; 1330; 1400; 1430; 1500; 1600; 1630; ...
1700; 1730; 1800; 1830; 1900; 1930; 2000; 2030; 2100; ...
2130; 2200; 2230; 2300; 2330];

horarioexemplo= [1400];
horario= horario14; %opcao sequencia completa

horario= horarioexemplo %escolhemos apenas esse exemplo
Nhoras= length(horario);

%produto:
figuras=1; grava=0;

% -----
SS= cd;
dir0= [SS '\']; %diretorio atual (ajuda portabilidade do modelo)
dir00= dir0(1:end-7);
dirCBase=[dir00 'DADOSGL1415\'];
dirimag= [dir0 'IMAGsat\'];
addpath([dir0 'ModulosGL140\']);

arq= 'PimGL14G13.txt';
Pim= load(arq);
Pim(48)= anomesdia;

Modelo= Pim(1); satellite= Pim(2);

arq= 'PraGL15.txt';
Pra= load(arq);

mapa= load(['ModulosGL140\Americas0.txt']);
mapa2= load(['ModulosGL140\ArgNOA.txt']);
nada= [NaN NaN];
mapaplus= [mapa; nada; mapa2]; %America+ estados Brasil + NOA Arg
latmapa= mapa(:,2); lonmapa= mapa(:,1);
jetw= jet; jetw(1,:)= [1 1 1];

```

```

% -----

% area da imagem de satellite
    latinis= Pim(41); dlat= Pim(42); Nlins= Pim(43);
    latfins= latinis+ (Nlins-1)*dlat;
    loninis= Pim(44); dlons= Pim(45); Ncols= Pim(46);
    lonfins= loninis+ (Ncols-1)*dlons;
    Vs= [loninis lonfins latinis latfins];
    ys= latinis:dlat:latfins; xs=loninis:dlons:lonfins;
    [Xs,Ys]= meshgrid(xs,ys);

% area de estudo
Pima= fAreaAlternativa(mapa, Pim);
Pim= Pima;
latinio= Pim(51); latfino= Pim(52); dlato= Pim(53);
loninio= Pim(54); lonfino= Pim(55); dlono= Pim(56);
%obs. [dlato dlono] sao arbitrarios, podem nao ser iguais
%      ao [dlat, dlono] das imagens

    lat= latinio:dlato:latfino; lon= loninio:dlono:lonfino;
    [X,Y]= meshgrid(lon,lat);
    [Nlato, Nlono]= size(X);
xybord= [loninio lonfino latinio latfino]+ .5*[-1 +1 -1 +1]; %dominio p/mapas

% -----
%BaseDados para GL1214
Switch Modelo
case 12
    [Rbase, Gasbase, ZZ]= fGL12Parametros(X,Y, anomesdia, Pim, Pra);
Case 14
    arq= 'PicGL14.txt';
    Pcb= load(arq);
    [Rbase, Gasbase, ZZ]= fGL14Parametros(dirCBase,X,Y,anomesdia, Pim, Pra, Pcb);
endswitch

% ----- FIM MODULO GERENCIAL
if figuras==1
    M1= mapa; M2= mapaplus;
    Mostra= ffCampoRefmin(ZZ, anomes, X,Y, Rbase, M1,M2, xybord, Pim, Pcb);
endif
% ===== FIM OPCOES MODULO GERENCIAL

% ===== MODULO FISICO: SEQUENCIA GERACAO GL
%leitura+recorte+GL imagens

%HORARIOS
hhmms= horario; Nh= length(hhmms);
for nh= 1:Nh
    hhmm= hhmms(nh); Pim(49)= hhmm;
% -----

    % geometria angulos
    mus= fangulos15(anomesdia, hhmm, X,Y, Pim);
    muo= mus(:, :, 1); musat= mus(:, :, 2);
    mudisp= mus(:, :, 3);
    Zo= acosd(muo); Zsat= acosd(musat);
    AA= fastrododia(anomesdia);
    DoD2= AA(3); Pim(3)= DoD2; % -----> observar isto!
    switch satellite
    case 6
        [FR, x, y]= fRecortel3(dirimag, X, Y, anomesdia, hhmm, Pim, Pra);
    case 7

```

```

    largo= Pim(46); alto= Pim(43);
    if (largo==1800 & alto==1800)
        [FR, x, y]= fRecorte13(dirimag,X,Y, anomesdia, hhmm, Pim, Pra);
    else
        ch=2; [FR, x, y]= fRecorte(dirimag,anomesdia, hhmm, ch, Pim, Pra);
        %FR ABI já foi corrigida por distancia Terra-Sol
    endif
endswitch
%Recorte para a area de estudo [X,Y], amostrado

if Modelo<15
    [Guvvis, Glob, cloud]= fGL12(FR, X, Y, Rbase, Gasbase, Pim, Pra);
endif

if Modelo==15
    disp('executa fGL15(FR,X,Y, Rbase, Gasbase, Pim, Pra)- em elaboração');
endif

tt= find(FR==0); Guvvis(tt)=0; Glob(tt)= 0; cloud(tt)=0;
GG= zeros(Nlato, Nlono, 5);
Ref= FR./muo; Ref(Ref<=0)=0; Ref(Ref>=1)= 1;

GG(:,:,1)= Ref; GG(:,:,2)= cloud;
GG(:,:,3)= Guvvis; GG(:,:,4)= Glob; GG(:,:,5)= Rbase(:,:,1);
% -----

% ===== FIM MODULO FISICO

% ===== MODULO VISUAL/GRAVA =====
% ----- figuras / grava -----

aammdstr= num2str(anomesdia);
hhmmstr= ['00' num2str(hhmm)];hhmmstr= hhmmstr(end-3:end);
if figuras== 1
    Mostra= ffMostraCampos1(anomesdia, hhmm, X,Y, GG, mapa, xybord, Pim);
    disp(['mostra campos ' aammdstr '-' hhmmstr]);
    disp('pause - clique NESTA JANELA para continuar');
    pause
endif
if grava==1
    xx= ffGravaCampos(Guvvis, Glob, X,Y, nh, Pim);
    disp(['gravou ' xx]);
endif

endfor

% ===== FIM PROGRAMA GL1400

```

4.5 Aplicação do código GL1401.m a imagem GOES13 – 20150801 1400UTC

O programa é uma variante do GL1400 descrito na seção anterior. As imagens abaixo são *outputs* de visualização do modelo. Foi escolhido recorte Nordeste do Brasil. Os campos de refletância mínima foram avaliados a partir de imagens ABI (canal 2) para o período de um mês em 2018 e 2019, horário 1430 a 1530 UTC. Nota: trata-se de refletâncias R_{min} e não de fatores de refletância FR_{min} , sendo $R_{min} = FR_{min}/\mu_0$, $\mu_0 = \cos Z_0(1500UTC)$.

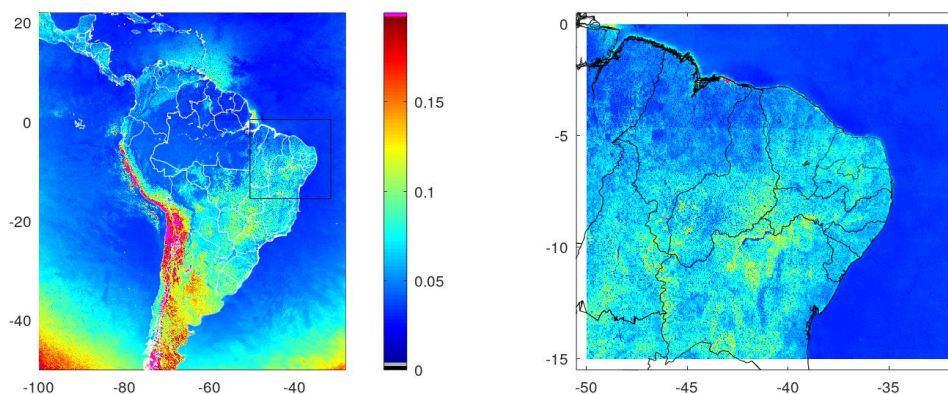


Figura 4.1. Campo refletância mínima R_{min} América do Sul agosto, e recorte regional Nordeste do Brasil

A nebulosidade foi avaliada a partir da refletância observada (figura à esquerda), de acordo com a eq. (2.3). Os pontos em cinza (escassos) se consideram de céu claro.

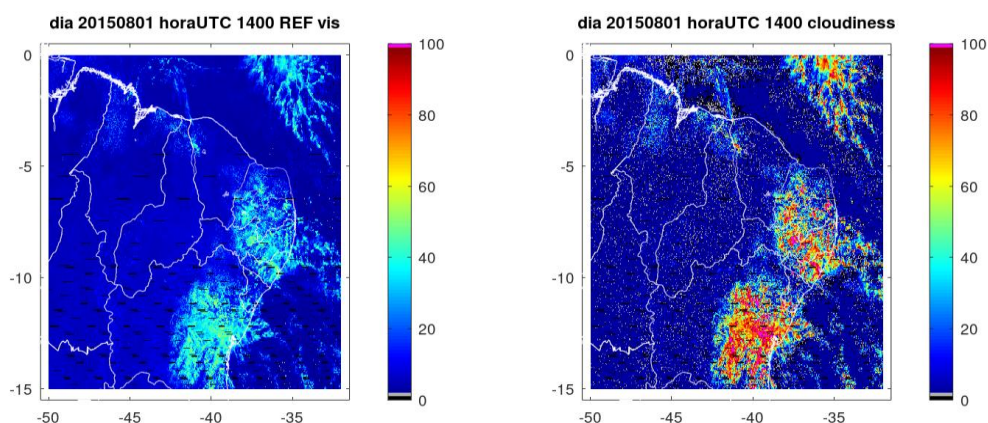


Figura 4.2. Imagem de REF canal VIS GOES 13 – 20150801 – 1400UTC e estimativa de nebulosidade

Nota: os traços pretos correspondem a falta de inforção nas imagens GOES VIS da DISSM. As imagens em projeção satélite do GOES13, canais VIS (resolução 1 km) e infravermelho (resolução 1 km) são amostradas no arquivo original VIS, de modo a obter correspondência um-a-um entre VIS e infravermelho. Ao projetar numa grade regular de 0.04° , alguns pixels não encontram seu correspondente no canal VIS amostrado. Foi escolhido não interpolar valores para preencher pixels faltantes.

Estas falhas não aparecem na projeção regular das imagens ABI-DISSM.

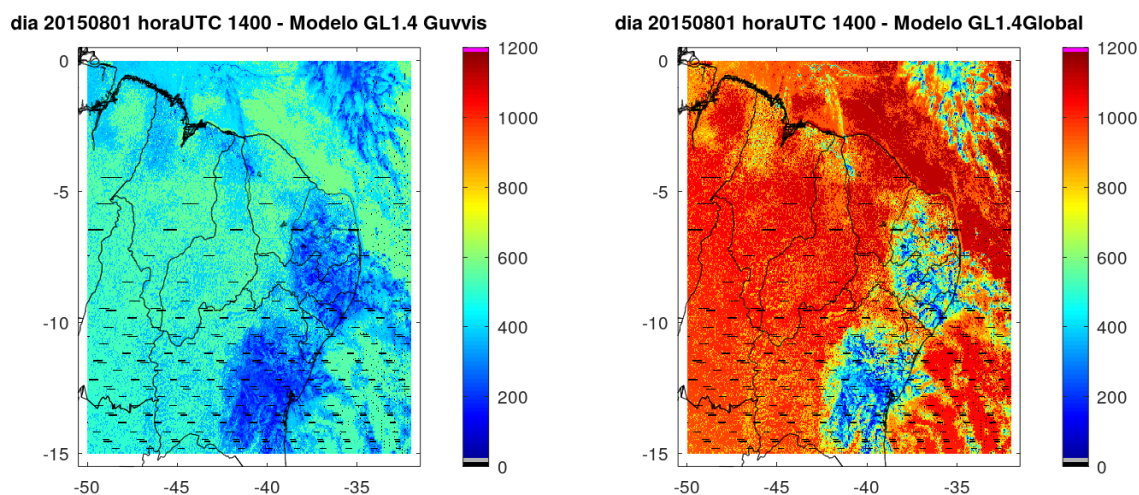


Figura 4.3. Distribuição de irradiância GLuvvis e Global para 20150801-1400UTC

5.Considerações finais

O presente Relatório aprimora descrições anteriores sobre da estrutura do modelo GL para estimativa de radiação solar global à superfície, conservando a estrutura física inicial (versão 1.2) apresentada por Ceballos et al. (2004), incorporando os conceitos da versão 1.4 aplicada por Porfirio (2017), e sentando bases preliminares de uma versão GL 1.5. Esta poderá aproveitar a passagem do sensor Imager da série GOES (com apenas um canal no espectro solar) para o ABI do GOES 16 e posteriores (com seis canais), que fornecem considerável informação adicional sobre a propagação de radiação solar no sistema Terra-atmosfera. O caráter modular da estrutura descrita permite montar uma versão que incorpora as GL 1.2 e GL 1.4 e uma eventual GL 1.5 mantendo uma estrutura de processamento de imagem e seus algoritmos, através de funções que podem ser aprimoradas e incluir novos processos físicos sem mudar a essência da estrutura do processamento do modelo e seus scripts. Esta é uma vantagem considerável para experimentos de estimativa, tanto como a montagem de um procedimento operacional.

A montagem deste Relatório foi complexa e a apresentação tão completa como possível de funções (sub-rotinas) centrais e complementares do modelo pode apresentar erros e/ou necessidades de aprimoramento. Assim, o documento apresentado tem caráter preliminar e uma versão corrigida e com tópicos adicionais deverá ser gerada ainda em 2023. Considerações e contribuições de seus leitores serão bem-vindas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Britto, J. M. S., C.A.S. Porfírio, J.C. Ceballos, S.M.S. Co (2020). *Produto operacional de radiação solar GL versão 1.2/GOES-16*. Relatório Técnico GSTAR RT-001-2020. [LINK](#)
- Ceballos, J.C. (2000). Estimativa de radiação solar à superfície com céu claro: Um modelo simplificado. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 15, 113-122.
- Ceballos, J.C., A. Plana-Fattori (1982). Avaliação de água precipitável a partir de determinações de fluxo solar em banda larga - Um estudo para a região de Bauru (SP). In: *III Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Belo Horizonte, MG, p. 77-86. [LINK](#)
- Ceballos, J.C., G.B.A. Moura (1997). Solar radiation assessment using Meteosat 4 – VIS imagery. *Solar Energy* 60:209-219.
- Ceballos, J. C., Bottino, M. J. y Souza, J.M. (2004). A simplified physical model for assessing solar radiation over Brazil using GOES 8 visible imagery. *J. Geophys. Research* 109: D02211, <https://doi.org/10.1029/2003JD003531>.
- Ceballos, J.C., Lamelas, C. M., Forciniti, J. D. y Rodrigues, M.L. (2012). Radiación Solar en la Provincia de Tucumán: Una Comparación Entre Valores Estimados por Satélite y Medidos por una Red Solarimétrica. *XXXIV Reunión de ASADES 2011*, Termas de Rio Hondo, Argentina. Trabajos Presentados- Área: Radiación Solar y Clima- 71 – 78. En CD. [LINK](#)
- Ceballos, J.C., Porfírio, A.C.S, Oricchio, P.A. y Posse, G., 2022: Characterization of the annual regime of surface solar irradiance over Argentine Pampean Region using GL1.2 satellite-based data. *Renewable Energy* 194: 526-537. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.038>.
- Forciniti, J.D., J.C. Ceballos, M.L. Molina, AM. Leal, F.J. Soria, M.L. Soulé Gómez (2022). Comparación de datos de radiación solar global mensual estimada por satélite y generados por la red de estaciones meteorológicas de la EEAOC, Tucumán – Argentina. In: *XLIV Reunión da Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES)*, Catamarca, Argentina. [LINK](#)
- Gueymard, C.A. (2004). The sun's total and spectral irradiance for solar energy applications and solar radiation models. *Solar Energy* 76: 423-453.
- King, M.D, W.P. Menzel, P.S. Grant, J.S. Myers, G.Th. Arnold et al. (1996). Airborne scanning spectrometer for remote sensing of cloud, aerosol, water vapor and surface properties. *J. Atmos. and Ocean. Technology* v. 13: 777-794.
- Lacis, A.A., J.E. Hansen (1974). A parameterization for the absorption of solar radiation in the earth's atmosphere. *J. Atmos. Sci.* 31:118-133.
- Liou, K.N. (2002). *An introduction to atmospheric radiation*. Academic Press.
- Lubin, D, P.G. Weber (1995). The use of cloud reflectance functions with satellite data for surface radiation budget estimation. *J. Applied Meteorology* 34: 1333-1347.
- Miranda, R.M., J.C. Ceballos (2006). Evaluation of burning aerosol influence on performance of solar radiation assessed by model GL-CPTEC. *8th Intl. Conf. on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*, Foz do Iguaçu (PR), Brasil. INPE ePrint: sid.inpe.br/iris@1915/2006/01.24.16.36 v2 2006-06-27
- Paltridge, G.W., C.M.R Platt (1976). *Radiative processes in meteorology and climatology*. Elsevier Sci.Pub. Company. 317 pp.
- Pereira, E.B., F.R. Martins, A.R. Gonçalves, R.S. Costa, J.F.L. Lima, et al. (2017) Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2ª edição, INPE, 88p. ISBN 978-85-17-00090-4.
- Porfírio, A. C. S.; J.C. Ceballos; D. Enore; S.M.S. Costa (2018). Validation of three satellite-based solar radiation products: Preliminary analysis over Northeast and South of Brazil. In: *XX Congresso Brasileiro de Meteorologia (XX CBMET)*, Maceió. [LINK](#)
- Porfírio, A.C.S. (2017). *Uma contribuição à modelagem de aerossol e componentes da radiação solar no modelo GL*. Tese de doutoramento. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos – SP. [LINK](#)

- Porfírio, A.C.S., J.C. Ceballos (2017). A method for estimating direct normal irradiation from GOES geostationary satellite imagery: Validation and application over Northeast Brazil. *Solar Energy* (<http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2017.05.096>)
- Porfírio, A.C.S., J.C. Ceballos, J.M.S. Britto, S.M.S. Costa (2020). Evaluation of global solar irradiance estimates from GL1.2 satellite-based model over Brazil using an extended radiometric network. *Remote Sensing* v. 12, 1331; doi:10.3390/rs1208131.
- Rigollier, C., M. Lefèvre, L. Wald (2004). The method Heliosat-2 for deriving shortwave solar radiation from satellite images. *Solar Energy* 77:157-169.
- Rodrigues, A.D. (2019). *Tendência temporal e homogeneidade da série histórica da radiação solar inferida por satélite via modelo GL1.2/CPTEC-INPE*. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. [LNK](#)
- Schmetz, J., P. Pili, S. Tjemkes, D. Just, J. Kerkmann, S. Rota, A. Ratier (2002). An introduction to Meteosat Second Generation (MSG). *Bulletin of the Amer. Meteor. Soc.* July 2002: 977-992. Online [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2002\)083<0977:AITMSG>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2002)083<0977:AITMSG>2.3.CO;2)
- Schmit, T.J., P. Griffith, M.M. Gunshor, J.M. Daniels et al. (2017). A closer look at the ABI on the GOES-R series. *Bulletin of the Amer. Meteor. Soc.* April 2017, pp. 681-698. DOI:10.1175/BAMS-D-15-00230.1.
- Tanré, D., C. Deroo, P. Duhaut, M. Herman, J.J. Morcrette, J. Perbos, P.Y. Deschamps (1986). Simulation of the Satellite Signal in Solar Spectrum. User's Guide, L.O.A., Lille, 264 p.
- Tanré, D., C. Deroo, P. Duhaut, M. Herman, J.J. Morcrette, J. Perbos, P.Y. Deschamps (1990). Description of a Computer Code to Simulate the Satellite Signal in the Solar Spectrum: The 5S Code. *International Journal Remote Sensing*, 11 (4): 659-668.
- Tarasova, T.A., B.A. Fomin (2000). Solar radiation absorption due to water vapor: Advanced broadband parameterizations. *J. Applied Meteorology*, 39:1947-1951.

ANEXOS:

A1. Diretório Principal **MODELOGL1214**

A1.1. `fAreaAlternativa.m`: escolha de área geográfica de trabalho

A1.2. `fGL**Parametros.m`: preenchimento espacial de parâmetros

A2. Diretório **Modulos140**

A2.1. Função `fastrododia.m`: cálculo de parâmetros astronômicos

A2.2. Função `fangulos15.m`

A2.3. Função `fcloudiness.m`: avaliando nebulosidade

A2.4. Função `fGL12alfa.m`: estimativa de parâmetros para céu claro

A2.5. Função `fGL12gases.m`: propriedades radiativas de O3, H2O, CO2

A2.6. Funções para recorte de campos

A2.6.1. Função `fRecorte.m` para imagens ABI DISSM

A2.6.2. Função `fRecorte13.m` para imagens GOES13

A2.6.3. Função `fRecorteo.m` de recorte de uma área de estudo

A3 – Processamento de imagens

A3.1. Funções de gravação/visualização de campos

A3.1.1. Função `ffGravaCampos.m`

A3.1.2. Função `ffMostraCampos.m`

A3.2. Diretório **IMAGsat/Reprojeta**

A3.2.1. `ReprojetaG13.m`: Conversão projeção satélite → grade regular

A3.2.2 `RecortaABI.m`: Amostragem de arquivos ABI regular

A3.2.3. Função `fABIGradGL.m`

A1. Diretório Principal **MODELOGL1214**

Funções incluídas no Modulo Gerencial do modelo, para definir áreas de estudo e campos de parâmetros

A1.1. Função **fAreaAlternativa.m**: escolha de área geográfica de trabalho

Permite escolher entre 10 subáreas de estudo.

```
% =====  
%Exemplo:  
%Programa visualização-definição de área de estudo  
Pim= load("PimGL14GL13.txt");  
mapa= load(['ModulosGL140\Americas0.txt']);  
Pima= fAreaAlternativa(mapa, Pim);  
% =====
```

A função de escolha de área importa o Pim original (com definição de área 0 de estudo), requer nova área e exporta o novo Pim (variável Pima). Visualiza as 10 áreas de escolha.

Caso queira ser escolhida uma outra área

```
function Pima =fAreaAlternativa(mapa, Pim) %alocada em ModulosGL140  
%permite mudar a area prevista para estudo  
%isso facilita analise de diferencas entre GL12 e GL14  
  
Pima= Pim;  
% area da imagem de satellite  
    latinis= Pim(41); dlat= Pim(42); Nlins= Pim(43);  
    latfins= latinis+ (Nlins-1)*dlat;  
    loninis= Pim(44); dlons= Pim(45); Ncols= Pim(46);  
    lonfins= loninis+ (Ncols-1)*dlons;  
    Vs= [loninis lonfins latinis latfins];  
% area de dados parametros para GL14  
Nlinp= 1800; Nlonp= 1800; dlonp= .04; dlatp= .04;  
    latinip= -50; latfinp= latinip+ (Nlinp-1)* dlatp;  
    loninip= -100; lonfinp= loninip+ (Nlonp-1)* dlonp;  
    Vp= [loninip lonfinp latinip latfinp];  
    xp= [Vp(1) Vp(2) Vp(2) Vp(1) Vp(1)];  
    yp= [Vp(3) Vp(3) Vp(4) Vp(4) Vp(3)];  
  
    latinio= Pim(51); latfino= Pim(52); dlato= Pim(53);  
    loninio= Pim(54); lonfino= Pim(55); dlono= Pim(56);  
    Vo= [loninio lonfino latinio latfino];  
    xo= [loninio lonfino lonfino loninio loninio];  
    yo= [latinio latinio latfino latfino latinio];  
    %-----  
    % --- areas  
    V= [-50 -32 -15 +00; -65 -50 -42 -29; -65 -52 -11 +01; ...  
        -80 -63 -05 +13; -72 -62 -30 -15; -74 -62 -43 -30; ...  
        -82 -66 -20 +02; -93 -75 +05 +21; -83 -30 -46 +13];  
    [Nv, Nn]= size(V);  
    figure(20); clf  
    plot(mapa(:,1), mapa(:,2), '-k'); hold on  
    pp= plot(xp, yp, '-g'); hold on  
    po= plot(xo, yo, '-m'); hold on  
    for nv= 1:Nv  
        Vn= V(nv,:);  
        xv= [Vn(1) Vn(2) Vn(2) Vn(1) Vn(1)];  
        yv= [Vn(3) Vn(3) Vn(4) Vn(4) Vn(3)];  
        plot(xv, yv, '-b'); hold on  
        NNv= (nv==Nv);  
        switch (NNv)
```

```

        case 0
            text((Vn(1)+Vn(2))/2, (Vn(3)+Vn(4))/2, num2str(nv),...
                'FontSize', 16, 'Color', 'r'); hold on
        case 1
            text((.05*Vn(1)+.95*Vn(2)), (.05*Vn(3)+.95*Vn(4)), num2str(nv),...
                'FontSize', 18, 'Color', 'r'); hold on
        end
    end

title('areas analise nas imagens ABI e Imager-DISSM');
legend([pp pol], 'area parametros', 'area 0', ...
        'Location', 'SouthWest');
axis(Vs)
grid

% -----
region= input('conserva area ==0, escolhe outra == numero: ');
Pima(57)= region;
if region>0
    Va= V(region,:);
    Pima(51)= Va(3); Pima(52)= Va(4); Pima(54)= Va(1); Pima(55)= Va(2);
end
end

```

A1.2. Funções `fGLxxParametros.m`: preenchimento espacial de parâmetros

Versão GL1.2: `fGL12Parametros.m`

```
function [Rbase, Gasbase] = fGL12Parametros(X,Y, anomesdia, Pim, Pra)
%cria base dados superf e gases para GL1.2
[Nlin, Ncol]= size(X);
Rbase= ones(Nlin, Ncol, 3); Gasbase= zeros(Nlin, Ncol, 4);
Rmin= Pra(40); Rmax= Pra(41); Rbcloud= Pra(42);
Rbase(:,:,1)= Rmin; Rbase(:,:,2)= Rmax; Rbase(:,:,3)= Rbcloud;

pressao= Pra(35); Gasbase(:,:,1)= pressao;
O3= Pra(30); Gasbase(:,:,2)= O3;
latw2= Pra(34); w2south= Pra(32); w2north= Pra(33);
W2= zeros(Nlin, Ncol);
W2(Y>latw2)= w2north; W2(Y<=latw2)= w2south; Gasbase(:,:,3)= W2;
CO2= Pra(31); Gasbase(:,:,4)= CO2;

end
```

Versão GL1.4: `fGL14Parametros.m`

Recebe campos de parâmetros pressão, ozônio, água precipitável, fator de refletância do diretório `DADOSGL14`, na dimensão e resolução do GL (1800 x 1800, 0.04°), e recorta com a mesma resolução para uma área de estudo (Xo,Yo), com a função `fRecorteo.m`. No caso de `RMIN201819`, os arquivos contidos são de *fator de refletância* para horários em torno de 15UTC e são divididos pelo `cosZo` para esse horário.

```
function [Rbase, Gasbase] = fGL14Parametros(dir, Xo,Yo, anomesdia, Pim, Pra,
Pic)
%Parametros de superficie, nuvens e gases distrib. geografica
%entra campo de parametro dimensao X,Y e sai recorte dimensao Xo,Yo

%dir= 'DADOSGL14\'; %estes dados já são matrizes 1800x1800 area GL12
%base de dados preparada por Anthony

anomes= floor(anomesdia/100); mes= mod(anomes,100);

anomesdia
%area de analise -----
[Nlino, Ncolo]= size(Xo); %dimensao do recorte imagem
latinio= Yo(1,1); latfino= Yo(end,1);
loninio= Xo(1,1); lonfino= Xo(1,end);
Rbase= zeros(Nlino, Ncolo, 3); Gasbase= zeros(Nlino,Ncolo,4);
% -----
%matrizes de dados parametros para GL1.4
Nlins= Pic(3); Ncols= Pic(4);
latini= Pic(5); lonini= Pic(6);
dlat= Pic(7); dlon= Pic(8);
lonfin= lonini+(Ncols-1)*dlon; latfin= latini+ (Nlins-1)*dlat;
x= lonini:dlon:lonfin; y= latini:dlat:latfin;
[X,Y]= meshgrid(x,y); %dimensao arquivo de dados

hhmm= 1500; %circa meiodia local
mus= fangulos15(anomesdia, hhmm, Xo,Yo, Pim);
muo15UTC= mus(:,:,1);

% ----- recorte para Xo,Yo

% pressao
fator= Pic(2); param= 'PRESS';
```

```

messtr= ['00' num2str(mes)]; messtr= messtr(end-1:end);
arq= [dir param '\press_clim_' messtr '.bin'];
disp(['abre ' arq]);
fid= fopen(arq, 'r');
Z= fread(fid, 'float32');
ZZ= reshape(Z, [Ncols, Nlins])/fator;
ZZ= flipud(ZZ');
%Zo= interp2(X,Y,ZZ, Xo,Yo);
Uo= fRecorteo(ZZ, X,Y, Xo,Yo);
Gasbase(:, :,1)= Uo;
% ozonio clima
fator= Pic(10); param= 'OZONE';
messtr= ['00' num2str(mes)]; messtr= messtr(end-1:end);
arq= [dir param '\o3_clim_' messtr '.bin'];
disp(['abre ' arq]);
fid= fopen(arq, 'r');
Z= fread(fid, 'int16');
ZZ= reshape(Z, [Ncols, Nlins])/1e5;
ZZ= flipud(ZZ');
%Zo= interp2(X,Y,ZZ, Xo,Yo);
Uo= fRecorteo(ZZ, X,Y, Xo,Yo);
Gasbase(:, :,2)= Uo;

%agua precipitavel clima
fator= Pic(20); param= 'AGUAPREC';
messtr= ['00' num2str(mes)]; messtr= messtr(end-1:end);
arq= [dir param '\w2_clim_' messtr '.bin'];
disp(['abre ' arq]);
fid= fopen(arq, 'r');
Z= fread(fid, 'int16');
ZZ= reshape(Z, [Ncols, Nlins])/fator;
ZZ= flipud(ZZ');
%Zo= interp2(X,Y,ZZ, Xo,Yo);
Uo= fRecorteo(ZZ, X,Y, Xo,Yo);
Gasbase(:, :,3)= Uo;

%CO2
CO2= Pra(31);
Gasbase(:, :,4)= CO2;

%FRmin canal vis 2018-2019
fator= Pic(30); param= 'RMIN201819';
messtr= ['00' num2str(mes)]; messtr= messtr(end-1:end);
arq= [dir param '\Rmin201819_2020' messtr '1500_GL.bin'];
disp(['abre ' arq]);
fid= fopen(arq, 'r');
Z= fread(fid, 'int16');
ZZ= reshape(Z, [Ncols, Nlins])/fator;
ZZ= flipud(ZZ');
%Zo= interp2(X,Y,ZZ, Xo,Yo); Rmin= Zo./muomeiodia;
Uo= fRecorteo(ZZ, X,Y, Xo,Yo);
Rbase(:, :,1)= Uo./muo15UTC;

-----

%Rmax
Rmax= Pra(41);
Rbase(:, :,2)= Rmax;

%Rcloud
Rbasecloud= Pra(42);
Rbase(:, :,3)= Rbasecloud;

end

```

A2. Diretório **ModulosGL140**

Contém as funções e arquivos

<code>fangulos15.m</code>	A2.2
<code>fastrrododia.m</code>	A2.1
<code>fcloudiness.m</code>	A2.3
<code>fGL12alfa.m</code>	A2.4
<code>fGL12gases.m</code>	A2.5
<code>fRecorte.m</code>	A2.6.1
<code>fRecorte13.m</code>	A2.6.2
<code>fRecorteo.m</code>	A2.6.3

`Americas0.txt`
`jat100.txt`
`jet00.txt`

A2.1. Função `fastrrododia.m`: cálculo de parâmetros astronômicos

Expressões para declinação δ , equação do tempo δt , distância relativa Sol-Terra $(D/D_0)^2$ com relação ao valor médio $D_0 = 149,5E6$ km, segundo Paltridge e Platt (1976).

```
function astro= fastrrododia(anomesdia)
    %versao corrigida abril 2017
    % calcula declinacao (radianos)e equacao do tempo (horas)
    %a partir da data anomesdia [yyyymmdd]
    dia0= [0 31 59 90 120 151 181 212 243 273 304 334];
    diasdoano= 365;
    ano= floor(anomesdia/10000); mesdia= mod(anomesdia,10000);
    mes= floor(mesdia/100); dia= mod(mesdia,100);
    if mod(ano,4)==0
        dia0= dia0 + [0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1];
        diasdoano= diasdoano+1;
    end
    diajul= dia0(mes)+ dia;
    teta = 2 * pi * (dijul-1) / diasdoano; %radianos
    delta = .006918 - .399912 * cos(teta) + .070257 * sin(teta) - ...
        .006758 * cos(2 * teta) + .000907 * sin(2 * teta) - ...
        .002697 * cos(3 * teta) + .00148 * sin(3 * teta); %radianos
    dtempo= .000075 + .001868* cos(teta) - .032077* sin(teta) - ...
        .014615 * cos(2 * teta) - .040849* sin(2*teta); %radianos
    dt= dtempo*180/(pi*15); %horas

    r2sun = 1.00011 + .034221 * cos(teta) + .000128 * sin(teta) +...
        0.000719* cos(2*teta) + 0.000077* sin(2*teta);
    %algoritmo corrigido - Paltridge & Platt 1976
    %r2sun= (Do/D)^2
    astro= [delta; dt; r2sun];
end
```

A2.2. função `fangulos15.m`: distribuição de ângulos de visada

```
% =====
function mus= fangulos15(anomesdia, horaZ, lon, lat, Pim)
% Alocada ModulosGL140 - calcula ângulos zenital solar,
% visada ao satellite, dispersao sol-terra-satellite
% =====
[Nlin, Ncol]= size(lat);
mus= zeros(Nlin, Ncol, 3);

AA= fastrododia(anomesdia);
declina= AA(1); dtempo= AA(2); DoD2= AA(3);
RaioTerra = Pim(10); altsat= Pim(12); % Parametros geometricos
lonsat= Pim(11);
roo = (altsat + RaioTerra) / RaioTerra; %Raio Relativo da OrbitaSat

%angulos solar e satelital
horaZdec= floor(horaZ/100)+ mod(horaZ,100)/60;
horasolar= horaZdec + lon/15 + dtempo; %hora
h= 15*(12 - horasolar); cosh= cosd(h); %graus
coslat= cosd(lat); sinlat= sind(lat);
muo= cos(declina)* (coslat.* cosh) + sin(declina)* sinlat;

% Calcula Angulo Zenital do satellite:
% (Baseado em produto escalar RS,Zenith)
    cosdiflon= cosd(lonsat - lon);
    rsat = sqrt((1 + roo * roo) - 2 * roo * (cosdiflon.*coslat));
    musat = (roo* coslat.*cosdiflon - 1)./rsat;
    musat(musat<= .001)=0;
    musat(musat>=1)=0;

% Estimativa do Angulo de Dispersao:
% (Baseado em produto escalar entre visada ao sol e ao satellite)
    dlongh= lonsat - lon - h;
    mudisp = (roo * cos(declina) * cosd(dlongh) - muo)./rsat;
    mudisp(mudisp>= 1)= 0;
    mudisp(mudisp<=-1)= 0;

mus(:,:,1)= muo; mus(:,:,2)= musat; mus(:,:,3)= mudisp;
end
```

Ângulo zenital solar Z_o é uma variável fundamental em textos meteorológicos, avaliando-se segundo

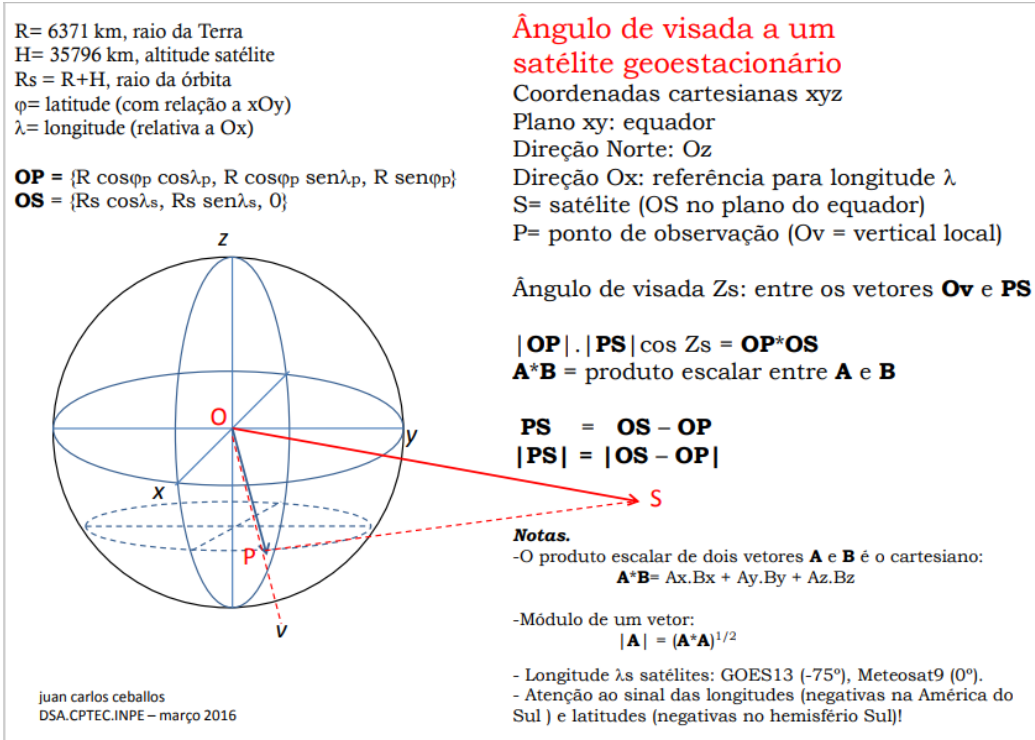
$$\cos Z_o = \mu_o = \cos\phi \cos\delta \cos h + \sin\phi \sin\delta \quad (5.2.1)$$

ϕ = latitude (positiva no Hemisfério Norte),

δ = declinação (calculada na `fastrododia.m`)

h = ângulo horário (ângulo de rotação da Terra com relação ao meio-dia local)

Ângulo zenital de um satélite Z_s é importante para corrigir a atenuação atmosférica produzida ao se observar um alvo.



Um ponto P na superfície da Terra tem a vertical **v** definida pela direção do vetor **OP**. A visada ao satélite está definida por um vetor **s** na direção do vetor **PS**, com S sendo a posição do satélite, na altura H por cima do equador. O ângulo de visada Z_s ao satélite vem dado por um ângulo Z_s com relação à vertical local. O produto escalar entre **OP** e **OS** (indicado com *) é

$$\mathbf{OP} \cdot \mathbf{PS} = |\mathbf{OP}| \cdot |\mathbf{PS}| \cdot \cos Z_s, \quad \text{ou} \quad \cos Z_s = \mathbf{v} \cdot \mathbf{s}. \quad (1)$$

Nas coordenadas cartesianas [x y z],

$$\mathbf{OP} = R [\cos\varphi \cos\lambda, \cos\varphi \sin\lambda, \sin\varphi] \quad (2)$$

$$\mathbf{OS} = R_s [\cos\lambda_s, \sin\lambda_s, 0] \quad (3)$$

$$\text{Pelo Teorema do Cosseno, } |\mathbf{PS}|^2 = R^2 + R_s^2 - 2 R R_s \cos(\mathbf{OP}, \mathbf{OS}), \quad (4)$$

e das eqs. (2) e (3) ,

$$\cos(\mathbf{OP}, \mathbf{OS}) = [\cos\varphi \cos\lambda \cos\lambda_s + \cos\varphi \sin\lambda \sin\lambda_s + 0] = \cos\varphi \cos(\lambda - \lambda_s). \quad (5)$$

$$|\mathbf{PS}| = R [1 + r_{oo}^2 - 2 r_{oo} \cos\varphi \cos(\lambda - \lambda_s)]^{1/2}, \quad r_{oo} = R_s/R, \quad (6)$$

$$\mathbf{OP} \cdot \mathbf{PS} = \mathbf{OP} \cdot (\mathbf{OS} - \mathbf{OP}) = R^2 [r_{oo} \cos\varphi \cos(\lambda - \lambda_s) - 1], \quad (7)$$

$$\cos Z_s = [r_{oo} \cos\varphi \cos(\lambda - \lambda_s) - 1] / [1 + r_{oo}^2 - 2 r_{oo} \cos\varphi \cos(\lambda - \lambda_s)]^{1/2}. \quad (8)$$

Ângulo de dispersão Z_{disp} é fundamental para avaliar correção atmosférica e refletância de superfície. A dedução será incluída na versão final deste Relatório. Nas Notas (**Anexo A2.1**) são tecidos comentários sobre a correção atmosférica.

A2.3. Função `fcloudiness.m`: avaliando nebulosidade

```
% =====  
function cloud= fcloudiness(Rp, Rbase, Pim)  
    Modelo= Pim(1);  
    if (Modelo==12 || Modelo==14)  
        Rmin= Rbase(:,:,1); Rmax= Rbase(:,:,2);  
        Co= (Rp - Rmin)./(Rmax - Rmin);  
        cloud= (Co>0 & Co<1).* Co + (Co>=1);  
        %cloud=Co; cloud(Co<0)=0; cloud(Co>1)=1;  
    end  
  
end  
  
% =====
```

Notas.

O estimador `cloud` está definido no contexto de refletância observada pelo canal VIS do sensor de satélite geoestacionário (Imager ou ABI, nos GOES; SEVIRI, no Meteosat), sendo interpretado como a fração de área coberta por nuvens na escala de um pixel (usualmente 1 km). Avalia-se a partir da aproximação

$$R = (1 - Co) R_{min} + Co \cdot R_{max},$$

onde R_{min} representa um valor mínimo (assumido sem nuvens) e $R_{max}= 0,465$ é um valor de transição entre campos de nuvens cumuliformes e presença de estratos, encontrado a partir de classificação de nuvens (Bottino e Ceballos, 2014; Porfirio e Ceballos, 2017). Claramente, uma nuvem com $R > R_{max}$ já está cobrindo inteiramente o pixel, e $Co > 1$, `cloud`=1. Um pixel apresentando refletância $R < R_{min}$ tem $Co < 0$, sendo interpretando como de céu claro (`cloud`=0). Co é numericamente igual ao índice de nebulosidade (“*cloud index*”) utilizado por modelos como BrasilSR (Pereira et al., 2017) ou Heliosat (Rigollier et al 2004); no contexto do modelo GL, tem um sentido estrito de quantificação de área relativa coberta por nuvens Cu .

A2.4. Função `fGL12alfa.m`: estimativa de parâmetros para céu claro

```
function alfas= fGL12alfa(mus, pressao, lamdacen)
%parametros para correção atmosferica - apenas Rayleigh

[Nlin, Ncol]= size(pressao);
muo= mus(:, :, 1); musat= mus(:, :, 2); mudisp= mus(:, :, 3);

    alfas= zeros(Nlin, Ncol, 3);

    tau = .00888 * lamdacen^(-4.05) * pressao/1013;
    phase = .603 + .719 * mudisp.*mudisp; %função de fase scat. Rayleigh
    beta= 1;    %beta= <b>/<mu> Rayleigh

% Expressao de Tanre et al. (1986, 1990):
    alfa = (tau.*phase)./(4*muo.*musat);

% Refletancia difusa:
    alfa1 = beta * tau./(1 + beta * tau);

% Expressao de Lacis e Hansen (1974): reflet. planetaria
    alfaLH = .28*1./(1+ 6.43 * muo);

% Refletancia no Intervalo Visivel:
% alfavis = (Csolar / (Svisivel + Suvb)) * alfaLH;

alfas(:, :, 1)= alfa; alfas(:, :, 2)= alfa1; alfas(:, :, 3)= alfaLH;
end
```

Estes parâmetros serão comentados na versão final do Relatório, incluindo notas sobre correção atmosférica e modelo de céu claro nas versões 1.2 e 1.4

A2.5. Função `fGL12gases.m` : absorção por O3, H2O e CO2.

```
% -----
function gases= fGL12gases(Gasbase, muo, musat, Pim, Pra)
%absorcao-transmissao por ozonio, vapor e CO2
%S já corrigido por distancia Terra-Sol
% -----
Csolar = Pra(2); r2sun= Pra(3);          %Const. Solar
Suvb = Pra(9); Svisivel = Pra(10); Sinfra = Pra(11)+ Pra(12);
fuva = Pra(15); fuvb = Pra(16); %Fracoes UVa UVb de S
fvis= Svisivel/Csolar;

[Nlinhas Ncolunas]= size(muo); Mzero4= zeros(Nlinhas, Ncolunas, 4);
gases= Mzero4;
mumin=.1; muo(muo<mumin) = mumin;
O3= Gasbase(:, :,1); w2= Gasbase(:, :,2); CO2= Gasbase(:, :,3);

wefet= w2./muo;
ii= find(muo==mumin); wefet(ii)= w2(ii);
% Absorcao H2O e CO2
% Expressao Ceballos e Fattori (1982):
absH2O = (133 + 92 * log10(wefet) + 2.1 * wefet)* r2sun; %Wm-2
absCO2 = (.14 + 11.2*1./sqrt(muo) - 8.1 * log10(muo))* r2sun; %Wm-2
Agas= absH2O + absCO2;
gases(:, :,4)= Agas;

%Absorcao por ozonio (transmitancias referidas ao S total)
%Parametrizações Lacis e Hansen (1974) em Paltridge e Platt(1976)
%Chappuis (visivel)
w3 = O3./muo;
u=(1 + .042 * w3 + .000323 * w3.*w3);
a3 = .02118 * w3./u ; %referente S
a3vis= a3/fvis; %referente Svis
T3in = 1 - a3vis; %transmitancia no VISin, referente Svis
gases(:, :,1)= T3in;

w3 = O3./musat;
a3vis = .02118 * w3./ (1 + .042 * w3 + .000323 * w3.*w3);
T3out = 1 - a3vis; %transmitancia no VISout, referente a Svis
% este algoritmo deve ser ajustado para absorcao na banda do ch2 ABI
gases(:, :,2)= T3out;

%Huggins+uv não absorvente (0.3-0.4 mic)
%uva refere-se a lamda<0.3 com banda Hartley OPACA
w3 = O3./muo;
%Absortancia UV Lacis & Hansen (1974)
auv = (1.082 * w3)./(1 + 138.6 * w3).^0.805 + ...
      (0.0658 * w3)./(1 + (103.6 * w3).^3);
auvb = (auv - fuva) / fuvb; %absortancia referida ao uvb
T3bin = 1 - auvb; %transmitancia no UVb 0.3-0.4
gases(:, :,3)= T3bin;

clear Gasbase
end
```

A2.6. Funções de recorte de campos

A2.6.1. Função `fRecorte.m` para imagens ABI

Aplica-se às imagens ABI DISSM em projeção regular e padrão netcdf. Pode ler canais 1 a 6 do ABI (que apresentam resoluções diferentes). Escrita em padrão MatLab; para uso com Octave, deverá incluir chamado a *package netcdf*.

Apropriada para leitura de imagens no diretório `IMAGsat\g16\`. A resolução das imagens DISSM é menor que $dlat = dlon = 0.04^\circ$ do modelo GL. Esta função recorta a área de estudo amostrando na resolução indicada no cartão Pim.

```
function [FRR, xo,yo]= fRecorte(dirimag, anomesdia, hhmm, ch, Pim,
Pra)
%Le imagem canal ch e recorta area de estudo
%leitura netcdf

dir= [dirimag 'g16\g16.ch0' num2str(ch)];
S= ['\S1063533' num2str(2+ch) '_'];
tempo= anomesdia*10000+hhmm; tempostr= num2str(tempo);
arq= [dir S tempostr '.nc'];
disp(['abre ' arq]);

ncid= netcdf.open(arq, 'nc_nowrite');
ff= netcdf.inqFormat(ncid);

%ncdisp(arq); %descreve propriedades do arquivo
A= netcdf.getVar(ncid,0, 'single');
B= A'/10000;
clear A
    lat= netcdf.getVar(ncid,2, 'single');
    lon= netcdf.getVar(ncid,3, 'single');
% =====
Nlin= Pim(43); Ncol= Pim(46); %imagem DSA
Latini= Pim(41); Lonini= Pim(44);
dLat= Pim(42); dLon= Pim(45);
    s= 1:Nlin; lat= Latini+ (s-1)*dLat;
    s= 1:Ncol; lon= Lonini+ (s-1)*dLon;
if (ch==4 | ch==6)
    A= zeros(Nlin, Ncol);
    A(1:2:Nlin-1, 1:2:Ncol-1)= B;
    A(2:2:Nlin, :)= A(1:2:Nlin-1,:);
    A(:,2:2:Ncol)= A(:,1:2:Ncol-1);
    B= A;
    clear A
end
% recorte area estudo. Resolucao dLat dLon da imagem
latini= Pim(51); latfin= Pim(52); lonini= Pim(54); lonfin= Pim(55);
Lin= floor(([latini latfin] - Latini)/dLat)+1;
Col= floor(([lonini lonfin] - Lonini)/dLon)+1;

disp(['imag original ' num2str([Lin(1) Lin(2) Col(1) Col(2)])]);
FR= B(Lin(1):Lin(2), Col(1):Col(2));
y=lat(Lin(1):Lin(2)); x= lon(Col(1):Col(2));
Ncols= length(x); Nlins= length(y);

%redução à resolucao proposta para a area de estudo
x(x<lonini)= lonini; y(y<latini)= latini;
```

```

dlono= Pim(56); J= floor((x- lonini)/dlono)+1;
dlato= Pim(53); I= floor((y- latini)/dlato)+1;
disp('coords minimas x y');
disp([min(x) lonini]);
disp([min(y) latini]);
xo= lonini:dlono:lonfin; yo= latini:dlato:latfin;
FRR= zeros(length(yo), length(xo));
for col=1:Ncols
    for lin= 1:Nlins
        FRR(I(lin), J(col))= FR(lin, col);
    end
end

% ---- correcao distancia Terra-Sol
DoD2= Pra(3);
if DoD2>0
    FR= DoD2*FR;
end

end

```

A2.6.2. Função `fRecorte13.m` para imagens GOES13

Aplica-se a imagem de canal VIS GOES já projetada na grade GL regular, alocada em diretório `IMAGsat\gl3r\`. Recorta área de estudo.

```
function [FR, xo,yo]= fRecorte13(dirimag, Xo, Yo, anomesdia, hhmm,
Pim, Pra)
%Le imagem canal 1 e recorta para [Xo, Yo]

dir= [dirimag 'gl3r\'];
S= ['S10238213_'];
hmstr= ['00' num2str(hhmm)]; hhmmstr= hmstr(end-3:end);
tempostr= [num2str(anomesdia) hhmmstr];
arq= [dir S tempostr 'r'];
disp(['abre ' arq]);

Nlin= Pim(43); Ncol= Pim(46); %imagem DSA recorte area GL
Latini= Pim(41); Lonini= Pim(44);
dLat= Pim(42); dLon= Pim(45);
s= 1:Ncol; xs= Lonini+ (s-1)*dLon; ys= Latini+ (s-1)*dLat;
[Xs, Ys]= meshgrid(xs,ys);

fid= fopen(arq, 'r');
A= fread(fid, 'int16');
B= reshape(A, [Nlin, Ncol])/10000;
clear A

% ===== recorte area de estudo
FR= fRecorteo(B, Xs,Ys, Xo,Yo);
xo= Xo(1,:); yo= Yo(:,1);
% ---- correcao distancia Terra-Sol
DoD2= Pra(3);
if DoD2>0
    FR= DoD2*FR;
end

end
```

A2.6.3. Função `fRecorteo.m` de recorte de uma área de estudo

Função utilizada para recortar um campo (Xo Yo) regular a partir de outro maior (X Y) regular. Realiza naturalmente uma interpolação linear..

```
function Uo= fRecorteo(U, X,Y, Xo,Yo)
%Recebe campo em X,Y e entrega recorte definição Xo,Yo igual ou menor

% =====
% recorte area estudo. Resolucao dLat dLon da imagem
[Nlino,Ncolo]= size(Xo); Uo= zeros(Nlino, Ncolo);

y= Y(:,1); yo= Yo(:,1); Lin= find(y>=yo(1) & y<=yo(end));
x= X(1,:); xo= Xo(1,:); Col= find(x>=xo(1) & x<=xo(end));
Ncols= length(Col); Nlins= length(Lin);

dlato= yo(2)- yo(1); dlono= xo(2)- xo(1);
I= floor((y(Lin)-yo(1))/dlato)+1;
J= floor((x(Col)-xo(1))/dlono)+1;

for col=1:Ncols
    for lin= 1:Nlins
        L= Lin(lin); C= Col(col);
        Uo(I(lin), J(col))= U(L, C);
    end
end
end
```

ANEXOS A3. – Processamento de imagens

A3.1. Programas e funções de visualização / gravação

Alocados no diretório [MODELOG1214](#) para ilustrar e/ou gravar saídas do GL. Identificados pela dupla letra inicial: [ff*.m](#). A continuação do Módulo Físico, o programa principal pode introduzir as linhas seguintes (figuras = 0 ou 1; grava = 0 ou 1) para o output no dia/mês/ano anomesdia, horário hora/minuto hhmm.

```
aamddstr= num2str(anomesdia); hhmmst= num2str(hhmm);  
hhmmstr= ['00' num2str(hhmm)];hhmmstr= hhmmstr(end-3:end);  
if figuras== 1  
    Mostra= ffMostraCampos(anomesdia,hhmm,X,Y,GG,mapa,xybord, Pim);  
    disp(['mostra campos ' aamddstr '-' hhmmstr]);  
    pause  
endif  
if grava==1  
    xx= ffGravaCampos(Guvvis, Glob, X,Y, nh, Pim);  
    disp(['gravou ' xx]);  
endif
```

A visualização de campos inclui um mapa do continente americano, com divisão por Estados do Brasil ([Americas0.txt](#)), eventualmente complementado com divisão política de outro país. O arquivo é carregado no Módulo Gerencial, e fornecido às funções de visualização como variável mapa.

A3.1.1. Função `ffGravaCampos.m`

Nesta função-exemplo, os campos de `Guvvis` e de `Global` do modelo GL 1.2 para a Região 5, dia `aammdd` e hora `hhmm` são gravados no diretório `OUTPUT`, como arquivos binários (parte inteira de $10 * GL$, como `int16`).

`Guvvis` → `OUTPUT/GLUVV12R5-aammdd-hhmm`

`Global` → `OUTPUT/GLOB12R5-aammdd-hhmm`

```
function xx= ffGravaCampos(Guvvis, Glob, X,Y, nh, Pim)
    anomesdia= Pim(48); hhmm= Pim(49);
    Modelo= Pim(1);
    aammddstr= num2str(anomesdia);
    hhmmstr= ['00' num2str(hhmm)];hhmmstr= hhmmstr(end-3:end);

    RR= ['R' num2str(Pim(57))];
    GLstr= ['GLUVV' num2str(Modelo)]; tempo= ['- ' aammddstr '-'
hhmmstr];
    arq1= ['OUTPUT/' GLstr tempo RR ];
    A= floor(Guvvis*10);
    fid= fopen(arq1, 'w');
    fwrite(fid, A, 'int16');
    % -----
    GLstr= ['GLOB' num2str(Modelo)]; tempo= ['- ' aammddstr '-'
hhmmstr];
    arq2= ['OUTPUT/' GLstr tempo RR ];
    A= floor(Glob*10);
    fid= fopen(arq2, 'w');
    fwrite(fid, A, 'int16');
    fclose 'all';
    % -----
    disp(nh);
    if nh==1
        disp('grsvs eixos');
        xglob= squeeze(X(1,:)); yglob= squeeze(Y(:,1));

        save 'OUTPUT/xglob.txt' xglob -ascii
        arqx= ['OUTPUT/xglob' RR '.txt'];
        [err,msg]= rename('OUTPUT/xglob.txt', arqx)

        save 'OUTPUT/yglob.txt' yglob -ascii
        arqy= ['OUTPUT/yglob' RR '.txt'];
        [err,msg]= rename('OUTPUT/yglob.txt', arqy)

    endif
    %disp(['gravou ' arq]);

    xx= [arq1 ' e ' arq2];
end
```


A3.1.2. Função `ffMostraCampos.m`

Nesta função-exemplo de painel 2x2, são mostrados os campos (na área de estudo) dos inputs fator de refletância FR e nebulosidade C, e dos outputs Guvvis e Global.

```
function Mostra= ffMostraCampos(anomesdia, hhmm, X,Y, GG, mapa,
xybord, Pim)
%Resultados input e output modelo GL
Mostra=0;
Modelo= Pim(01);
switch Modelo
    case 12
        modelostr= 'Modelo GL1.2';
    case 14
        modelostr= 'Modelo GL1.4';
end
lonmapa= mapa(:,1); latmapa= mapa(:,2);
jx= load('ModulosGL140/jat100.txt');

% ----- FR entrada + cloudiness
figure(3); clf
colormap(jx)
subplot(1,2,1)
FR= 100*squeeze(GG(:,:,1)); Refmin= 100*squeeze(GG(:,:,5));
pcolor(X,Y,FR); hold on
shading flat;
colorbar
plot(lonmapa, latmapa, '-w'); hold on
title(['dia ' num2str(anomesdia) ' horaUTC ' num2str(hhmm) ...
    ' REF vis']);
axis(xybord);
caxis([0 100])
subplot(1,2,2)
cloud= GG(:,:,2);
U= 100*cloud; U(FR<Refmin)= 2; U(FR==0)=0;
pcolor(X,Y,U); hold on
shading flat;
colorbar
plot(lonmapa, latmapa, '-w'); hold on
title(['dia ' num2str(anomesdia) ' horaUTC ' num2str(hhmm) ...
    ' cloudiness']);
axis(xybord);
caxis([0 100])
% ----- Guvvis + Global
figure(6); clf
colormap(jx)
subplot(1,2,1)
Guvvis= GG(:,:,3);
colormap(jx);
pcolor(X,Y,Guvvis); hold on
shading flat;
colorbar
plot(lonmapa, latmapa, '-k'); hold on
title(['dia ' num2str(anomesdia) ' horaUTC ' num2str(hhmm) ...
    ' - ' modelostr ' Guvvis']);
axis(xybord);
caxis([0 1200]);
subplot(1,2,2)
Global= GG(:,:,4);
colormap(jx);
pcolor(X,Y,Global); hold on
```

```

        shading flat;
        colorbar
        plot(lonmapa, latmapa, '-k'); hold on
        title(['dia ' num2str(anomesdia) ' horaUTC ' num2str(hhmm) ...
              ' - ' modelostr 'Global']);
        %axis([-60 -30 -25 -10]);
        axis(xybord);
        caxis([0 1200])
        Mostra=1;
end

```

A3.2. Diretório **IMAGsat/Reprojeta**

Este diretório contém programas que padronizam arquivos de imagem gerando outros regulares para *input* no Módulo Físico do modelo GL.

A3.2.1. **ReprojetaG13.m**: Conversão projeção satélite → grade regular

Processa imagens GOES13 projeção satélite geradas e armazenadas na DISSM; a grade regular gerada é a do modelo GL. O programa utiliza arquivos de navegação 'S10238223_LAT' e 'S10238224_LON' para a relação (lin, col)_{satelite} → (lat, lon) → (lin, col)_{regular}. Está alocado no diretório **IMAGsat/Reprojeta**. A visualização dos diferentes arquivos utilizados está comentada.

```

% geraprojetadasgoes13 %epoca agosto 2015
% programa JCCeballos - agosto2022

%exemplo de geração de arquivo de imagem GOES13 em grade regular
%tipo goes_13 20150826 1100 1114 1120 1125 gvar_ch1 1818 3241 LNX
%fulldisk goes_13 20150817 1500 1520 1500 1520 gvar_ch1 2064 3443 LNX
anomesdia= 20150809; hora= 1630;
% ----- DIMENSOES DE IMAGEM -----
%imagem projecao satelite
Nlincol= [1818 3241; 2064 3443]; %recorte GOES horas comuns e full disk
%imagem projetada regular
latini=-50; dlat= 0.04; NL= 1800; latfin= latini+ (NL-1)*dlat;
lonini=-100; dlon= 0.04; NC= 1800; lonfin= lonini+ (NC-1)*dlon;
% -----

% ===== arqs navegacao =====
tipo=1;
Nlins= Nlincol(tipo,1); Ncols= Nlincol(tipo,2);

fid= fopen('S10238223_LAT', 'r');
bin_file= fread(fid, 'int16');
Dl= reshape(bin_file, Ncols, Nlins);
LAT= (Dl/100)';
fclose(fid);

fid= fopen('S10238224_LON', 'r');
bin_file= fread(fid, 'int16');
Dl= reshape(bin_file, Ncols, Nlins);
LON= (Dl/100)';
fclose(fid);

```

```

% figure(1); clf
% colormap(jet);
% imagesc(LAT); colorbar
% caxis([-60 +30])
%
% figure(2); clf
% colormap(jet);
% imagesc(LON); colorbar
% caxis([-120 -20])

% ===== imagem projecao satelite
% fid= fopen('S10238213_201508011600', 'r');
% A= fread(fid, 'int16');
% FRim= reshape(A, [Ncols, Nlins]);
%
% figure(3);clf
% colormap(jet);
% imagesc(FRim); colorbar

% ===== projecao regular =====
anomesdia= '20150801';
anomesdiastr= num2str(anomesdia);
dir1= 'dir13\';

for hora= 8:23
    for meiah=0:1
        hhmm= 100*hora+ meiah*30
        hmstr= ['00' num2str(hhmm)]; hhmmstr= hmstr(end-3:end);
        tempo= [anomesdiastr hhmmstr]
        pula= (hhmm==1530);
        switch pula
            case 0
                arq1= ['S10238213_' tempo];
                fid= fopen(arq1, 'r');
                A= fread(fid, 'int16');
                FRim= reshape(A, [Ncols, Nlins]);
                fclose(fid);
                clear A

                FRR= zeros(NC*NL,1);

                for col=1:Ncols
                    FRcol= squeeze(FRim(:,col));
                    LATcol= squeeze(LAT(:,col)); plin= floor((LATcol - latini)/dlat)+1;
                    LONcol= squeeze(LON(:,col)); pcol= floor((LONcol - lonini)/dlon)+1;
                    plin(plin<1)=1; plin(plin>NL)= NL;
                    pcol(pcol<1)=1; pcol(pcol>NC)= NC;
                    K= 1800*(pcol -1)+ plin;
                    FRR(K)= FRcol;
                end
                FR= reshape(FRR, [NL, NC]);

                arq2= [dir1 arq1 'r'];
                fid= fopen(arq2, 'w');
                fwrite(fid, 'int16');

                disp(hhmmstr);
            end %caso hhmm diferente de 1530
        end %meia hora
    end %hora

% figure(4); clf
% colormap(jet);
% imagesc(FR); colorbar

```

A3.2.2. [RecortaABI.m](#): Amostragem de arquivos ABI grade regular

Os arquivos ABI em grade regular são gerados na DISSM e gravados no formato netcdf.

O programa (linguagem: Octave) abre e executa recorte (rotina [fABIGradGL.m](#)) para a grade usada no GL 1.2 – GL 1.4. O vetor VGL controla o tamanho e resolução da grade de saída.

Opção de visualizar (imagem 0 ou 1) e/ou gravar (grava 0 ou 1) num subdiretório **/g16r**

```
%Recorta ABI para uma grade GL

pkg load netcdf      %ativa netcdf
% -----
arq='S10635334_202208011840.nc'; fator= 1e-4; %canal 02 - exemplo
imagem=0; grava=1;

lonini= -100; latini= -50;
Nlin= 1800; Ncol= 1800;
dlat= 0.04; dlon= 0.04;
VGL= [lonini latini dlon dlat Nlin Ncol];

UGL= fABIGradGL(arq, VGL);    %abre arquivo netcdf e recorta uma grade regular

switch imagem
case 1
    figure(1); clf
    UGLL= fator*flipud(UGL);
    imagesc(UGLL); colorbar
    pause
endswitch

switch grava
case 1
    name= arq(end-15:end-3);
    sufix= 'ABIVIS2GL';
    namearq= ['g16r/' sufix name 'r'];
    fid= fopen(namearq, 'w');
    fwrite(fid, UGL, 'int16');
    fclose (fid);
endswitch

=====
```

A3.2.3. Função `fABIGradGL.m`

```
%Leitura netcdf ABI e recorte para a grade GL
function UGL= fABIGradGL(arqname, VGL)

chan = ncread(arqname, 'Band1'); %le canal
ylat= ncread(arqname, 'lat');
xlon= ncread(arqname, 'lon');

ABI= chan';
clear chan

lonini= VGL(1); dlon= VGL(3);
NcolGL= VGL(5); lonfin= lonini+ (NcolGL-1)*dlon;
latini= VGL(2); dlat= VGL(4);
NlinGL= VGL(6); latfin= latini+ (NlinGL-1)*dlat;

tlin= find((ylat>=latini) & (ylat<=latfin));
tcol= find((xlon>=lonini) & (xlon<=lonfin));
ttlin= (tlin(1)-1):(tlin(end)+1);
ttcol= (tcol(1)-1):(tcol(end)+1);

U= ABI(ttlin, ttcol); xu= xlon(ttcol); yu= ylat(ttlin); %ABI na regioao GL
clear ABI

dlato= yu(2) - yu(1); dlono= xu(2) - xu(1); xuini= xu(1); yuini= yu(1);
[Nlino, Ncolo]= size(U); UGL= zeros(NlinGL, NcolGL);
slon= lonini+ (0:(NcolGL-1))*dlon;
CU= floor((slon- xuini)/dlono)+1;
slat= latini+ (0:(NlinGL-1))*dlat;
LU= floor((slat- yuini)/dlato)+1;

disp([Nlino Ncolo])
for lin=1:NlinGL
    UGL(lin, :)= U(LU(lin), CU);
    %disp([lin LU(lin)]);
endfor

end % end function

% =====
```