



Qualidade da radiação solar global de diferentes bases digitais para Mato Grosso do Sul

Orlando Moreira Júnior^{1(*)}, Éder Comunello² e Carlos Ricardo Fietz²

¹Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Rua João Rosa Góes, 1761, Vila Progresso, CEP 79825-070 Dourados, MS.

E-mail: orlandojunior@ufgd.edu.br

²Embrapa Agropecuária Oeste. Rodovia BR 163, km 253 6, Zona Rural, CEP 79804-970 Dourados, MS. E-mails: eder.comunello@embrapa.br e carlos.fietz@embrapa.br

(*)Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 24 de setembro de 2019

Aceito em 2 de abril de 2020

Termos para indexação:

bases meteorológicas digitais

qualidade dos dados

caracterização climática

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade dos dados diários de radiação solar global incidente em Mato Grosso do Sul e disponibilizados em bases digitais de acesso público. Como referência foram utilizados dados observados em treze estações meteorológicas automáticas de superfície, distribuídas pelo Estado. A partir das coordenadas de cada estação, utilizou-se um interpolador bilinear para recuperar os valores diários de radiação solar global nas bases disponibilizadas por Xavier et al. (2015) e pelo programa NASA/POWER. Originalmente os dados foram obtidos na forma de grade regular, tendo 0,25° e 1° de resolução, respectivamente. Os dados das bases e de referência foram então comparados entre si, a partir de 1983, considerando diferentes períodos e fontes de aquisição. Ferramentas de estatística destinadas a avaliar o grau de precisão e acurácia de cada base foram utilizadas. Os resultados sugerem que os dados das bases podem ser utilizados em substituição aos dados de referência, com alto grau de precisão e acurácia, dependendo do período de interesse. Isto representa um grande avanço para o desenvolvimento de estudos em áreas que necessitam de dados de radiação solar, já que existem limitações quanto ao número de estações, tamanho e consistência das séries.

© 2020 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

A radiação solar que incide sobre uma superfície é uma variável de grande importância para o planejamento e desenvolvimento regional. Além de se relacionar diretamente com diversos processos físicos e biológicos observados na natureza, a radiação solar também pode ser utilizada como uma fonte de energia alternativa para uso humano.

Sendo a fonte de energia primordial para o processo

de fotossíntese executado pelas plantas, a radiação solar está associada ao processo de evapotranspiração e permite a estimativa da demanda hídrica dos cultivos, informação fundamental para recomendação de suplementação (irrigação) ou definição de melhores épocas de plantio (Steinmetz & Silva, 2017). E em relação ao uso humano, cita-se o potencial de geração de energia elétrica, através de sistemas fotovoltaicos.

Desse modo, entre os aspectos da radiação solar a se-

rem conhecidos, destaca-se a variação sazonal dos níveis de radiação solar, sendo essencial definir épocas críticas no suprimento de energia para as atividades agrícolas ou uso humano (Martins & Pereira, 2011). Outra característica importante para fins de planejamento a nível estadual, onde há uma grande área envolvida é o conhecimento da variação espacial desta variável. Para atingir um nível de detalhamento que possibilite caracterizar a radiação solar de uma região, é fundamental que se disponha de séries de dados diários de período longos (Pereira et al., 2006).

A obtenção de dados meteorológicos de referência, observados nas condições locais e na escala adequada, nem sempre é tarefa fácil. Uma solução possível é a instalação de plataformas automáticas para coleta de dados. Contudo, há uma série de dificuldades decorrentes do custo de aquisição, montagem, manutenção e operação desses sistemas, que podem envolver certa complexidade em função dos elementos meteorológicos que se queira registrar (Martins & Pereira, 2011).

Em Mato Grosso do Sul, a disponibilidade de dados de radiação solar, observados localmente, ainda é bastante limitada. Séries de dados diários, longas e contínuas, são bastante raras e, mesmo quando existentes, nem sempre estão facilmente ou prontamente acessíveis. A disponibilidade de dados tem melhorado muito nos últimos anos, sobretudo pela ampliação da rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), (Inmet, 2018). Hoje são vinte e oito estações meteorológicas de Observação de Superfície Automática (EMA) localizadas em Mato Grosso do Sul. Apesar desses recentes avanços, a cobertura ainda está longe do ideal e a ampliação da rede é altamente recomendável e desejável. Contudo os altos custos envolvidos tendem a dificultar o processo.

No Brasil já foram conduzidos diversos estudos visando aumentar a confiabilidade das informações sobre o potencial e o conhecimento da disponibilidade da radiação solar no território brasileiro (Pereira et al., 2006; Tiba, 2001; Gallegos, 1996; Martins et al., 2008; Souza et al., 2008). No entanto, as incertezas associadas aos resultados, devido a metodologia utilizada, limitam sua aplicação.

A radiação solar na superfície de determinado local pode ser avaliada ou mesmo regionalizada utilizando técnicas de interpolação de dados de estações vizinhas. Embora métodos estatísticos confiáveis permitam essa estimativa, deve-se estar atento para o fato de que os erros crescem com a distância e com a diferença de altitude entre as estações (Xavier et al., 2015). Métodos de interpolação têm mostrado desempenho satisfatório em áreas com grande densidade de estações, onde a distância entre o local estimado e as estações vizinhas é pequena. No entanto, os erros da estimativa tendem a aumentar significativamente em situações onde poucas estações estão ou estiveram disponíveis ao longo do tempo, como é o caso de Mato Grosso do Sul.

Frente às dificuldades para obtenção de dados medidos em campo, uma opção que vem se popularizando nos últimos anos é o uso de bases de dados digitais (Stackhouse, 2010; Xavier et al., 2015), sobretudo aquelas de acesso público ou livre. Essas bases podem ser criadas a partir de dados tomados de estações terrestres, dados obtidos de sensoriamento remoto ou ainda combinando ambas as fontes. Algumas bases oferecem dados em escala diária e com resolução espacial suficiente para o planejamento regional em escala estadual.

Entre as opções de bases que recobrem Mato Grosso do Sul, duas são destacadas: a) base digital produzida por Xavier et al (2015), a partir dos dados históricos de estações terrestres brasileiras, e b) dados digitais obtidos por sensoriamento remoto e disponibilizados pelo programa NASA Power (Stackhouse, 2010). Essas bases contêm informações de outras variáveis, além da radiação solar, como temperatura, velocidade do vento, precipitação dentre outras. Embora a aplicação dessas duas bases seja promissora e haja respaldo da literatura, assegurando sua qualidade no nível global e em pequena escala (Almagro et al, 2017; Chandler et al 2013, Chandler et al 2015; Jerszurki et al, 2017; Verhage et al, 2017), é fundamental que o seu uso seja validado para o planejamento regional, tanto de média, quanto de grande escala. Ressalta-se que, mais do que eleger uma base digital adequada, o sentido da comparação é verificar se as mesmas podem ser utilizadas de modo conjunto ou complementar aos dados locais, obtidos em estações terrestres. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de duas bases digitais e verificar a aplicabilidade em estudos que analisam o potencial da radiação solar global em Mato Grosso do Sul.

Material e Métodos

A base disponibilizada por Xavier et al. (2015) sistematizou os dados meteorológicos obtidos por algumas das principais instituições brasileiras que fazem o registro contínuos de dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Agência Nacional de Águas (ANA) e Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE). Na execução deste trabalho, os dados foram integrados e avaliados, permitindo criar uma matriz de dados diários para o período de 1980 a 2013. Essa matriz, que tem acesso público, representa uma grade virtual que recobre todo o território brasileiro, com resolução aproximada de 28 km (0,25°).

Os dados faltantes foram interpolados e o controle da qualidade da estimativa foi realizado por meio de validação cruzada (Xavier et al., 2015). No entanto, foram feitas ressalvas em locais e períodos com pouca disponibilidade de dados, em que houve queda significativa da acurácia de predição. Esse é o caso de Mato Grosso do Sul, que apenas

a partir de meados da década de 2000 atingiu um patamar mínimo de qualidade, considerado razoável.

A base digital do programa NASA/POWER (Stackhouse, 2010) também tem acesso público e disponibiliza dados de radiação solar. Inicialmente voltada para suprir dados para o setor de recursos energéticos, a base também é largamente utilizada na agricultura, congregando uma série de variáveis de interesse agrometeorológico, principalmente para a determinação da demanda hídrica das culturas.

Especificamente em relação à radiação solar global, a base NASA/POWER (Stackhouse, 2010) congrega dados obtidos por diferentes sensores orbitais, desde 1983 até os dias atuais. Isso pode ser considerado uma vantagem em relação ao trabalho de Xavier et al. (2015), pois o mesmo incorpora dados somente até 2013, enquanto a base NASA/POWER continua em operação. As desvantagens ficam por conta de uma menor resolução, em torno de 110 km, e o fato dos dados provirem de quatro missões diferentes, o que pode introduzir quebra da continuidade da série e levar a interpretações errôneas, quando dados de períodos diferentes são considerados conjuntamente.

No intuito de avaliar a precisão e acurácia das duas bases, elegeu-se como referência de comparação dados de radiação solar global tomadas de treze estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia em Mato Grosso do Sul (Inmet, 2018) e disponibilizadas na *web page* da instituição entre os anos de 2008 a 2010, totalizando 13.234 pontos amostrais, mostrados na tabela 1.

Os dados de Xavier et al. (2015) foram obtidos no *website* disponibilizado pelos autores no formato NetCDF4, enquanto os dados NASA/POWER (Stackhouse, 2010) foram obtidos no *website* do projeto em formato texto. Em ambos os casos, as bases foram importadas para o software R e

convertidos para um formato matricial próprio (Software R, 2017).

Os pares de coordenadas de cada uma das 13 estações meteorológicas, com localização geográfica mostrada na Figura 1, foram então utilizados para recuperar o valor corresponde à radiação solar global nas duas bases avaliadas. Empregou-se um interpolador bilinear na consulta, para os casos onde a coordenada da estação não coincidia com o centro de um único pixel. Foram obtidos valores diários de radiação solar no período de 2008 a 2010, totalizando 13.234 valores em cada base utilizada. Os dados das duas bases foram correlacionados com os dados de referência e posteriormente, também entre si.

Figura 1. Localização das 13 estações meteorológicas do INMET em Mato Grosso do Sul usadas como referência nesse trabalho.

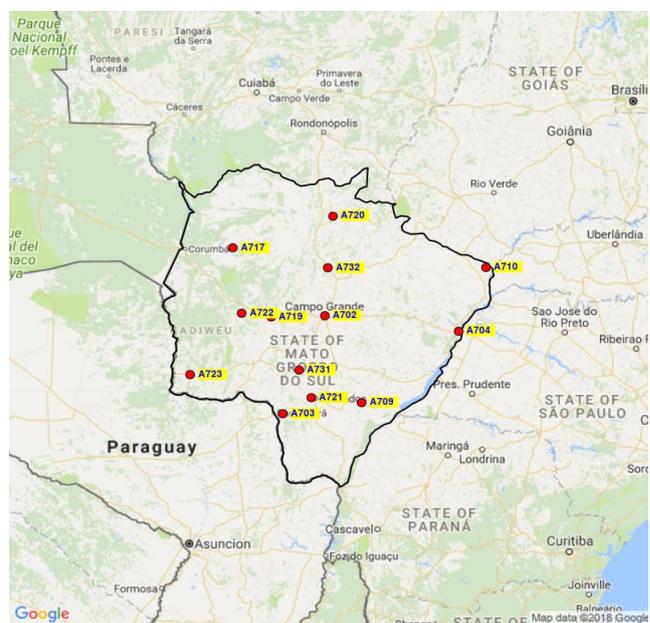


Tabela 1. Estações meteorológicas automáticas utilizadas como referência (INMET, 2018).

Estação	Lon	Lat	Alt (m)	Início	2008	2009	2010	Total
Campo Grande	-54,6166	-20,4500	528	2001	366	364	356	1086
Ponta Porã	-55,5333	-22,5333	668	2001	366	364	361	1091
Três Lagoas	-51,7000	-20,7833	329	2001	304	209	237	750
Ivinhema	-53,8166	-22,3000	377	2003	366	349	356	1071
Paranaíba	-51,1053	-19,4143	408	2006	137	364	185	686
Nhumirim	-56,6231	-18,9889	102	2006	366	364	361	1091
Aquidauana	-55,7839	-20,4756	151	2006	365	364	363	1092
Coxim	-54,4409	-18,3044	251	2006	366	362	362	1090
Dourados	-54,9114	-22,1939	463	2006	366	363	201	930
Miranda	-56,4317	-20,3956	132	2006	365	363	363	1091
Porto Murtinho	-57,5533	-21,7058	79	2006	366	363	359	1088
Maracaju	-55,1778	-21,6092	389	2006	365	363	361	1089
São Gabriel do Oeste	-54,5531	-19,4201	646	2006	363	360	356	1079
Total					4461	4552	4221	13234

A qualidade das estimativas de radiação solar global das bases digitais foi avaliada pelo índice de confiança “c” proposto por Camargo e Sentelhas (1997), obtido pelo produto do coeficiente de correlação (r) e o índice de concordância de Willmott (d) (Willmott, 1981). A situação desejável é que os valores de r, c e d tendam à unidade.

Resultados e Discussão

A primeira série de análises considerou o período compreendido entre os anos de 2008 a 2010. Inicialmente, as bases foram relacionadas aos dados de referência e ambas tiveram um ajuste linear muito bom, com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,80 (Figuras 2 e 3). Contudo, a base de Xavier et al. (2015) apresentou melhor ajuste ($R^2 = 0,92$) e desvios menores, sendo que em 95% dos casos as diferenças foram inferiores a $3,56 \text{ MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$ (Figura 2). Esses bons índices eram esperados, pois Xavier et al. (2015) utilizaram, entre outras fontes, dados do INMET para gerar sua base de dados. Além disso, nesse período já havia 23 estações em operação em Mato Grosso do Sul. Os índices obtidos com a base NASA/POWER também foram muito bons

($R^2 = 0,81$), com diferenças inferiores a $5,83 \text{ MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$ em 95% dos casos (Figura 3).

Analisando-se a Tabela 2, verifica-se novamente o desempenho superior da base de Xavier et al (2015), dessa vez em termos de acurácia, apresentando índice “c” considerado ótimo (Camargo e Sentelhas, 1997). O desempenho da base NASA/Power também teve desempenho satisfatório, com índice “c” considerado muito bom.

Tabela 2. Comparação dos dados das bases digitais e os obtidos nas estações meteorológicas do INMET com base no coeficiente de correlação (r), índice de concordância de Willmott (d) e índice “c”.

Base	N	r	d	c
Xavier et al. (2015)	13234	0,960	0,957	0,919
Nasa/Power	13234	0,900	0,882	0,794

Os dados de referência podem ser analisados por um período maior relacionando as bases entre si (Figura 4). Nesse caso, a base de Xavier et al. (2015) foi tomada como referência, considerando os melhores resultados obtidos na análise inicial.

Figura 2. Relação entre dados de Xavier et al. (2015) e os obtidos nas Estações Meteorológicas Automáticas (EMA) do INMET, entre 2008 e 2010.

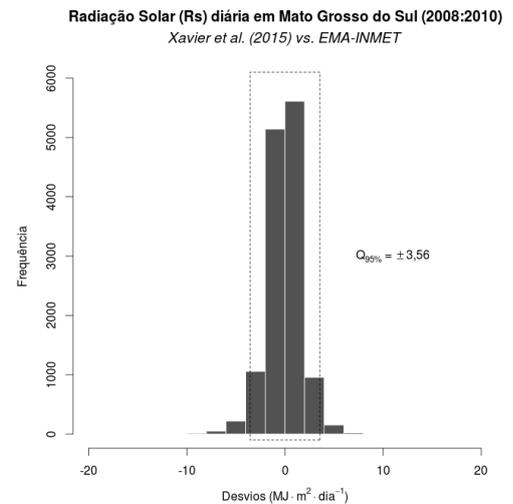
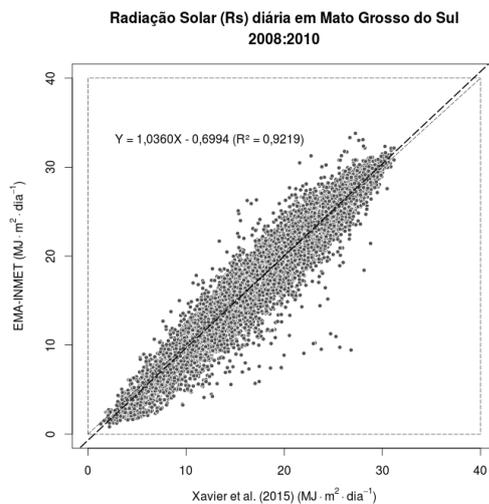


Figura 3. Relação entre dados Nasa/POWER e das Estações Meteorológicas Automáticas (EMA) do INMET, entre 2008 e 2010.

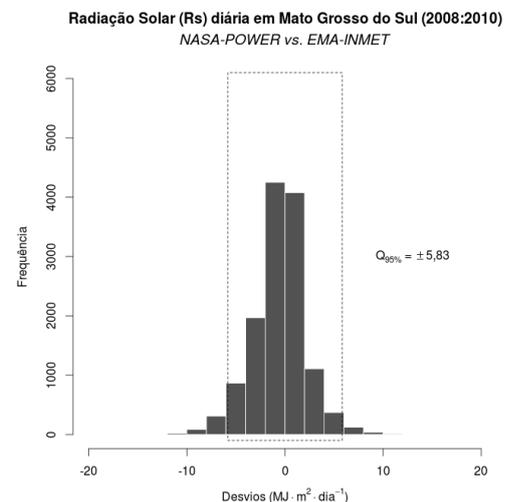
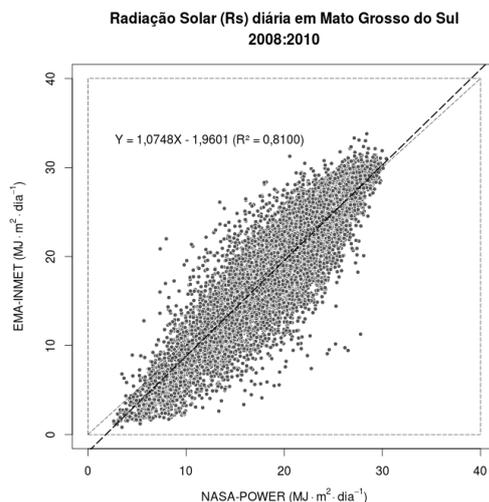
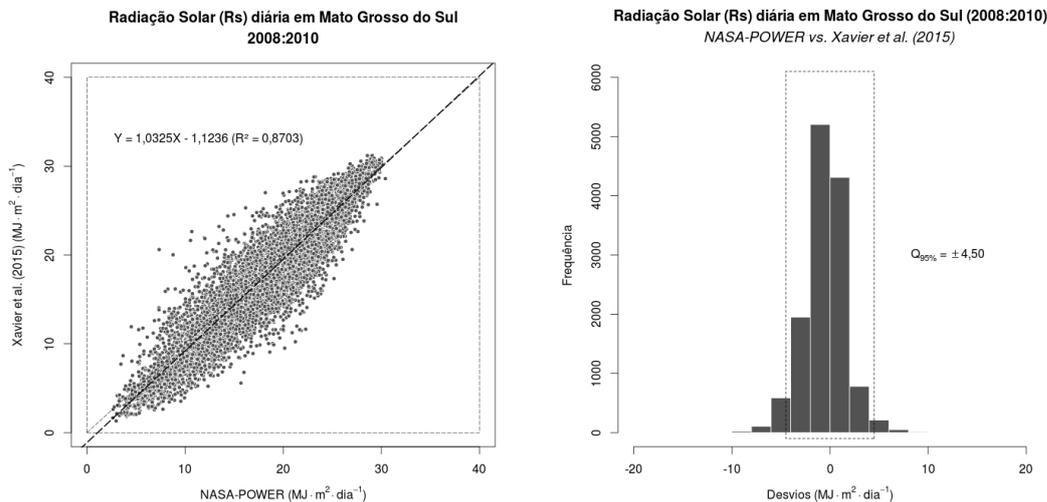


Figura 4. Relação entre dados Nasa/POWER e de Xavier et al. (2015), anos de 2008 a 2010.



Avaliando-se a Figura 4 e os dados da Tabela 3 pode-se notar que os resultados obtidos foram satisfatórios, tanto em termos de precisão, quanto sua acurácia, com índice “c” considerado ótimo. Todavia, essa análise se restringe ao período 2008-2010.

Tabela 3. Resultados da comparação das bases digitais Nasa/POWER e Xavier et al. (2015) no período 2008-2010, com base no coeficiente de correlação (r), índice de concordância de Willmott (d) e índice “c”.

#	N	r	d	c
1	13234	0,933	0,924	0,862

A Figura 5 apresenta a relação das duas bases com dados de 30 anos, período de 1983-2013. Verifica-se que quando comparado como período de 2008 a 2010, houve uma queda expressiva na qualidade do ajuste, com redução de R² de 0,870 para 0,736. Também é visível a maior dispersão dos pontos, com nuvem mais espalhada ao longo da reta de ajuste. A perda de desempenho também foi expressa pelo índice “c”, classificado como bom (Tabela 4).

Figura 5. Relação entre dados Nasa/POWER e de Xavier et al. (2015), período de 1983 a 2013.

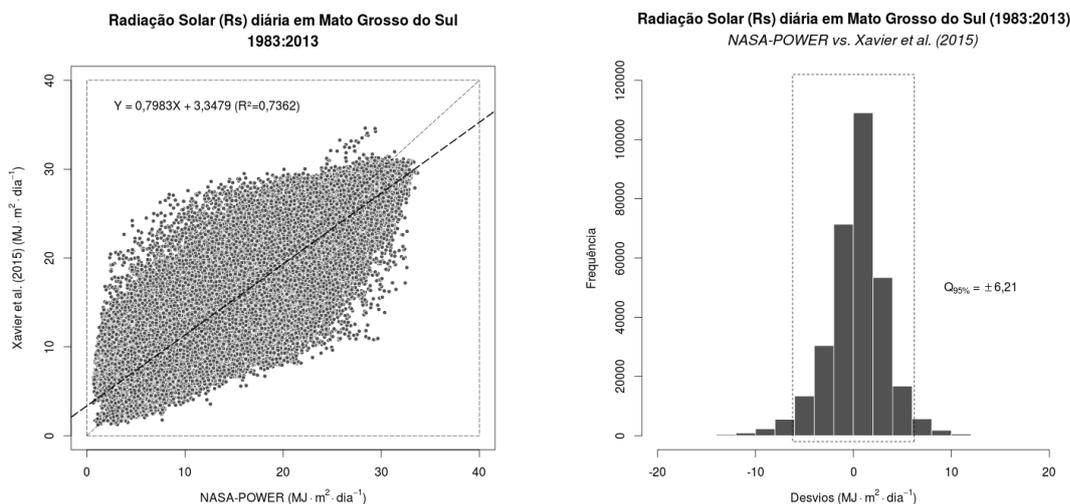


Tabela 4. Resultados da comparação das bases digitais entre si no período 1983-2013, com base no coeficiente de correlação (r), índice de concordância de Willmott (d) e índice “c”.

#	N	r	d	c
1	311686	0,858	0,854	0,733

A causa provável desse desempenho mais desfavorável, pode ser atribuída à natureza dos dados da base NASA/Power. Os sensores remotos envolvidos na coleta de dados foram substituídos ao longo dos anos (Tabela 5). Portanto,

Tabela 5. Diferentes missões orbitais da base Nasa/POWER.

Período	Missão
1983 - 2007	Project NASA/GEWEX Surface Radiation Budget (SRB) 3.0
2008 - 2012	CERES Fast Longwave And SHortwave Radiative Fluxes - FLASHFlux Version 2H
2013 – presente	CERES Fast Longwave And SHortwave Radiative Fluxes - FLASHFlux Version 3

a base NASA/Power reúne dados provenientes de diferentes missões orbitais. Segundo Stackhouse, 2010 e Chandler et al. (2015), deve-se ter cautela ao avaliar períodos que utilizem dados de missões distintas, devido a utilização de diferentes sensores.

As figuras de 6 a 8 e Tabela 6 apresentam os valores da relação dos dados das duas bases em cada missão orbital. No primeiro período (1983-2007) prevalece o relacionamento encontrado para todo período, com índice “c”, classificado como bom. No entanto, é possível notar grande melhoria quando considerados os outros dois períodos, que apresentaram índice “c”, classificado como ótimo. Esse mesmo comportamento é encontrado para o coeficiente de correlação (r) e o índice de concordância de Willmott (d) (Tabela 6).

A principal fonte de dados de radiação solar global para Mato Grosso do Sul são as Estações Meteorológicas Automáticas do INMET. Mas esses equipamentos começaram a ser implantados apenas a partir do ano 2000. Antes desse pe-

Tabela 6. Resultados da comparação das bases digitais entre si, em diferentes períodos, relativos à missões de sensoriamento remoto distintas.

Período	Sensor	N	r	d	c
1983-2007	SRB	250446	0,842	0,835	0,703
2008 - 2012		51076	0,936	0,929	0,869
2013 – presente		10164	0,934	0,934	0,872

ríodo, a coleta sistemática de dados de radiação solar global era pouco expressiva nesse Estado.

Xavier et al. (2015) chamam a atenção em seu trabalho para regiões com dados de baixa qualidade. Sendo assim, existe a possibilidade de que dados dessa base, para Mato Grosso do Sul, não sejam confiáveis antes do ano 2000, devido a falta de dados de referência. Desse modo, o melhor desempenho das duas missões orbitais mais recentes não deve ser atribuído apenas à melhoria técnica dos sensores, mas também à existência de dados de referência mais confiáveis.

Figura 6. Relação entre dados Nasa/POWER e dados de Xavier et al. (2015), no período relativo à 1983-2007. O ajuste linear é apresentado (a) e o histograma dos desvios (b).

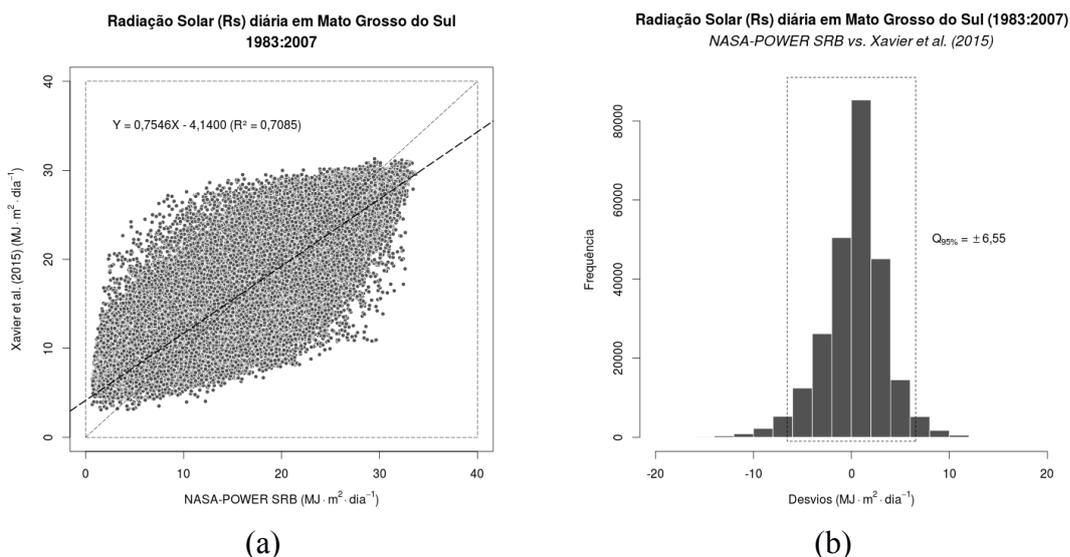


Figura 7. Relação entre dados Nasa/POWER e dados de Xavier et al. (2015), no período relativo à 2008-2012. O ajuste linear é apresentado (a) e o histograma dos desvios (b).

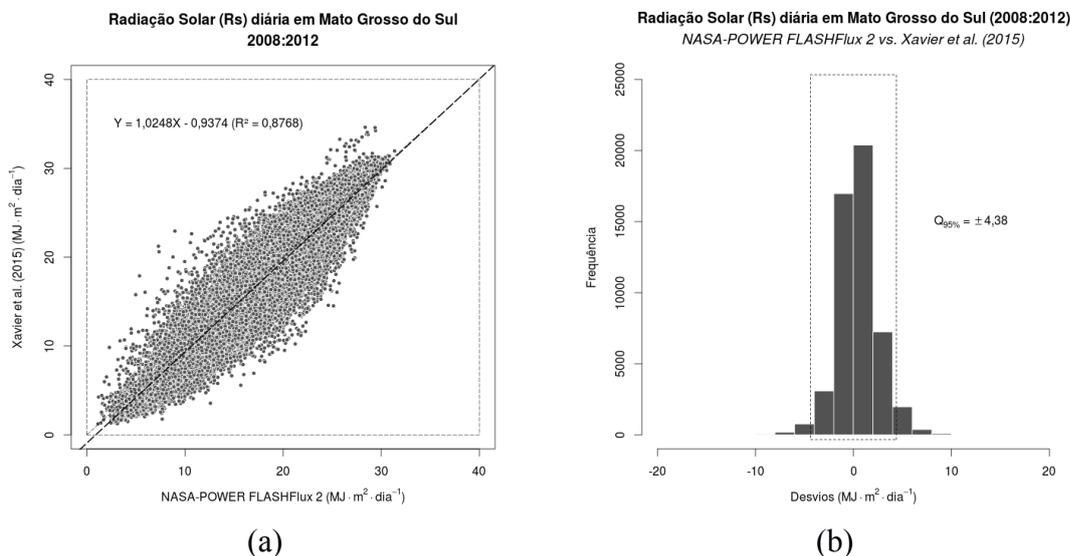
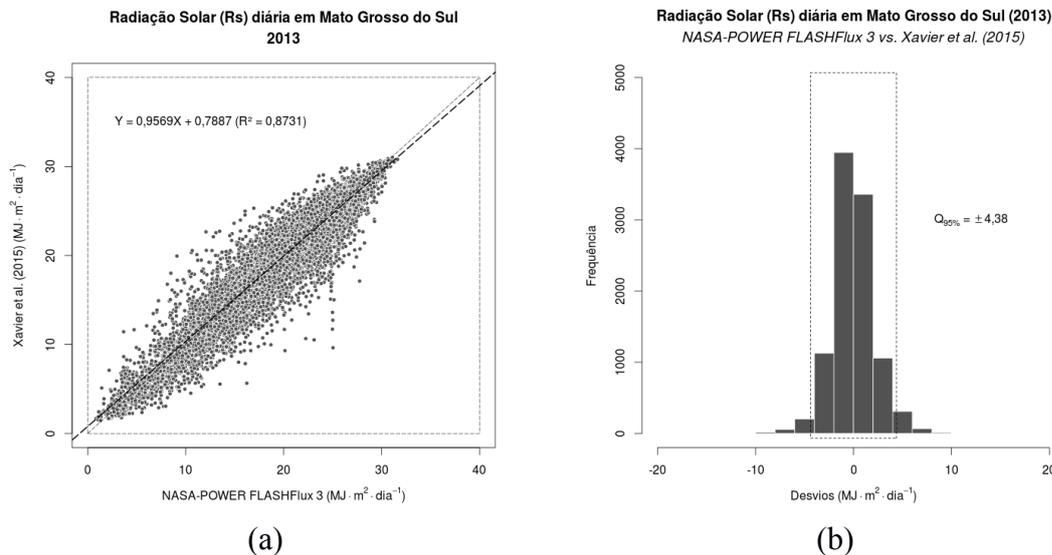


Figura 8. Relação entre dados Nasa/POWER e dados de Xavier et al. (2015), no período relativo à 2013-presente. O ajuste linear é apresentado (a) e o histograma dos desvios (b).



Portanto, é esperado que os dados da missão *Surface Radiation Budget* (SRB) (1983 a 2007) tenham desempenho superior após o ano 2000. Para testar essa hipótese os dados da missão SRB foram comparados considerando três períodos distintos: a) 1983-2000: equivalendo à ausência de dados de referência; b) 2001-2005: implantação das primeiras estações de referência e c) 2006-2007: maior número de estações disponíveis no período. Os resultados apresentados nas Figuras 09 a 11 e na Tabela 7 juntamente com os índices de concordância, correlação e confiança, demonstram a relação direta do número de estações meteorológicas disponíveis e a qualidade dos dados em cada período.

Os índices de correlação, concordância e confiança, no período de (1983-2000) $r = 0,823$, $d = 0,817$ e $c = 0,672$, no período (2001-2005) $r = 0,893$, $d = 0,880$ e $c = 0,786$ e no período (2007-2006) $r = 0,887$, $d = 0,874$ e $c = 0,775$. Nota-se que o desempenho dos dados é superior após o ano 2000. O índice “c” passou de bom para muito bom. Muito embo-

Tabela 7. Resultados da comparação das bases digitais entre si, em diferentes períodos, relativos à missão SRB.

Período	r	d	c
1983 - 2000	0,823	0,817	0,672
2001 - 2005	0,893	0,880	0,786
2006 - 2007	0,887	0,874	0,775

ra dados anteriores a esse período sejam satisfatórios, não há confiabilidade para estimar o erro associado a medidas tomadas antes desse período. Sendo assim, recomenda-se utilizar a série Nasa/Power a partir de 2001, independente da missão utilizada.

A Figura 12 e Tabela 8 apresentam os resultados da comparação das séries no período recomendado. A aplicação da equação linear de ajuste pode promover uma melhora no desempenho dos dados, sendo possível observar na Figura 4, que os erros são reduzidos e o índice de concordância de Willmott eleva-se de 0,902 para 0,911, assim

Figura 9. Relação entre dados Nasa/POWER e dados de Xavier et al. (2015), no período 1983-2000. O ajuste linear (a) e o histograma dos desvios (b).

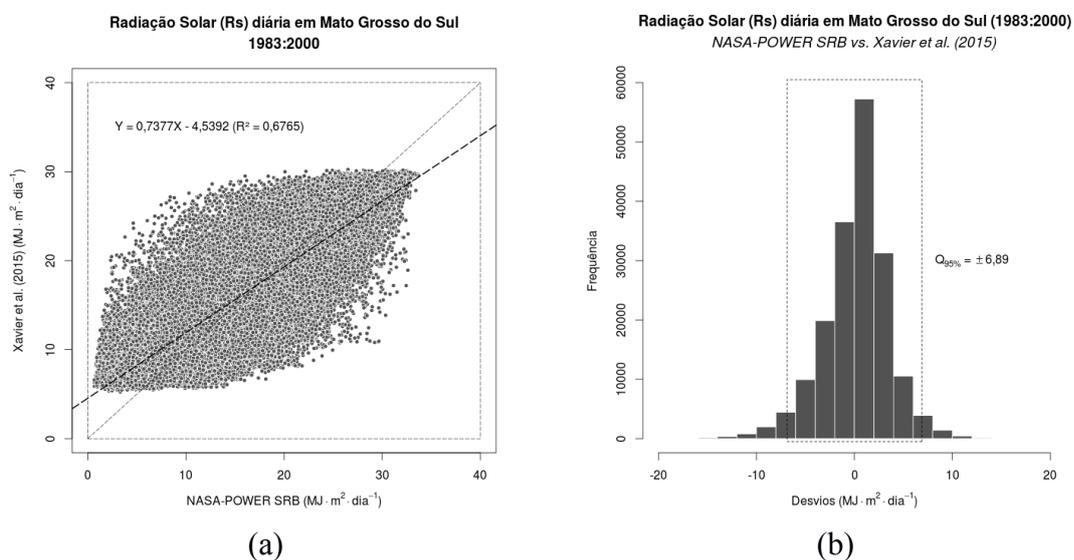


Figura 10. Relação entre dados Nasa/POWER e dados de Xavier et al. (2015), no período relativo à 2001-2005. O ajuste linear é apresentado (a) e o histograma dos desvios (b).

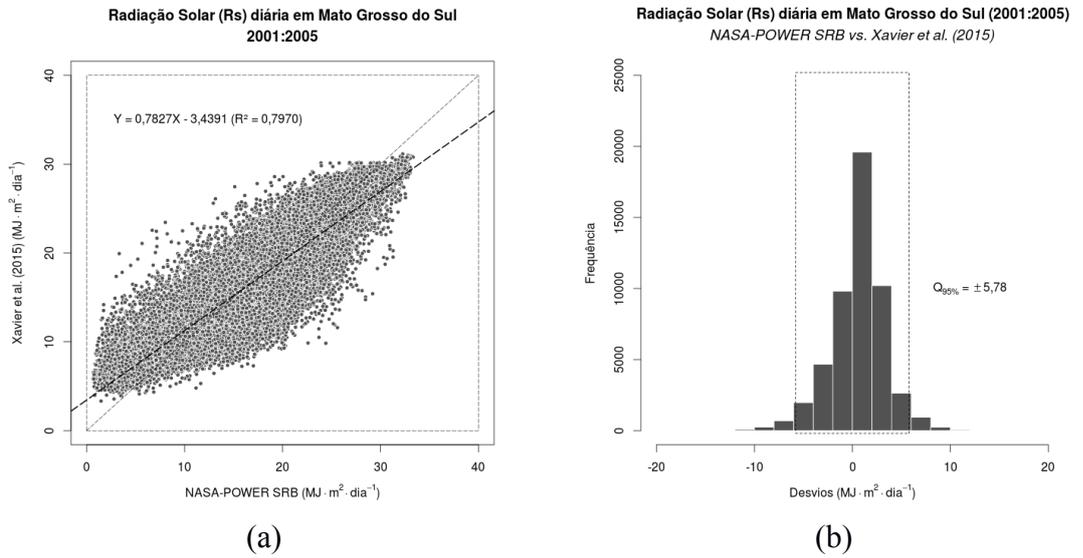


Figura 11. Relação entre dados Nasa/POWER e dados de Xavier et al. (2015), no período relativo à 2006-2007. O ajuste linear é apresentado (a) e o histograma dos desvios (b).

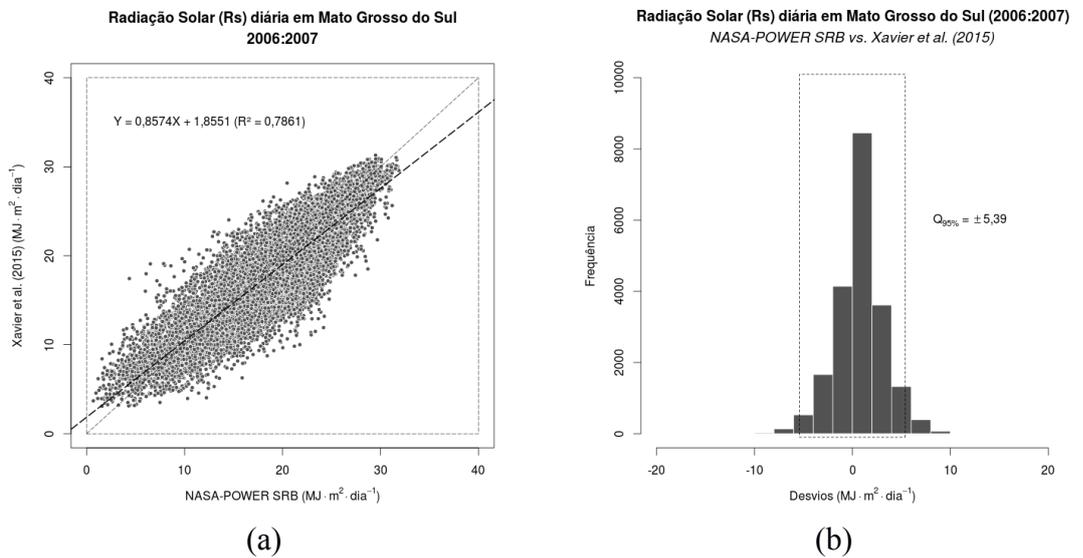
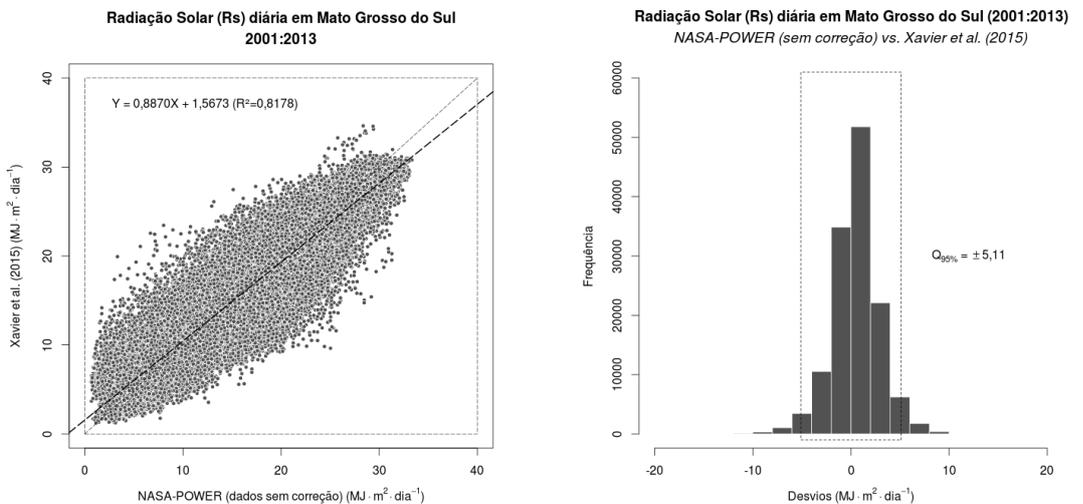


Figura 12. Relacionamento entre dados Nasa/POWER e dados de Xavier et al. (2015), no período orbital do Projeto NASA/GEWEX Surface Radiation Budget (SRB 3.0), período 2006-2007. O ajuste linear é apresentado à esquerda e o histograma dos desvios à direita.



como os índices de correlação e confiança $r = 0,907$ para $r = 0,914$ e $c = 0,818$ para $c = 0,832$.

Tabela 8. Resultados da comparação das bases digitais Nasa/POWER e dados de Xavier et al. (2015), de 2001 a 2013, utilizando a relação direta e aplicando a equação de ajuste.

Relação	r	d	c
Y = X (direta)	0,907	0,902	0,818
Y = Ajustado	0,914	0,911	0,832

Diante destes resultados, há como recomendar o uso da base NASA/Power desde 2001 até os dias atuais, como uma fonte confiável de dados para caracterização da radiação solar global. Dados anteriores a esse período tem potencial para uso, muito embora não seja possível determinar o erro associado às medidas.

Conclusões

Dados de radiação solar obtidos de bases digitais públicas podem substituir dados medidos em estações com grande acurácia e precisão, sendo os da base de Xavier et al. (2015), para Mato Grosso do Sul, mais precisos e acurados especialmente após a implantação e expansão da rede de estações automáticas do INMET a partir do ano 2001.

A base de dados fornecida por Xavier et al. (2015), não apresenta confiabilidade para estimar o erro associado aos dados de radiação em períodos anteriores a 2001, recomendando-se o uso a partir desse período para o estado de Mato Grosso do Sul.

Dados NASA/Power são mais promissores para um eventual uso em períodos anteriores a 2001, por não dependerem do número de estações. Todavia não foi possível determinar o erro associado a medidas desse período.

Referências

ALMAGRO, A.; OLIVEIRA, P. T. S.; NEARING, M. A.; HAGEMANN, S. Projected climate change impacts in rainfall erosivity over Brazil. *Scientific Reports*. v.7:8130, 2017. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08298-y>.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CHANDLER, W. S.; STACKHOUSE JR., P. W.; BARNETT, A. J.; HOELL J. M.; WESTBERG, D.; ROSS A. I. Enhancing the NASA Prediction of Worldwide Energy Resource Web Data Delivery System with Geographic Information System (GIS) Capabilities. Proceedings of the Solar 2015 Conference (ASES), July 28-30, Penn State, 2015.

CHANDLER, W. S.; STACKHOUSE JR., P. W.; HOELL, J. M.; WESTBERG, D.; ZHANG, T. NASA Prediction of Worldwide Energy Resource High Resolution Meteorology Data For Sustainable Building Design. Proceedings of the Solar 2013. Conference (American Solar Energy Society), April 16-20, Baltimore, Maryland. 2013.

GALLEGOS, H. G. Distribución espacial del promedio anual de la radiación solar global diaria en América del Sur. In: *Anais do II Congresso Nacional de Energía*, La Serena, Chile, 1996. p. 51-56.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/> >. Acesso em: 30 de Ago. 2018.

JERSZURKI, D.; SOUZA, J. L. M.; SILVA, L. C. R. Expanding the geography of evapotranspiration: An improved method to quantify land-to-air water fluxes in tropical and subtropical regions. *PLoS ONE*12(6): e0180055, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180055>.

MARTINS, F. R.; RÜTHER, R.; PEREIRA, E. B.; ABREU, S. L. Solar energy scenarios in Brazil. Part two: Photovoltaics applications. *Energy Policy*, v. 36, n. 8, p. 2865-2877, DOI: 10.1016/j.enpol.2008.04.001. 2008.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. Estudo comparativo da confiabilidade de estimativas de irradiação solar para o sudeste brasileiro obtidas a partir de dados de satélite e por interpolação/extrapolação de dados de superfície. *Revista Brasileira de Geofísica* v. 29, n.2, p. 265-276, 2011.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RÜTHER R. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. São José dos Campos, SP, 2006. 66 p.

SOFTWARE R. Free Software Foundation. 2017. GNU General Public License. Disponível em: < <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> >. Acesso em: 14 set. 2017.

SOUZA, J. D.; SILVA, B. B.; CEBALLOS, J.C. Estimativa da radiação solar global à superfície usando um modelo estocástico: caso sem nuvens. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 26, n.1, p. 31-44, 2008.

STACKHOUSE, P. Prediction of worldwide energy resource. Hampton: NASA Langley Research Center, 2010. Disponível em: < <https://power.larc.nasa.gov/> >. Acesso em: 7 set. 2018.

STEINMETZ, S.; SILVA, S. C. Início dos estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2017 Documentos, 312, 28 p.

TIBA C. (COORD.). *Atlas Solarimétrico do Brasil: Banco de Dados Terrestres*. Editora Universitária da UFPE, Recife, PE, 2001, 111 p.

VERHAGE, F. Y. F.; ANTEN, N. P. R.; SENTELHAS, P.C. Carbon dioxide fertilization offsets negative impacts of climate change on Arabica coffee yield in Brazil. *Climatic Change*. v.144, n. 4, p. 671-685, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2068-z>

WILLMOTT, C. J. On the validations of models. *Physical Geography*, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013), *International Journal of Climatology*, v.36, n. 6, p. 2644-2659. 2015.

REFERENCIAÇÃO

MOREIRA JÚNIOR, O.; COMUNELLO, E.; FIETZ, C. R. Qualidade da radiação solar global de diferentes bases digitais para Mato Grosso do Sul. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.28, e026583, 2020.



Quality of global solar radiation from different digital bases in Mato Grosso do Sul State, Brazil

Orlando Moreira Júnior^{1(*)}, Éder Comunello² and Carlos Ricardo Fietz²

¹Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Rua João Rosa Góes, 1761, Vila Progresso, CEP 79825-070 Dourados, MS, Brazil.

E-mail: orlandojunior@ufgd.edu.br

²Embrapa Agropecuária Oeste. Rodovia BR 163, km 253 6, Zona Rural, CEP 79804-970 Dourados, MS, Brazil. E-mails: eder.comunello@embrapa.br and carlos.fietz@embrapa.br

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 September 2019

Accepted 2 April 2020

Index terms:

digital meteorological bases

data quality

climatic characterization

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the quality of daily global solar radiation data incident in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil, and made them available on a public digital access. Observed data from thirteen automatic weather stations distributed by the State were used as a reference. From the coordinates of each, we used a bilinear interpolator to retrieve the daily values of global solar radiation in the bases provided by Xavier et al. (2015) and NASA/POWER. Originally data were obtained as regular grid, with 0.25° and 1° resolution, respectively. The data and reference bases were then compared to each other, from 1983, considering different periods and acquisition sources. Statistical tools designed to assess the degree of precision and accuracy of each base were used. The results suggest that the data base can be used in place of reference data, with a high degree of precision and accuracy, depending on the period of interest. This represents a big step forward for the development of studies in areas that require solar radiation data, since there are limitations on the number of stations, size and consistency of the series

© 2020 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

MOREIRA JÚNIOR, O.; COMUNELLO, E.; FIETZ, C. R. Qualidade da radiação solar global de diferentes bases digitais para Mato Grosso do Sul. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.28, e026583, 2020.