



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

aa/bb/cc/dd-NTC

DESENVOLVIMENTO DA VERSÃO 1.8 DO PREP-CHEM-SRC

Ariane Frassoni, Denis Eiras, Daniela de Azeredo França, Fernanda Batista Silva,
Gabriel Pereira, Valter Oliveira, Angel Chovert

Relatório Técnico

URL do documento original:

<<http://urlib.net/xx/yy>>

INPE
São José dos Campos
AAAA

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3945-6923/6921

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

**COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO
DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):****Presidente:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Amauri Silva Montes - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espaciais (ETE)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas
(CEA)

Dr. Joaquim José Barroso de Castro - Centro de Tecnologias Espaciais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
(CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Duca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação
(SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

aa/bb/cc/dd-NTC

DESENVOLVIMENTO DA VERSÃO 1.8 DO PREP-CHEM-SRC

Ariane Frassoni, Denis Eiras, Daniela de Azeredo França, Fernanda Batista Silva,
Gabriel Pereira, Valter Oliveira, Angel Chovert

Relatório Técnico

URL do documento original:

[<http://urlib.net/xx/yy>](http://urlib.net/xx/yy)

INPE
São José dos Campos
AAAA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sobrenome, Nomes.

Cutter Desenvolvimento da versão 1.8 do PREP-CHEM-SRC / Ariane Frassoni, Denis Eiras, Daniela de Azeredo França, Fernanda Batista Silva, Gabriel Pereira, Valter Oliveira, Angel Chovert. – São José dos Campos : INPE, AAAA.
ix + 16 p. ; (aa/bb/cc/dd-NTC)

relatório Técnico () – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, AAAA.
Orientador : José da Silva.

1. Palavra chave. 2. Palavra chave 3. Palavra chave. 4. Palavra chave. 5. Palavra chave I. Título.

CDU 000.000



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](#).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](#).

Informar aqui sobre marca registrada (a modificação desta linha deve ser feita no arquivo publicacao.tex).

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 Comparação das emissões de CH_4 (kg/m^2) das versões 1.6 (a) e 1.8.3 do PREP-CHEM-SRC.	6
1.2 Comparação das emissões de CO proveniente de queimadas das versões 1.7 (painéis à esquerda) e 1.8.3 (painéis à direita) do PREP-CHEM-SRC para setembro de 2015.	9
1.3 Comparação das emissões de NO (painéis superiores) e NO_2 (painéis inferiores) proveniente de queimadas das versões 1.7 (painéis à esquerda) e 1.8.3 (painéis à direita) do PREP-CHEM-SRC para setembro de 2015.	10
1.4	11
1.5	12
1.6	13
1.7	14

LISTA DE TABELAS

Pág.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 Desenvolvimento da versão 1.8 do PREP-CHEM-SRC	1
1.1 Incorporação de versões anteriores	2
1.2 Novos desenvolvimentos	4
2 Considerações finais	15

1 Desenvolvimento da versão 1.8 do PREP-CHEM-SRC

O pré-processador de emissões PREP-CHEM-SRC é uma ferramenta utilizada para preparar os campos de emissão de gases traço e aerossóis para utilização no modelo operacional BRAMS (para maiores detalhes, ver ??). A ferramenta considera fontes urbanas, industriais, biogênicas, por queima de biomassa e vulcânicas. Os dados de saída desta ferramenta são também utilizados em outros modelos como o *Weather Research and Forecasting Model coupled to Chemistry* (WRF-Chem, ??). Durante o ano de 2017 o PREP-CHEM-SRC recebeu desenvolvimentos e correções de *bugs*, que podem ser acessados no repositório do projeto em:

<https://svn.cptec.inpe.br/prep-chem-src/trunk>.

Diversas versões estavam disponíveis no repositório. Foi necessário agregar todos os desenvolvimentos encontrados nestas diferentes versões e assim foi gerada a mais recente, denominada versão 1.8.

As alterações realizadas na nova versão incluem a incorporação de versões anteriores, a saber:

- Versão 1.5.1 - Inventário de ruas do Rio de Janeiro;
- Versão 1.6 - Metodologia denominada *Fire Radiative Power* (FRE) (??);
- Versão 1.7 - Funcionalidades Versão *National Aeronautics and Space Administration Unified WRF* (NU-WRF/NASA).

A versão recebeu novas funcionalidades que incluem:

- Alterações na metodologia 3BEM;
- Alteração nos fatores de emissão;
- Parametrização do inventário de ruas do Rio de Janeiro;
- Parametrização do arquivo de emissões urbanas.

Dentro da versão 1.8 foram geradas as seguintes *tags*:

- Versão 1.8.0: versão contendo 1.5, 1.6 e 1.7

- Versão 1.8.1: versão 1.8.0 mais as funcionalidades da versão 1.5.1;
- Versão 1.8.2: versão 1.8.1 mais a parametrização do arquivo de emissões urbanas;
- Versão 1.8.3: versão 1.8.2 mais as alterações na metodologia 3BEM e nos fatores de emissão.

1.1 Incorporação de versões anteriores

Alguns desenvolvimentos disponíveis em versões específicas foram incorporadas à versão 1.8, a saber:

Versão 1.5.1 - Inventário de ruas do Rio de Janeiro

Foi realizada uma revisão bibliográfica para obter dados de emissão veicular, uma vez que esta fonte responde por quase 80% das emissões totais dos principais poluentes para o Estado do Rio de Janeiro (INEIA, 2016, <http://www.inea.rj.gov.br/>). Foram utilizadas as informações sobre os cenários de emissões para o monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NOx), vinculadas com fontes móveis e principais precursores, junto com os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) e ozônio (O₃). O inventário de emissões atmosféricas por veículos automotores do Estado do Rio de Janeiro foi extraído do trabalho de ??). A partir das informações extraídas, obteve-se um valor aproximado para as emissões de CO e NOx, nos valores de $60 \cdot 10^3$ toneladas e $38 \cdot 10^3$ toneladas, respectivamente, para o ano de 2016.

A partir dos valores de emissão veicular total de poluentes para todo o Estado do Rio de Janeiro, aplicou-se um procedimento para distribuir esses valores entre cada um dos 92 municípios. Considerou-se a análise da frota por municípios, determinando para o ano de 2015 (ano mais recente com informação de frota proporcionada pelo Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN), a porcentagem que representa os veículos da categoria automóvel em cada um dos 92 municípios do Estado em relação ao número total. Isto possibilitou utilizar tais valores como peso para distribuir a emissão veicular total por municípios na região para o ano de 2016. Ao multiplicar o valor de emissão veicular total anual de cada uma das espécies pelo peso determinado com o procedimento descrito, obteve-se um valor aproximado de emissão veicular total anual por município para cada espécie. A categoria selecionada para esse cálculo foi a de automóvel tendo em vista que essa possui a maior quantidade de unidades e tem uma influência maior nas emissões da região.

Foram identificados os municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), sendo 21 no total, e a área exata ocupada. Ao mesmo tempo, foi realizada uma análise do arquivo SA_citiesMobileUrbanEmissions.asc no modelo PREP-CHEM-SRC e que permite, pela metodologia implementada por ??), a incorporação de dados locais de emissão, fazendo uma distribuição homogênea por municípios. A unidade de medida que se utiliza para esses valores é 10^7 kg/m²/ano. Nesse arquivo se especificam também as coordenadas dos limites de cada uma das áreas de estudo. Na versão disponível do PREP-CHEM-SRC, o arquivo mencionado contém informação para 337 municípios. Destes, 20 correspondem ao Estado de Rio de Janeiro, sendo 12 da RMRJ.

Uma vez que o modelo PREP-CHEM-SRC é também utilizado para obter arquivos de emissão para um área extensa que cobre toda a América do Sul, foi mantida a informação de emissão local, mesmo desatualizada, para todos os 317 municípios restantes, excluindo os pertencentes ao Estado do Rio de Janeiro. Essa informação não corresponde exatamente à emissão para o ano 2016, mas ainda assim é representativa e constitui a melhor aproximação da realidade se comparado às bases de dados globais que são obtidas com informação média de emissão entre os anos de 2000 e 2005. Foram atualizadas para 19 dos 20 municípios do Estado do Rio de Janeiro as informações de emissão de CO e NOx utilizando os valores calculados.

No caso do município do Rio de Janeiro, região onde os Jogos Olímpicos e Paraolímpicos ocorreram, não foi necessário utilizar a metodologia de distribuição homogênea de emissões pois a distribuição foi realizada por vias. Com os dados de vias para o município fornecidos pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAC), foram obtidos mapas de vias para cinco categorias principais utilizando o *software Aeronautical Reconnaissance Coverage Geographic Information System* (ArcGIS).

Também foram gerados os *raster* para cada mapa de vias e levados a mapas de pontos para a distribuição das emissões. Com isso foi possível obter os arquivos “.dat” com os valores das coordenadas, em graus decimais, para cada ponto e cada tipo de via. Esses arquivos são utilizados diretamente pela ferramenta PREP-CHEM-SRC para realizar a distribuição das emissões.

Foi realizada uma pesquisa para obter os dados mais atualizados possível de volume de tráfego no município do Rio de Janeiro. Encontrou-se informação na base de dados da Secretaria de Transporte do município de Rio de Janeiro, recompilada pela Companhia de Engenharia de Tráfego/Diretoria de Engenharia de Tráfego, atualizada no dia 10 de dezembro de 2014. Essa informação foi analisada e processada para

determinar a porcentagem da emissão veicular total de CO e NOx que seria distribuída em cada categoria de via, em relação aos valores de emissão para o município do Rio de Janeiro que foram obtidos a partir do inventário citado e que são utilizados pelo PREP-CHEM-SRC. As emissões estimadas de CO e NOx para o município do Rio de Janeiro em 2016 foram de $2,778178998 \cdot 10^7$ kg/ano e $1,759513365 \cdot 10^7$ kg/ano, respectivamente.

Como última fase, foram realizadas as modificações no código que conforma a ferramenta PREP-CHEM-SRC, especificamente na sub-rotina `retro_emission.f90` encarregada de processar a informação da base de dados global RETRO, utilizada junto com a base de dados global *Emissions Database for Global Atmospheric Research Hemispheric Transport of Air Pollution* (EDGAR-HTAP) em segundo plano. Junto com a implementação do processo de atualização das emissões de CO e de NOx, tanto de forma homogênea nos diferentes municípios como por vias para o município do Rio de Janeiro, foi inserido um processo de atualização dos valores de emissões para os restantes gases poluentes provenientes das bases de dados globais. Esse processo de atualização consiste em multiplicar a emissão de cada espécie, em cada ponto das vias, pela razão de variação do NOx (razão determinada levando em consideração a emissão calculada baseado nos cenários de emissão e a contida na base de dado global RETRO, segundo ??).

Versão 1.7 - Versão NU-WRF/NASA

As novas projeções de grade denominas Lambert e estereográfica polar foram incorporadas na versão 1.7.

1.2 Novos desenvolvimentos

São descritos a seguir os novos desenvolvimentos incorporados ao PREP-CHEM-SRC versão 1.8.

Alteração nos fatores de emissão

Fatores de emissão (FEs) de diferentes espécies químicas foram atualizados no código do pré-processador de emissões PREP-CHEM-SRC (??) com informações específicas da América do Sul. Para tal, primeiramente efetuou-se a revisão, a atualização e o cálculo dos fatores de emissão em planilhas eletrônicas. Uma ampla pesquisa bibliográfica a respeito destes parâmetros foi realizada e, por fim, a atualização dos FEs foi baseada em ??), Andreae (comunicação pessoal, 2016) e ??). Em seguida, os FEs estimados foram incluídos no código numérico do PREP-CHEM-SRC. As categorias

do código do PREP atualizadas com valores de FEs específicos para a América do Sul (sobretudo do Brasil) foram: Floresta Tropical, Savana, Pastagem/Área agrícola e Resíduos agrícolas. Outras categorias foram atualizadas com valores de FEs da literatura mundial devido à inexistência de valores para a América do Sul, como Floresta Extratropical, Biocombustível e Queima de carvão vegetal.

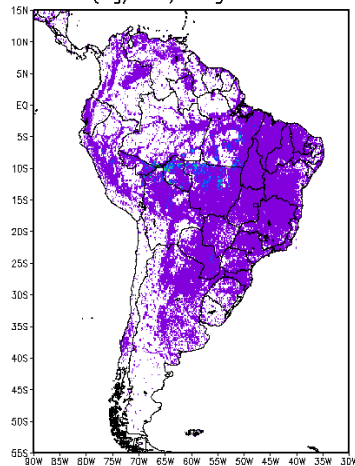
A rotina que foi atualizada é denominada `AeM_emission_factors.f90`.

Foram realizados testes utilizando a versão 1.8.3 em comparação com a versão 1.6. Dois diferentes testes foram conduzidos, considerando:

- PREP-CHEM-SRC 1.8.3 x PREP-CHEM-SRC 1.6 (com resultados em kg/m^2);
- PREP-CHEM-SRC 1.8.3_kg x PREP-CHEM-SRC 1.6_kg (com resultados em kg).

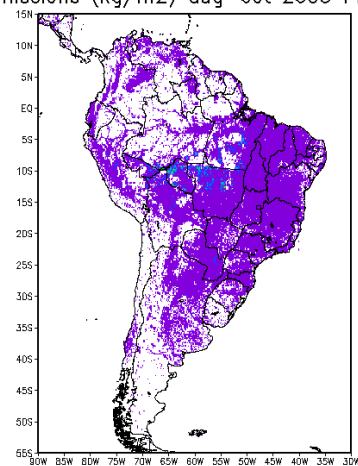
O PREP-CHEM-SRC 1.8.3 foi executado operando com focos de queimadas obtidos a partir dos dados de satélite do *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES), *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* MODIS e os dados produzidos operacionalmente pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA), para os períodos de agosto a outubro de 2015. Os resultados indicaram que tanto os totais estimados das emissões de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e metano (CH₄, Figura 1.1a-b) quanto os mapas plotados, para a América do Sul, não sofreram alterações em relação à versão 1.6, demonstrando que a versão 1.8.3 está funcional.

CH4 emissions (kg/m2) aug–oct 2005 PREP 1.6



(a)

CH4 emissions (kg/m2) aug–oct 2005 PREP 1.8.3



(b)

Figura 1.1 - Comparação das emissões de CH_4 das versões 1.6 (a) e 1.8.3 do PREP-CHEM-SRC.

Também foram realizados testes utilizando a versão 1.8.3 operando com focos de queimadas e utilizando os fatores de emissão na escala global, os quais geraram resultados equivalentes aos da versão 1.6.

O arquivo `AeM_emission_factors.f90` está configurado para utilizar o padrão para América do Sul. Para utilizar os fatores de emissão Globais, é preciso copiar o arquivo `AeM_emission_factors_Global.f90` sobre o arquivo `AeM_emission_factors.f90` e recompilar o código. Em uma próxima versão poderá ser implementada a flexibilização do código para disponibilizar os fatores de emissão em um arquivo texto (parametrizado no `prep_chem_sources.inp`), não necessitando recompilar o código, caso seja necessário.

Parametrização do inventário de ruas do Rio de Janeiro

Com o objetivo de se facilitar a utilização das parametrizações de emissões urbanas e de inventários de ruas, foram criados dois parâmetros, dentro da seção “User specific emissions section” do arquivo de configuração do PREP-CHEM-SRC denominado `prep_chem_sources.inp`:

- a) Parâmetro “`cites_mobile_urban_emissions_file`”.

Anteriormente à esta modificação, era necessário sobrescrever o arquivo “`SA_citiesMobileUrbanEmissions.asc`” sempre que necessário uma altera-

ção na configuração de emissões urbanas por cidades. Após a modificação descrita, é possível determinar o nome do arquivo neste parâmetro. O diretório de arquivos do usuário ainda é passível de alteração por meio do parâmetro “user_data_dir”, onde o arquivo de emissões urbanas deve ser mantido.

b) Parâmetro "streets_inventory_region".

Durante os Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro em 2016, foi implementada a funcionalidade “Streets Inventory”, a qual permite utilizar a parametrização de ruas geradoras de emissões para a cidade do Rio de Janeiro. No entanto, para habilitar tal funcionalidade, era necessário ativar o parâmetro no código. Para que não seja necessário recompilar o código, foi criado o parâmetro “streets_inventory_region”, o qual pode receber o valor “RJ” ou “NONE”. O valor "RJ" habilita a funcionalidade para o Rio de Janeiro, e o valor "NONE", mantém a funcionalidade desabilitada. Da forma como foi desenvolvido, há a possibilidade de implementar outras configurações de cidades, as quais podem ser determinadas no parâmetro.

No arquivo retro_emissions.f90, pode ser visto o seguinte trecho de código, que faz o tratamento do parâmetro:

```
...  
  
!##### Rio de Janeiro (RJ) emissions georefered by roads  
  ↪ #####  
if (trim(streets_inventory_region) == "RJ") then  
...  

```

Os parâmetros citados podem ser verificados abaixo, na seção do arquivo “prep_chem_sources.inp”:

```
...  
  
!----- User specific emissions section  
  ↪ -----  

```

```

!  

↪ -----  

↪  

!  

!----- Update for South America megacities  

! (set 'NONE' if you do not want to use )  

user_data_dir='../extra/UserData/',  

!----- Urban emissions file name  

! ".asc" file in user_data_dir (set 'NONE' if you do not want to  

↪ use )  

cites_mobile_urban_emissions_file = 'SA_citiesMobileUrbanEmissions  

↪ .asc',  

!----- Streets Inventory  

! Enables Local inventory information for streets  

! Use 'NONE' or leave it blank to not use streets inventory  

! Cities implemented: "RJ" - Rio Olympic Games update  

streets_inventory_region = 'RJ',  

!----- User specific emissions section end  

↪ -----  

!  

↪ -----  

↪

```

Os seguintes arquivos foram modificados com a alteração descrita:

retro_emissions.f90, prep_chem_sources.f90, grid_dims_output.f90

Ajustes nas emissões urbanas de São Paulo

Foram realizadas análises das emissões urbanas e detectou-se a necessidade de realizar ajustes, que estavam muito elevadas para a cidade de São Paulo. Estes ajustes

consistiram

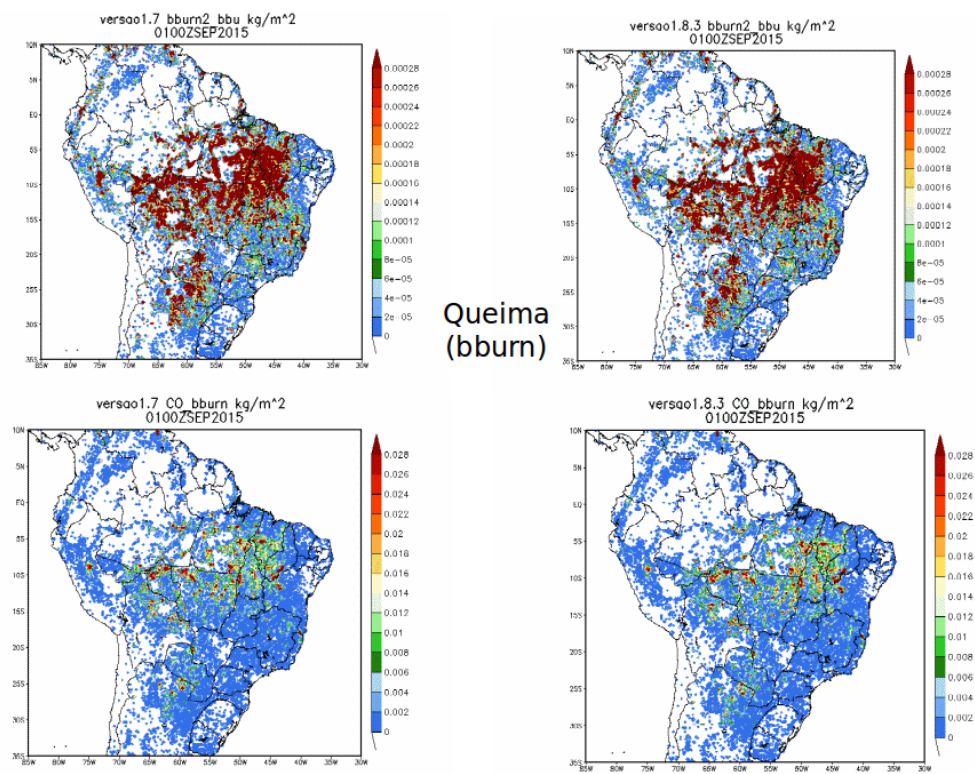


Figura 1.2 - Comparação das emissões de CO proveniente de queimadas das versões 1.7 (painéis à esquerda) e 1.8.3 (painéis à direita) do PREP-CHEM-SRC para setembro de 2015.

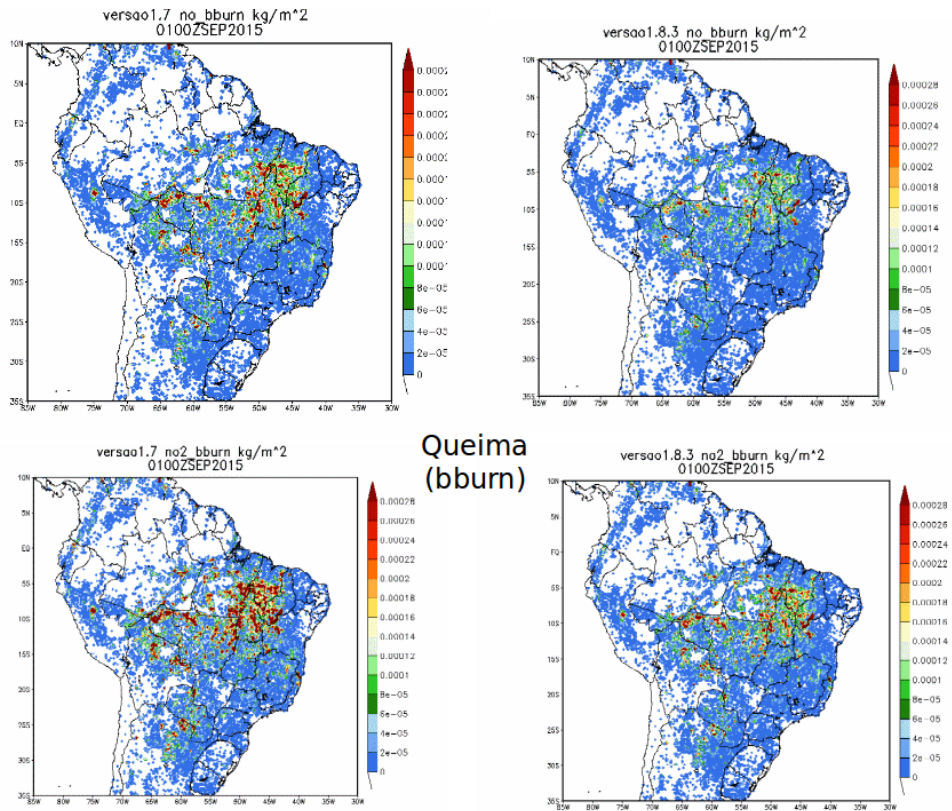


Figura 1.3 - Comparação das emissões de NO (painéis superiores) e NO₂ (painéis inferiores) proveniente de queimadas das versões 1.7 (painéis à esquerda) e 1.8.3 (painéis à direita) do PREP-CHEM-SRC para setembro de 2015.

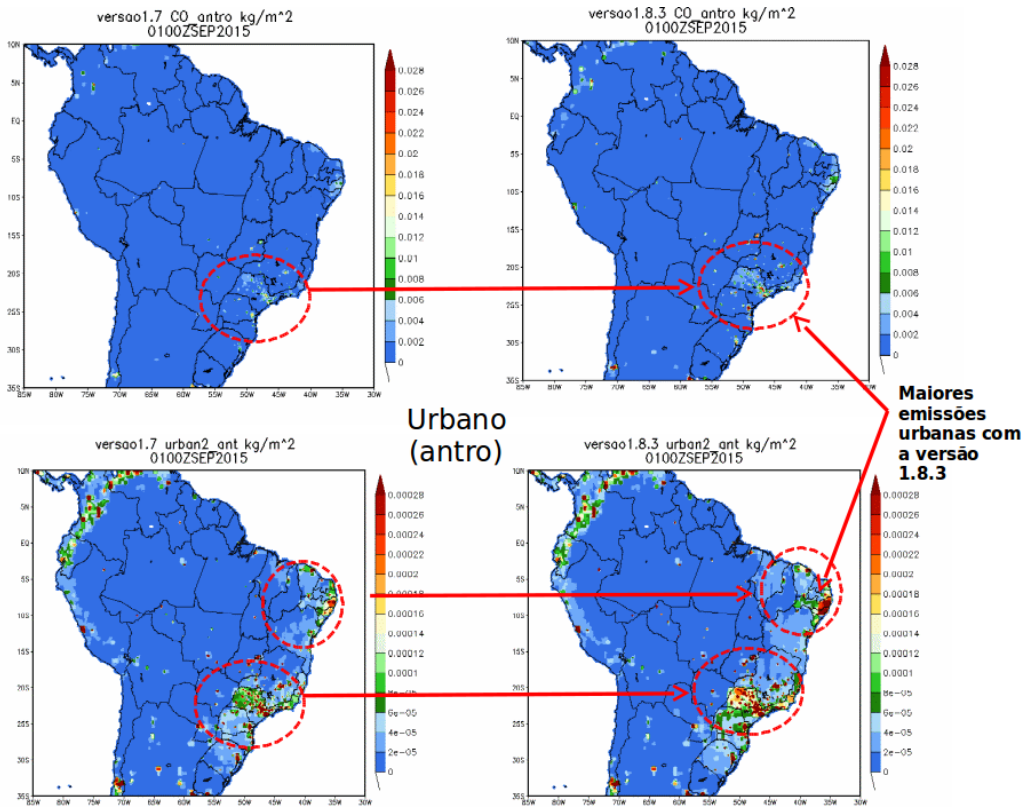


Figura 1.4 -

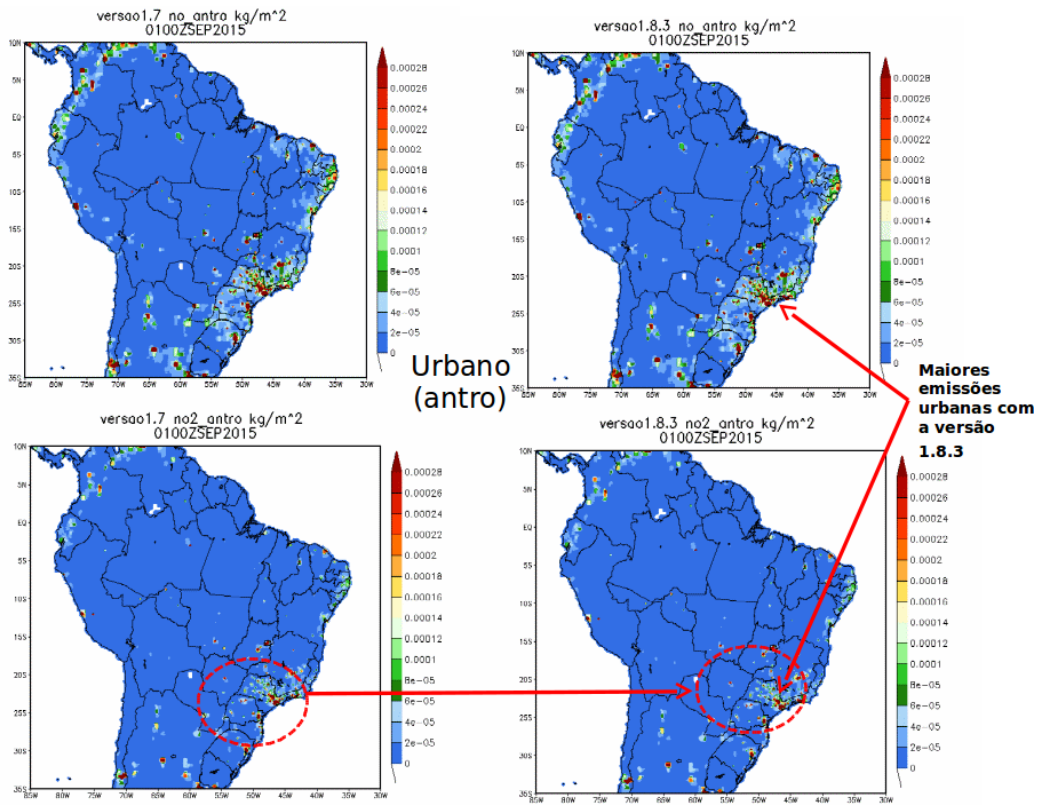


Figura 1.5 -

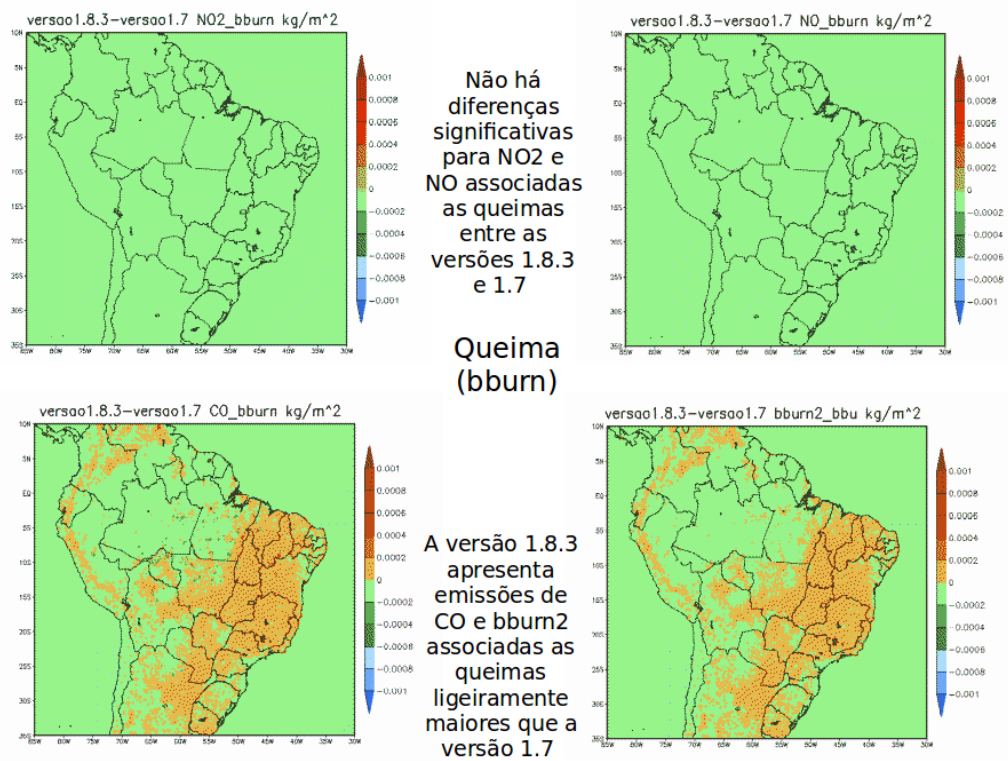
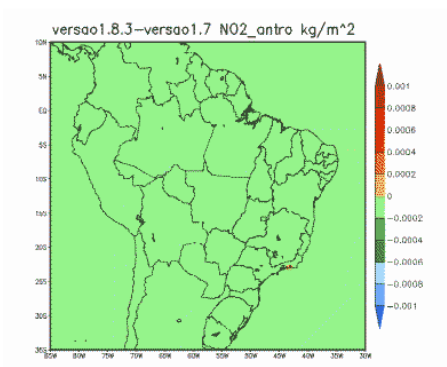
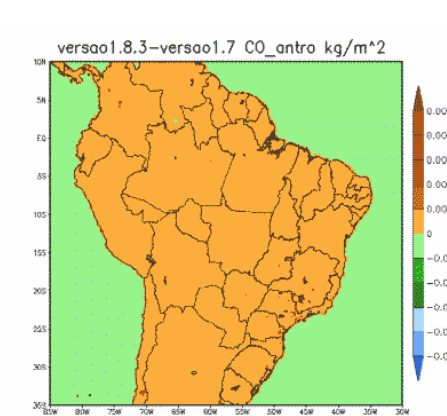
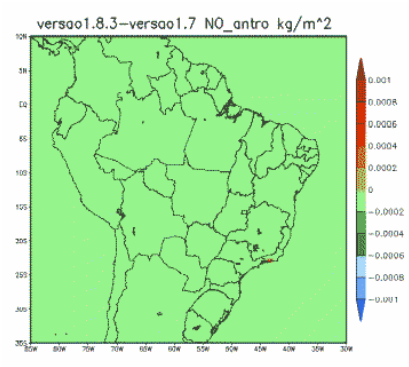


Figura 1.6 -



Não há diferenças significativas para NO2 e NO associada a fonte antropogênica entre as versões 1.8.3 e 1.7



Urbano (antro)
A versão 1.8.3 apresenta emissões de CO e bbum2 associada a fonte antrópica ligeiramente maiores que a versão 1.7

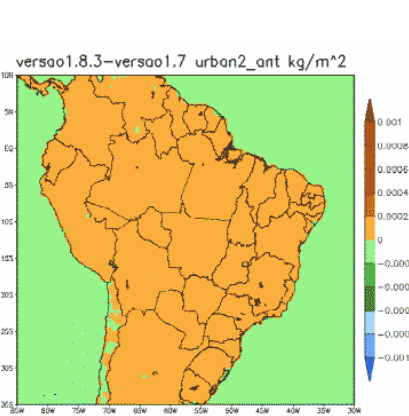


Figura 1.7 -

2 Considerações finais

A nova versão do PREP-CHEM-SRC está funcional e foi testada para os casos de emissões de queima de biomassa. Ainda será necessário realizar testes nas regiões urbanas para analisar o impacto das mudanças da ferramenta no campo de emissões em grandes centros. Após esta validação, a versão 1.8.3 será disponibilizada para a Divisão de Operações para que seja implementada operacionalmente.

