

## ARQUIVOS NETCDF NA PESQUISA AGRÍCOLA

Marcelo Cid de Amorim<sup>1</sup>; Rafael Rosado Cruz<sup>2</sup>; Luiz Cláudio Costa<sup>3</sup>; Flávio Barbosa Justino<sup>3</sup>

(1) Eng. Agrônomo, DSc, docente da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Instituto Três Rios [UFRRJ/ITR]. Tel. (24) 2251.3317. E-mail: [mcid@ufrj.br](mailto:mcid@ufrj.br); (2) Bolsista IC/CNPq. Estudante de Engenharia Elétrica – DEE/UFV. E-mail: [rafael.cruz@ufv.br](mailto:rafael.cruz@ufv.br); (3) Bolsistas PQI/CNPq. Docentes da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Tel. (31) 3899.1859. E-mail's: [l.costa@ufv.br](mailto:l.costa@ufv.br) e [fjustino@ufv.br](mailto:fjustino@ufv.br)

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011  
SESC: Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES.

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a versatilidade dos arquivos NetCDF como fonte de registros meteorológicos regionais para estudos de impactos no setor agrícola e meio ambiente. Para tanto, foi desenvolvido o aplicativo UFVnetCDF visando consolidar este formato entre pesquisadores não familiarizados com sistemas baseados em Unix. Assim, a partir de grades de reanálise e saídas de modelos numéricos de projeção climática, numa área correspondente a mesorregião do Vale Jequitinhonha, foram estruturados parâmetros biofísicos para cultura do milho, por exemplo: safras; evapotranspiração e do ciclo vegetativo – tanto para o clima no presente e futuro. Na construção e organização de séries meteorológicas locais o aplicativo se mostrou simples e interativo. No geral, os registros representaram tendências e padrões climáticos de forma consistente. Em relação à cultura do milho conferiram sensibilidade do efeito do clima nas respostas fisiológicas. Por fim, a versatilidade foi notada nas séries de reanálises do ECMWF devido o número de variáveis; longo período e contínuo; no preenchimento de falhas e, por fim, disponibilizar registros ambientais em áreas com pouco ou sem registros climáticos.

**Palavras Chaves:** Reanálise; séries meteorológicas; agrometeorologia.

**Abstract:** This work had as objective to evaluate the versatility of NetCDF format as source of meteorological registers for studies of agricultural and environmental impacts. For this purpose, the program UFVnetCDF was developed having aimed at to consolidate adoption of NetCDF format between researchers with difficulties in operating based on Unix-based systems. Applying grads of reanalysis and exit of numerical models of projection of the climate, in the region of Vale do Jequitinhonha, was structuralized biophysical parameters of the maize, for example: harvests, evapotranspiration and cycle – for the climate in the presente or future. The program had simple and interactive application in the construction and organization of meteorological series. The extracted data had been consistent, therefore, they represent waited trends and climatic Standards for region. In relation to the maize the registers had conferred sensitivity of the effect of the climate in the physiological answers. Finally, reanálise of the ECMWF if had detached for the number of offered variable; long period and continuous and alternative to fill in the real series of data and to make use of data in areas without register climate.

**Key Words:** Reanalysis; meteorological series; agrometeorological.

### Introdução:

O projeto NetCDF (*Network Common Data Form*) – mantido pela UCAR (*University Corporation for Atmospheric Research*), corporação fundada por instituições voltada ao ensino e pesquisa em ciências atmosférica – representa solida iniciativa na integração de registros ambientais. O ponto converge na estruturação do arquivo NetCDF, formato independente, que visa padronizar o compartilhamento de registros ambientais. Este

arquivo agrupam grandezas físicas que agregam benefícios para diversas áreas. Atualmente, são aplicados em simulações numéricas, na integração de dados observados e em diversos estudos da geociência.

Na prática, mapas globais de clima em cenários futuros, propostos pelo IPCC, são exemplos de produtos sistematizados em arquivos NetCDF. Na meteorologia, o domínio deste formato é tido como requisito básico na contratação de técnicos e geração de produtos estratégicos como mapas de clima e previsão de tempo. Contudo, outras áreas, em especial a biologia, agricultura e engenharias que dependem de dados ambientais, não vem usufruindo do benefício deste formato, em grande parte, por dificuldades no manuseio de sistemas operacionais (*Unix* e *Linux*) e desenvolvimento de scripts e programas como *C++*, *Fortran* e *MatLab*.

Nesta sentido, os objetivos deste trabalho são: (a) avaliar a versatilidade do formato *NetCDF* como fonte de registros para pesquisas ambientais e do setor agrícola; (b) estimular adoção deste formato; e, (c) desenvolver um aplicativo que permita construir séries de registros ambientais, principalmente, em áreas com pouca ou nenhuma cobertura.

## 2. Material e Métodos

O NetCDF é uma especificação sob a forma de biblioteca com funções de acesso a dados armazenados em matrizes [Unidata, 2011]. Na prática, oferece uma visão dos dados como uma coleção de objetos autodescritivos, portáteis e acessíveis inseridas numa interface simples. O caráter “autodescritivos” significa que pode conter informações que definem os dados como as unidades de medida. Os “portáteis e acessíveis” vinculam tais dados numa forma interativa e que possam ser acessada por sistemas computacionais em diferentes arquiteturas. Os valores nas matrizes são acessados diretamente, ou seja, sem a necessidade de conhecimento de como foram armazenados. Os arquivos NetCDF mantêm interfaces em *C*, *Fortran 77* e *90*, *C++* e, mais recentemente, em *Matlab* e *Java*. As bibliotecas estão disponíveis para os sistemas operacionais como *UNIX* e *Windows*.

Estes arquivos contêm três informações principais na descrição dos dados: (a) dimensões; (b) variáveis e (c) atributos. Esses componentes são usados conjuntamente para dar significado aos dados e às relações entre os campos das matrizes. No geral, denominamos como dimensões as componentes de uma variável e são, geralmente, usadas para representar grandezas físicas reais, como tempo, latitude, longitude ou altura. A variável é tida como unidade básica quando é definida e a sua forma é especificada como uma lista de dimensões. Por exemplo, a variável “ponto geográfico” pode ser descrita pelas dimensões: altitude, latitude e longitude. Os atributos são usados para armazenar dados sobre os dados, denominado de metadados, ficando vinculados às variáveis quais os dados se referem.

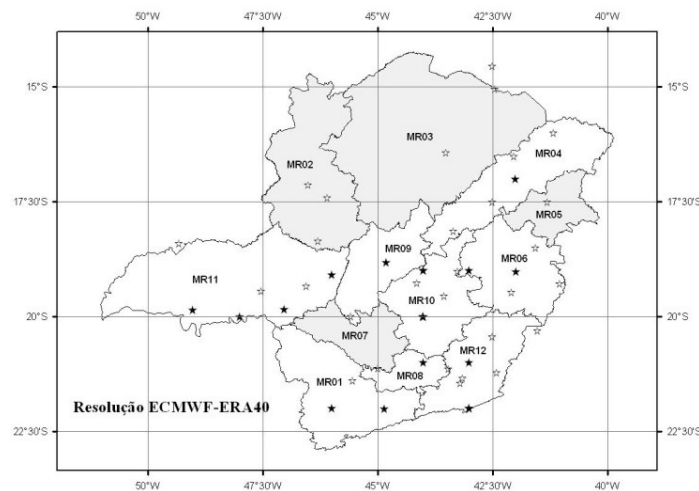
Neste sentido, com módulos do programa *Matlab*, será estruturado um aplicativo com interface *Windows* – simples e de utilização livre – no intuito de ler e estruturar séries temporais extraídas de pontos geográficos definidos em campos de grade de arquivos NetCDF, independente da escala, seja global ou regional.

Para avaliar o desempenho e versatilidade dos registros meteorológicos em NetCDF, bem com, o aplicativo UFVnetCDF serão estruturadas series para a resolução da grade que represente a mesorregião do Vale do Jequitinhonha – região que tradicionalmente com falhas e pouca oferta para registros meteorológicas. Para tanto, adotaremos os seguintes layouts de grades processadas no formato NetCDF:

[1] Reanálises do Centre for Medium-Range Weather Forecasts [ECMWF/Reanalysis: ERA-40] – no portal: <http://www.ecmwf.int/research/era/>. Resumidamente, estas grades advém da

interação entre campos meteorológicos observacionais (registros convencionais e digitais, satélites, radiosonda, aviões, navios, etc.) e um modelo de circulação atmosférico (UPPALA, 2004). Representa uma série que permite preenchimento de falhas e caracterização climática, período 1960 a 2002. De acordo com GEVAERD e FREITAS (2006), com resolução de 2,5° x 2,5° na grade, torna-se a principal desvantagem na adoção destes registros que pode gerar resultados não realistas por não perceber a ocorrência de fenômenos meteorológicos como convecções, efeitos orográficos e diferentes tipos de vegetação; e por fim,

**[2] Saídas da 6ª geração** do Modelo ECHAM5/MPI-OM de Circulação Geral Atmosférica (MCGA) estruturado pelo Instituto Max-Planck de Meteorologia (MPIM), Hamburgo, na Alemanha. Representando séries meteorológicas em projeções futura, período 1991 a 2020. Esta simulação foi forçada pelo nível de concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), na atmosfera, em cenário “A1B” seguindo as projeções do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2008). Os dois componentes do modelo, ECHAM5 para a atmosfera, e MPI-OM para o oceano, estão documentados em JUNGCLAUS et al, 2006.



**FIGURA (1):** Estado de Minas Gerais – divisão em mesorregiões/IBGE. (☆) Estações do INMET não utilizadas no estudo – sem registros meteorológicos contínuos, áreas em cinza; (★) Estações do INMET avaliadas. Grade de reanálise do ECMWF/ERA40 com resolução 2,5° x 2,5° – 16 Células seriam necessárias para conter o Estado. No modelo ECHAM/MPI-OM seriam 25 células em resolução de grade.

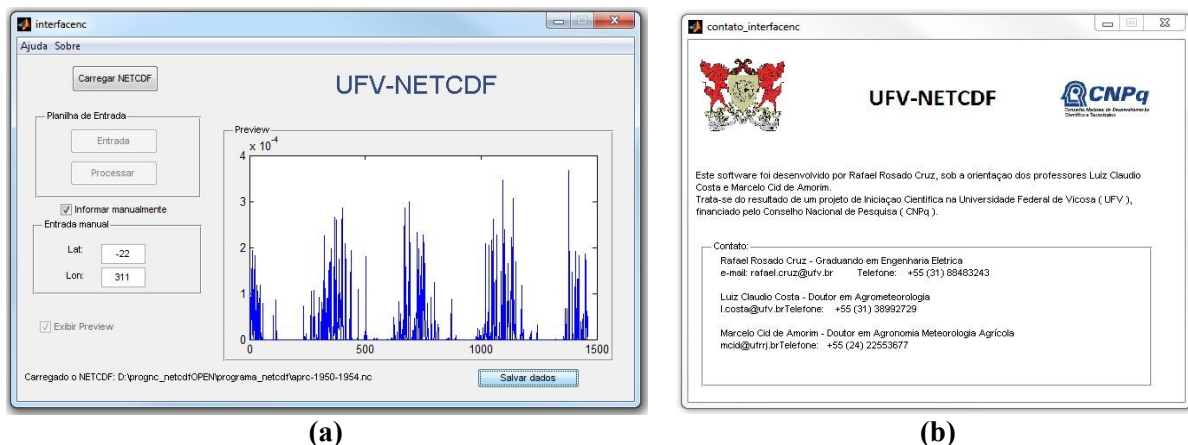
Os registros meteorológicos extraídos das grades serão empregados em simulações de variáveis biofísicas da cultura do milho, como por exemplo: safras, fotossíntese, área foliar (IAF) e evapotranspiração da cultura com parametrizações propostas por JENSEN et al. (1990) e FAO-56 (ALLEN et al., 2006), conforme equação (1), para estimar a evapotranspiração pelo modelo de Penman-Monteith, em mm d<sup>-1</sup>:

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a) \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que: R<sub>n</sub> o saldo de radiação total diário (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>); G a densidade de fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>); T<sub>med</sub> a temperatura média diária do ar a 2 metros de altura (°C); U<sub>2</sub> a velocidade do vento média diária a 2 m de altura (ms<sup>-1</sup>); e<sub>s</sub> a pressão de saturação do vapor média diária (kPa); e<sub>a</sub> a pressão parcial de vapor média diária (kPa); δ a declividade da curva de pressão de saturação de vapor no ponto de T<sub>med</sub> (kPa °C<sup>-1</sup>); γ coeficiente psicrométrico (kPa °C<sup>-1</sup>), γ\* coeficiente psicrométrico modificada (kPa °C<sup>-1</sup>). A ET<sub>o</sub>, comumente aceita pelos pesquisadores, é baseada nas taxas de evapotranspiração de uma cultura hipotética, com uma altura de 0,12 m, resistência aerodinâmica da superfície de 70 s m<sup>-1</sup> e albedo de 0,23.

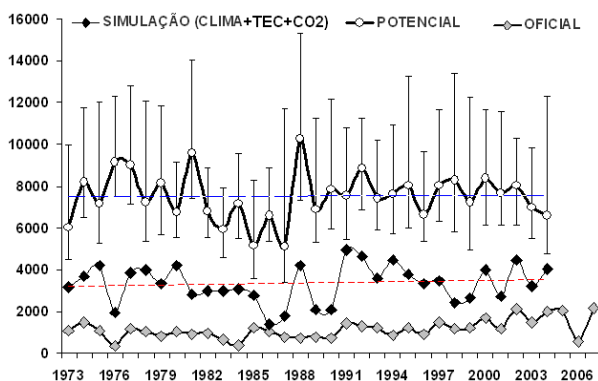
## Resultados e discussão

As Figuras 2(a) e 2(b), representam as telas principais do aplicativo UFVNetCDF que atua como extrator pontual para quaisquer dados – desde que estejam armazenados em arquivos NetCDF. Entretanto, com notória afinidade para construir séries meteorológicas. Na prática o uso é simples, pois, bastando um arquivo NetCDF e inserir as coordenadas geográficas para representar um local ou região de interesse – o processamento em multipontos também é aplicável. O aplicativo é amigável entre os programas em plataforma Windows, em especial, planilhas eletrônicas. Nota-se que este recurso foi um dos principais objetivos alcançados, pois, democratiza o uso do formato NetCDF entre pesquisadores que não se familiarizaram com programas e sistemas baseados em Unix. Por fim, a disponibilização será livre e a codificação aberta podendo este ser inserido como módulo de programas de geoprocessamento e banco de dados.

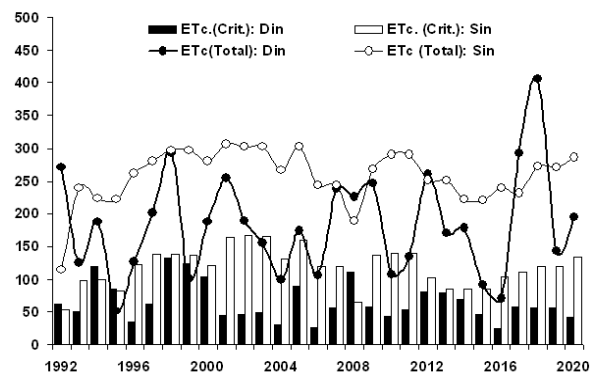


**FIGURAS 2.** (a) Aplicativo UFVNetCDF: e (b) Domínio, créditos e contatos.

As Figuras 3 e 4 advêm de simulações do modelo CERES-MAIZE – Crop Environment Resource Synthesis-Maize – que faz parte do pacote DSSAT (JONES e KINIRY, 1986; JONES et al. 2003). Trata-se de um modelo determinístico que deriva, diariamente, o crescimento das culturas (PGR, g /dia) em função da luz interceptada pelo dossel (IPAR, MJ/dia) e o uso eficiente da radiação (RUE, g/MJ). Na prática, são módulos biofísicos, montado em considerações agrônomicas, ávidos por registros meteorológicos.



**FIGURA 3:** Rendimentos reais e simulados (penalizado e potencial) para a cultura de milho na mesorregião Jequitinhonha (MR04), em kg/ha. Simulações em clima atual, CO<sub>2</sub> atmosférico (NOAA) e adubação mínima – Registros meteorológicos do INMET e falhas preenchidas com registros em reanálise do ECMWF/ERA40 [AMORIM, 2008].



**FIGURA 4:** Evapotranspiração total da cultivar BR201 (milho), em mm. Durante as fases críticas e ciclo total do. Impactos e projeções do clima por meio de séries meteorológicas dinâmicas (ECHAM5/MPI-OM) e sintéticas (CLIMGEN) para Mesorregião Jequitinhonha (MR04) [AMORIM, 2008].

A Figura 3 representa tendências do rendimento das safras de milho para mesorregião do Vale do Jequitinhonha [MR04], entre 1972 e 2008. Os valores oficiais foram fornecidos pelo IBGE. No período, as simulações utilizaram de registros meteorológicos de estações convencionais do INMET. Contudo, dificuldades socioeconômicas inerentes da região e a ocorrência crônica de falhas nos registros que inviabilizam simulações em períodos representativos. Por sua vez, a Figura 4, em cenário futuro de aquecimento global, ou seja, 30 anos entre 1990 e 2020, representa a integração da evapotranspiração do milho, em mm/dia, entre dois períodos referentes aos ciclos de desenvolvimento da cultura: ciclo total e período crítico (floração e enchimento de grãos).

A versatilidade dos arquivos NetCDF residem na garantia de continuidade e no comportamento climático característico das diferentes áreas do planeta – sendo grade global. Na prática, a reanálise do ECMWF/ERA40 supriu com qualidade as falhas presentes nas séries dos dados observados. De acordo com Gevaerd e Freitas (2006), por ter peso de dados observado, período diário e contínuo de 40 anos, principalmente, velocidade do vento e radiação solar incidente – essenciais em simulações de modelos biofísicos. Na mesma ordem, a maioria dos cenários futuros como no modelo ECHAM/MPI-OM, seja em escala global ou regionalizada, são rotineiramente vetorizados em grades de arquivos NetCDF,

**Conclusões:** A versatilidade do formato NetCDF foi vista pelo número de variáveis de interesse aos estudos agrícolas e ambientais; no período longo e contínuo; no preenchimento de falhas de registros oficiais e, por fim, possibilitar construção de séries em quaisquer áreas com pouco ou sem registros climáticos. O aplicativo UFVnetCDF é uma ferramenta de uso simples e interativo voltado para leitura e organização de dados meteorológicos tornando os arquivos NetCDF mais amigável em outros programas e sistemas operacional.

**Agradecimentos:** A Universidade Federal de Viçosa pela incessante busca da qualidade do ensino e na formação de jovens talentos. O estudo teve apoio da CAPES, FAPEMIG e o CNPq que concedeu cota de Iniciação Científica ao estudante Rafael Rosado Cruz.

### Referências Bibliográficas

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evaporación del cultivo** – Guías para determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO 56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura e la Alimentación, Roma, 2006. 299 p
- AMORIM, M.C. **Impacto e projeção de séries meteorológicas na safra de milho em Minas Gerais.** Universidade Federal de Viçosa. UFV/DEA. Tese de Doutorado. 350 p. Iust.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. Normais Climatológicas (1961-1990). Brasília (DF), EMBRAPA/SPI, 84p. 1992
- GEVAERD, R.; FREITAS, S. Estimativa operacional da umidade do solo para iniciação de modelos de previsão numérica da atmosfera. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3, 1-15, 2006.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Climate change 2007: the physical science basis. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>. 2008.
- JONES, J.W.; KINIRY, J.R. Ceres-Maize. A simulation model of maize growth and development. College Station: Texas A&M University Press, 1986. 56p.
- JONES, J.W., HOOGENBOOM, G., PORTER, C.H. BATCHELOR, W.D., HUNT, L.A.; WILKENS, P.W., SINGH, U., GIJSMAN, A.J. RITCHIE, J.T. The DSSAT cropping system model. Europe. *Journal Agronomy*.v.18, 235-265, 2003.
- JUNGCLAUS, H.; KEENLYSIDE, N.; BOTZET, M.; HAAK, H.; LUO, J.-J.; LATIF, M.; MAROTZKE, J.; MIKOLAJEWICZ, U.; ROECKNER, E. Ocean circulation and tropical variability in the coupled model ECHAM5/MPI-OM. *Journal Climate*, v.19, 3952–3972. 2006. Acessado em 01 de abril e 2011 (veja <http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-pdf&doi=10.1175%2FJCLI3827.1>). DOI: 10.1175/JCLI3827.1.
- UNIDATA. NetCDF format: portal <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>. Visto em 01/01/2011.

UPPALA, S.M., KÅLLBERG, P.W., SIMMONS, A.J. et al. **The ERA-40 re-analysis**. *Quart. Journal Royal Meteorological Society*, 131, 2961-3012. doi:10.1256/qj.04.176. 2005.