

Atividade em grupo: Mudança de uso do solo

Contexto: mudança de uso da superfície (desflorestamento) na Amazônia altera o equilíbrio radiativo no topo da atmosfera. Essa mudança vem ocorrendo desde os anos 70, e a área esmatada aumenta progressivamente. A mudança de uso do solo é ~permanente, uma vez que em geral as áreas desmatadas não voltam a ser ocupadas por florestas.

Objetivo: estudar o fluxo radiativo (irradiância) de onda curta no topo da atmosfera de acordo com o tipo de superfície. Simular o fluxo de onda curta para uma área florestada e uma desmatada. Calcular a forçante radiativa de onda curta devido ao desmatamento.

Roteiro sugerido:

- 1) prepare um arquivo de input para o libRadtran com os seguintes parâmetros: atmosfera tropical, modificada para representar a quantidade integrada de vapor d'água na Amazônia; aerossóis característicos da estação úmida; fonte solar de iluminação; ângulo solar zenital não nulo; intervalo de comprimentos de onda de onda curta; pós-processamento com soma ou integração; resultados calculados à superfície e no topo da atmosfera. Inicialmente defina um albedo de superfície correspondente à superfície florestada. Avise os demais grupos qual o valor de albedo escolhido.
- 2) Avalie: fluxos ascendentes e descendentes à superfície e no topo da atmosfera. Para os fluxos à superfície, os valores são consistentes com a sua definição do albedo de superfície? Qual o albedo planetário, isto é, a razão entre os fluxos ascendente e descendente no topo da atmosfera?
- 3) Como os fluxos variam com o ângulo solar zenital? Execute o código com valores diferentes para esse ângulo, e avalie o resultado. Faça um gráfico do albedo de superfície e do albedo planetário em função do cosseno do ângulo solar zenital. Avalie se os albedos respondem linearmente nesses gráficos (lei do cosseno).
- 4) Modifique o albedo de superfície para um valor correspondente a pastagens. Avise os demais grupos sobre o albedo escolhido. Execute o código novamente, para os mesmos valores de ângulo solar zenital definidos anteriormente. Para cada ângulo solar zenital, calcule a forçante radiativa devido a mudança do solo. Faça um gráfico da forçante em função do ângulo solar zenital, ou de seu cosseno.
- 5) Conclusão: o que você conclui sobre o valor numérico da forçante radiativa de mudança de uso do solo?

Atividade em grupo: Aerossóis vistos do espaço

Contexto: no Brasil a fumaça de queimadas afeta as condições atmosféricas todos os anos, por cerca de ~3 meses. O impacto radiativo do aerossol depende de suas características físicas, mas também está acoplado a propriedades da superfície. Sensores em satélites tem a geometria de observação adequada para a análise do efeito radiativo combinado.

Objetivo: estudar como o fluxo radiativo (irradiância) de onda curta no topo da atmosfera depende do albedo de espalhamento simples do aerossol, e de sua profundidade óptica. Simular o fluxo de onda curta para uma área florestada e uma desmatada. Calcular a forçante radiativa de onda curta de aerossóis sobre cada tipo de superfície.

Roteiro sugerido:

1) prepare um arquivo de input para o libRadtran com os seguintes parâmetros: atmosfera tropical, modificada para representar a quantidade integrada de vapor d'água na Amazônia; fonte solar de iluminação; ângulo solar zenital nulo; intervalo de comprimentos de onda de onda curta; pós-processamento com soma ou integração; resultados calculados à superfície e no topo da atmosfera. Converse com o grupo de mudança de uso do solo para definir o albedo de superfície correspondente à superfície florestada. Inicialmente defina o aerossol com profundidade óptica nula.

2) Avalie: fluxos ascendentes e descendentes à superfície e no topo da atmosfera. Para essa atmosfera inicial não há aerossóis. Isso indica que os fluxos à superfície e no topo da atmosfera devem ser iguais?

3) Defina dois tipos de aerossol: um bastante absorvedor de radiação, outro pouco absorvedor. Isso é feito usando a variável de albedo de espalhamento simples (ssa). Inicialmente escolha um valor para o ssa correspondente a um aerossol pouco absorvedor. Para esse tipo de aerossol, avalie como os fluxos no topo da atmosfera variam com o aumento da profundidade óptica: execute o código com valores diferentes para essa grandeza. Faça um gráfico do fluxo ascendente no topo da atmosfera em função da profundidade óptica do aerossol. Repita o mesmo para um aerossol bastante absorvedor (i.e. definindo outro valor para o ssa). Junte as duas curvas num mesmo gráfico.

4) Modifique o albedo de superfície para um valor correspondente a pastagens. Para isso converse com o grupo de mudança de uso de solo para usar o mesmo valor que o grupo adotou. Execute o código novamente, para os mesmos valores de ssa e profundidade óptica de aerossóis, para os dois tipos de aerossol. Junte todos os resultados numa planilha e calcule a forçante radiativa de aerossóis. Faça um só gráfico da forçante em função da profundidade óptica com os 4 conjuntos de dados: (a) aerossol absorvedor sobre floresta; (b) aerossol absorvedor sobre pastagem; (c) aerossol pouco absorvedor sobre floresta; (d) aerossol pouco absorvedor sobre pastagem.

5) Conclusão: o que você conclui sobre o valor numérico da forçante radiativa de aerossóis?

Atividade em grupo: Gases de efeito estufa

Contexto: gases de efeito estufa antrópico como CO₂ e CH₄ tem tempo de vida de centenas de anos, e suas concentrações tem aumentado desde o início da Revolução Industrial. A absorção de radiação térmica na atmosfera, em contato com outros componentes do sistema climático, é o ponto de partida de estudos de mudanças climáticas.

Objetivo: estudar como o fluxo radiativo (irradiância) de onda longa no topo da atmosfera depende do perfil de concentração de gases de efeito estufa. Simular o fluxo de onda longa para diferentes condições de perfis. Calcular a forçante radiativa de onda longa de gases de efeito estufa para diferentes cenários.

Roteiro sugerido:

1) prepare um arquivo de input para o libRadtran com os seguintes parâmetros: atmosfera tropical, modificada para representar a quantidade integrada de vapor d'água na Amazônia; aerossóis característicos da estação úmida; temperatura da superfície representativa para a Amazônia; fonte termal de iluminação; ângulo solar zenital nulo; intervalo de comprimentos de onda de onda longa; pós-processamento com soma ou integração; resultados calculados à superfície, no topo da camada limite e no topo da atmosfera. Converse com o grupo de mudança de uso do solo para definir o albedo de superfície correspondente à superfície florestada.

2) Avalie: fluxos de onda longa ascendentes e descendentes à superfície, no topo da camada limite e no topo da atmosfera. Qual a taxa de aquecimento em cada camada da atmosfera?

3) O vapor d'água é um gás de efeito estufa natural. Avalie como varia a taxa de aquecimento da camada limite em função da concentração de vapor d'água na atmosfera. Em seguida compare com o quanto varia a taxa de aquecimento na camada limite para uma variação da concentração dos gases antrópicos CO₂ e CH₄: para 1% de variação (isoladamente) da concentração de cada gás (H₂O, CO₂, CH₄), quanto varia a taxa de aquecimento da camada limite?

4) Como os fluxos ascendentes e descendentes e taxas de aquecimento variam no tempo com a concentração histórica de gases? Execute o código com valores diferentes para os gases CO₂ e CH₄ em função do tempo desde 1750, variando desde concentrações preindustriais até valores atuais, e avalie o resultado. Faça um gráfico do fluxo ascendente no topo da atmosfera e das taxas de aquecimento na camada limite em função do tempo. Avalie se essas respostas são ou não lineares. Calcule a forçante radiativa devido aos gases CO₂ e CH₄, tomando como referência suas concentrações preindustriais.

5) Conclusão: o que você conclui sobre o valor numérico da forçante radiativa desses gases antrópicos de efeito estufa?

Atividade em grupo: Efeito radiativo de nuvens

Contexto: nuvens são o componente climático mais importante para a definição do equilíbrio radiativo do planeta. Seu efeito sobre o clima é difícil de quantificar devido a seu curto tempo de vida médio, e grande variabilidade espacial. O efeito radiativo depende de sua microfísica e de sua termodinâmica.

Objetivo: estudar como o fluxo radiativo (irradiância) de onda curta no topo da atmosfera depende de propriedades de nuvens. Simular o fluxo de onda curta para diferentes características físicas de nuvens, como sua espessura óptica e tamanho de gotas. Calcular o efeito radiativo de onda curta de nuvens de acordo com suas propriedades físicas.

Roteiro sugerido:

1) prepare um arquivo de input para o libRadtran com os seguintes parâmetros: atmosfera tropical, modificada para representar a quantidade integrada de vapor d'água na Amazônia; aerossóis característicos da estação úmida; fonte solar de iluminação; ângulo solar zenital nulo; intervalo de comprimentos de onda de onda curta; pós-processamento com soma ou integração; resultados calculados à superfície e no topo da atmosfera. Converse com o grupo de mudança de uso do solo para definir o albedo de superfície correspondente à superfície florestada. Acrescente uma representação de nuvem de água líquida (em outro arquivo): defina sua espessura geométrica, posição vertical na coluna atmosférica e tamanho das gotas de água. Inicialmente defina a espessura óptica da nuvem como nula.

2) Avalie: fluxos de onda curta ascendentes e descendentes à superfície e no topo da atmosfera. Para essa condição inicial sem nuvem, qual o albedo planetário, isto é, a razão entre os fluxos ascendente e descendente no topo da atmosfera?

3) Como os fluxos variam com as propriedades da nuvem? Execute o código com valores diferentes de profundidade óptica e avalie o resultado: para pequenas variações da profundidade óptica (começando de zero), quanto varia o fluxo descendente à superfície e o fluxo ascendente no topo da atmosfera? Como varia o albedo planetário? Faça gráficos ilustrando esses resultados. Essas variações são lineares?

4) Mantenha a profundidade óptica constante e varie os outros parâmetros (individualmente): tamanho de gotas e posição vertical da nuvem na coluna atmosférica. Como variam os fluxos descendente à superfície e ascendente no topo da atmosfera, com cada uma dessas variáveis?

5) Conclusão: o que você conclui sobre o valor numérico do efeito radiativo de onda curta de nuvens de água líquida?

Atividade em grupo: Efeito de onda longa de cirrus

Contexto: nuvens são o componente climático mais importante para a definição do equilíbrio radiativo do planeta. Seu efeito sobre o clima é difícil de quantificar devido a seu curto tempo de vida médio, e grande variabilidade espacial. O efeito radiativo depende de sua microfísica e de sua termodinâmica.

Objetivo: estudar como o fluxo radiativo (irradiância) de onda longa no topo da atmosfera depende de propriedades de nuvens. Simular o fluxo de onda longa para diferentes condições físicas de nuvens cirrus, como sua altitude média e espessura óptica. Calcular o efeito radiativo de onda longa de cirrus de acordo com suas propriedades físicas.

Roteiro sugerido:

1) prepare um arquivo de input para o libRadtran com os seguintes parâmetros: atmosfera tropical, modificada para representar a quantidade integrada de vapor d'água na Amazônia; aerossóis característicos da estação úmida; temperatura da superfície representativa para a Amazônia; fonte termal de iluminação; ângulo solar zenital nulo; intervalo de comprimentos de onda de onda longa; pós-processamento com soma ou integração; resultados calculados à superfície e no topo da atmosfera. Converse com o grupo de mudança de uso do solo para definir o albedo de superfície correspondente à superfície florestada. Acrescente uma representação de nuvem cirrus (em outro arquivo): defina sua espessura geométrica, posição vertical na coluna atmosférica e tamanho dos cristais de gelo.

2) Avalie: fluxos de onda longa ascendentes e descendentes à superfície e no topo da atmosfera. Qual a taxa de aquecimento médio da atmosfera?

3) Como os fluxos e a taxa de aquecimento variam com as propriedades da nuvem? Execute o código com valores diferentes de profundidade óptica, tamanho de partículas e posição vertical na atmosfera, e avalie o resultado: para uma variação de 50% de cada uma das propriedades (separadamente), quanto varia o fluxo de onda longa ascendente no topo da atmosfera e a taxa de aquecimento médio da atmosfera? Quais as duas variáveis mais importantes para resultar em maiores variações percentuais dessas grandezas?

4) Para as duas variáveis identificadas no item anterior avalie sua influência sobre o fluxo no topo da atmosfera: escolha vários valores diferentes para cada variável e execute o código para avaliar o fluxo ascendente de onda longa no topo da atmosfera. Lembre-se que você já tem dois pontos usados no item anterior. Faça um gráfico do fluxo em função dos valores de cada uma das variáveis separadamente. Calcule o efeito radiativo de onda longa em função desses valores das variáveis.

5) Conclusão: o que você conclui sobre o valor numérico do efeito radiativo de onda longa de nuvens cirrus?