

Impactos do Fenômeno Enos Sobre a Temperatura no Brasil

Daniel P. Guimarães^{1*}, Ruibran dos Reis²

¹Engenheiro Florestal (UFV) e Doutor em Engenharia Florestal (UFV). Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas

²Meteorologista (UFRJ) e Doutor em Geografia (PucMinas). Professor no programa de Pós-graduação em Tratamento da Informação Espacial - PUC Minas

Resumo Neste trabalho, a variabilidade das temperaturas máximas e mínimas mensais de 265 estações convencionais, componentes do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP do INMET), nos últimos 50 anos, foi relacionada com as variações do *Oceanic Niño Index* do *NOAA Climate Prediction Center* através do treinamento de uma rede neural artificial. Os resultados da pesquisa mostram a relação quase que direta entre ENOS (El Niño-Oscilação Sul) e as temperaturas máximas e mínimas mensais no Brasil. Foram escolhidas algumas localidades para demonstrar os resultados da pesquisa: Manaus, Recife, Cuiabá, Brasília, São Paulo e Porto Alegre. Os eventos de El Niño contribuem para o aumento das temperaturas máximas e mínimas enquanto o inverso ocorre em eventos de La Niña, exceto para a região Amazônica. Em anos de La Niña ocorrem diminuição das temperaturas do ar em quase todas as regiões do Brasil. O impacto do fenômeno ENOS no país se faz mais presente nos meses de inverno e primavera.

Palavras-Chave temperatura, El Niño-Oscilação Sul, La Niña

1. Introdução

O fenômeno ENOS (El Niño-Oscilação Sul) exerce marcante influência sobre a variabilidade climática em diferentes regiões do Brasil e os impactos sobre os regimes pluviométricos são os mais conhecidos. Silva et al (2000) mostra que o El Niño exerce influência nas chuvas do Nordeste do Brasil, considerando o mesmo ano de ocorrência do fenômeno e até dois anos depois. Há uma diminuição das precipitações na Região e, segundo os autores, não existem correlações do fenômeno com as chuvas ocorridas no litoral.

Wollmann e Sartori (2009) relatam a influência de sua fase positiva (El Niño) sobre o fortalecimento do Anticiclone do Atlântico Sul e o consequente barramento do deslocamento de frentes polares ocasionando aumento na pluviosidade e desastres ambientais relacionados às enchentes. Bristot e Pinheiro (2000) relatam a condição inversa na Região Nordeste do Brasil onde o efeito está relacionado a severos períodos de estiagem. Filgueira et al. (2007) relacionaram os efeitos do fenômeno El Niño com a estiagem, os problemas sócio-econômicos e a degradação dos solos na Região Nordeste. Moraes e Nery (2009) observaram que as precipitações acima da média na região Sudeste do Brasil estão relacionadas com as intensificações do fenômeno El Niño. Firpo et al. (2012) concluíram pela influência defasada dos eventos de El Niño sobre a ocorrência de temperaturas acima da média e dos eventos de La Niña sobre temperaturas abaixo da média no Rio Grande do Sul. Soppa et al. (2011) observaram influências do

ENOS sobre as oscilações térmicas no Oceano Atlântico Sudoeste.

O presente estudo explora o relacionamento entre a variabilidade das temperaturas máximas e mínimas mensais de 265 estações convencionais componentes do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP do INMET), nos últimos 50 anos, com as variações do *Oceanic Niño Index* do *NOAA Climate Prediction Center* através do treinamento de uma rede neural artificial. O artigo avalia as tendências esperadas de alteração nas seguintes cidades: Manaus, Recife, Cuiabá, Brasília, São Paulo e Porto Alegre.

2. Dados e Métodos de Análise

Foram analisados os dados de Temperatura Máxima e Temperatura Mínima de 265 estações meteorológicas convencionais componentes do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, com séries históricas entre os anos de 1960 e 2010 e os impactos das variações da temperatura no oceano Pacífico. A FIG. 1 mostra as tendências de alteração na temperatura do oceano ao longo do ano e a FIG. 2 mostra a localização geográfica dessas estações meteorológicas no território brasileiro. Os dados diários de temperatura foram submetidos a análises de consistência e organizados em bases mensais.

As informações sobre a variabilidade da temperatura no oceano determinante do fenômeno ENOS baseou-se no *Oceanic Niño Index* do *NOAA Climate Prediction Center*.

As relações funcionais entre o *Oceanic Niño Index* e as temperaturas registradas nas estações meteorológicas foram

* daniel@cnpms.embrapa.br

avaliadas pelo treinamento de uma rede neural artificial contendo como variáveis de *input* a localização geográfica da estação (latitude, longitude e altitude), o mês de referência e o *Oceanic Niño Index*. Como variáveis de saída foram utilizadas as temperaturas máximas e mínimas mensais ocorridas nos últimos 50 anos.

A metodologia de análise permite avaliar inúmeros cenários a partir de variações nas variáveis de *input* da rede neural artificial. Para fins ilustrativos, foram avaliadas as tendências esperadas de alteração mensal em municípios representativos de diferentes regiões geográficas (Manaus, Recife, Cuiabá, Brasília, São Paulo e Porto Alegre), tendo como base alterações nos eventos de El Niño e La Niña de médias e extremas intensidades.

De acordo com Maeda et al. (2011),

as Redes Neurais Artificiais são um grupo de modelos matemáticos que simulam o sistema neurológico humano. Esta técnica tem sido utilizada em diversas áreas do conhecimento, nos mais diversos tipos de problemas, tais como: o reconhecimento de padrões, a aproximação de funções e a previsão de séries temporais, sendo que, na maioria dos casos, com uma eficácia igual ou superior a outras técnicas (MAEDA ET AL, 2011, p.1).

As redes neurais fazem parte de um ramo da inteligência artificial e podem servir como boa alternativa para a modelagem climática (GARDNER & DORLIN, 1998 e HSIEH & TANG, 1998). HALL et al. 1999 utiliza as redes neurais artificiais para a previsão pluviométrica na região de Dallas, Texas. TANGANG et al. (1998) usaram esse método para estudar a ocorrência do fenômeno El Niño.

A rede neural foi treinada para todas as 265 estações. A análise de tendência foi feita pelo treinamento de uma rede neural artificial usando o algoritmo de *back propagation* relacionando as variações de temperatura com alterações locais (latitude, longitude e altitude) e alterações temporais (ano e mês). A FIG.3 mostra a arquitetura da rede usada no treinamento. A determinação da contribuição das variáveis de *input* para a explicação das alterações na temperatura se baseou na correlação *scrambled* e a definição da arquitetura efetiva da rede foi feita com o uso dos procedimentos de exclusão de outliers e o uso de podas nas unidades de conexão (*prunning method*) menos eficientes.

Os dados foram colocados de acordo com a importância das variáveis de *input* para explicar as variações de temperatura no Brasil, e obedeceu as seguintes ordens:

- Temperatura Máxima: Latitude, Altitude, Mês, Longitude, ENOS.
- Temperatura Mínima: Latitude, Mês, Altitude, Longitude, ENOS.

3. Resultados

Com o objetivo de mostrar os resultados da aplicação do modelo, foram selecionadas algumas localidades no Brasil. As tendências de variação mensal das temperaturas

máximas e mínimas em função de eventos El Niño e La Niña são apresentadas nas FIG. 4 e 5.

A FIG. 4 mostra as anomalias das temperaturas máxima e mínimas em anos de eventos extremos e moderados de ocorrência do El Niño. Em Brasília e Cuiabá as temperaturas aumentam significativamente nos meses de primavera, enquanto que em São Paulo a ocorrência de El Niño extremo é mais significativa nas temperaturas dos meses de inverno. De uma forma geral, os resultados evidenciam a influência positiva, isto é, aumento das temperaturas nas localidades de Manaus, Recife, Cuiabá, Brasília, São Paulo e Porto Alegre em eventos de El Niño e a redução das temperaturas nas mesmas localidades em eventos de La Niña. Entretanto, pode-se observar nas figuras que as temperaturas de Manaus, na região Amazônica praticamente não são tão afetadas pelo fenômeno ENOS. Eventos medianos de El Niño e La Niña apresentam baixos impactos sobre as condições térmicas brasileiras. As anomalias provocadas pelo evento de El Niño são mais expressivas do que as provocadas pelos eventos de La Niña.

4. Conclusões

A rede neural é uma das formas de se verificar as relações entre diferentes variáveis. A aplicação da rede neural nos dados de temperatura máxima, mínima e nos anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña mostrou ser uma excelente técnica para modelar os impactos desses fenômenos nas temperaturas no Brasil, bem como inferir sobre as épocas do ano em ocorrem os maiores impactos.

Um dos resultados encontrados é que o fenômeno ENOS impacta nas temperaturas máximas e mínimas mensais no Brasil, exceto nas localidades situadas na Região Amazônica. Provavelmente devido à existência de uma amplitude pequena anual da temperatura, típico de regiões tropicais, o que mascara a influência dos fenômenos na Região.

Os meses de inverno e primavera apresentam as maiores relações entre temperaturas e ENOS no país. A anomalia da temperatura pode atingir até 0,8 graus no mês.

O fenômeno La Niña tende a provocar diminuição das temperaturas no Brasil. Entretanto, sua influência é muito menor em relação ao que ocorre em anos de El Niño.

Portanto, além da influência na distribuição das chuvas no Brasil, a aplicação do modelo mostra que os fenômenos El Niño e La Niña também possuem uma forte influência nas temperaturas nos meses de inverno e primavera. Os resultados são muito importantes para diversas áreas de atuação, e o prosseguimento da pesquisa pode levar na melhoria da qualidade das previsões climáticas.

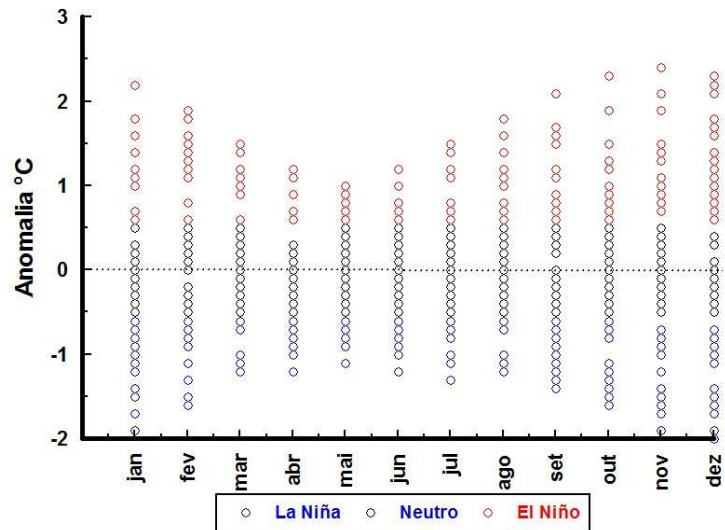
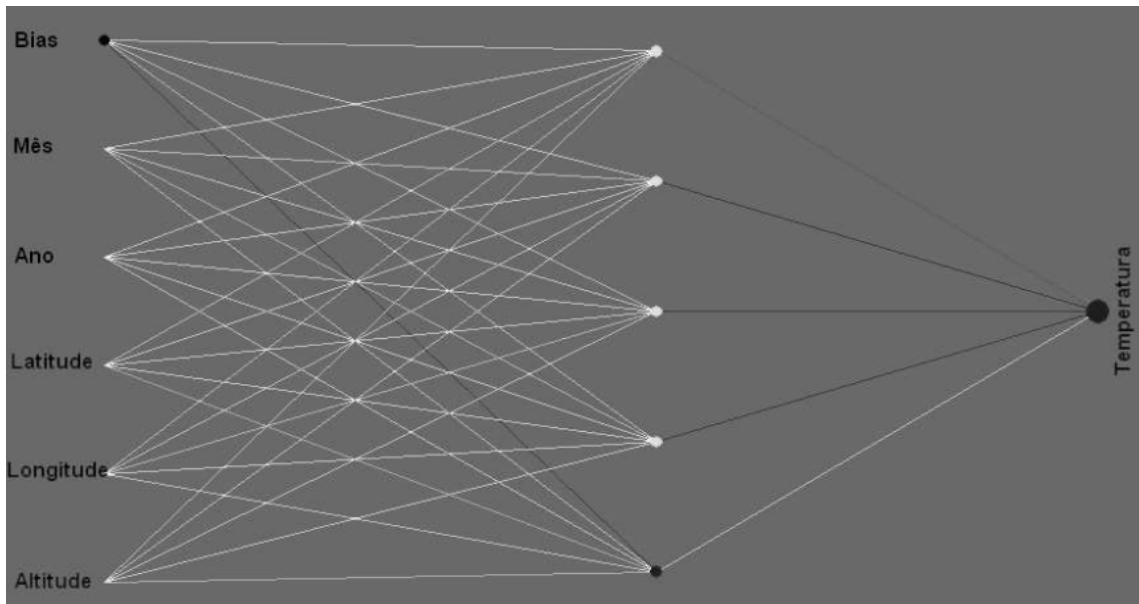


Figura 1. Variabilidade mensal da temperatura determinada pelo *Oceanic Niño Index*

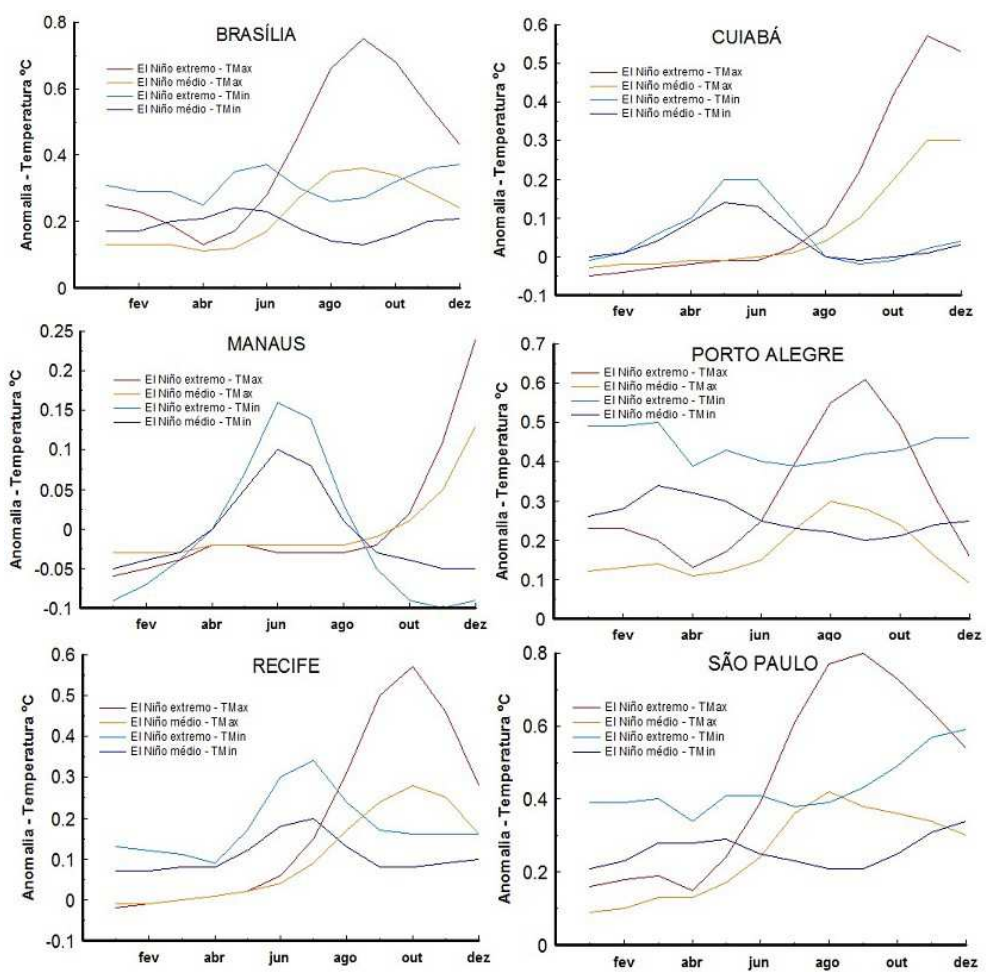


Figura 2. Distribuição espacial das estações convencionais do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa



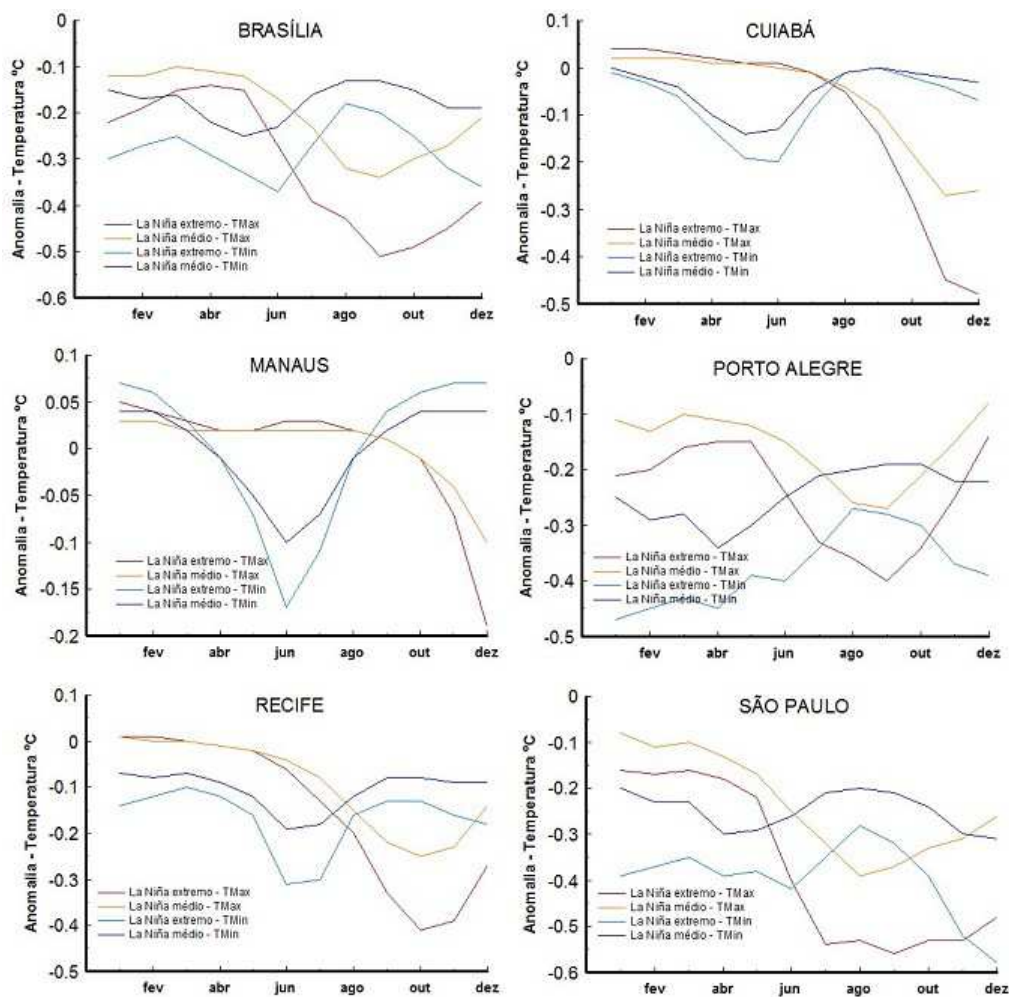
Fonte: Guimarães et al. (2009).

Figura 3. Arquitetura da Rede Neural Artificial para a modelagem das variações espaço-temporais da temperatura



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do BDMET (1960-2010).

Figura 4. Anomalias nas Temperaturas Máxima e Mínima Mensal em municípios brasileiros em função de eventos medianos e extremos de El Niño



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do BDMET (1960-2010).

Figura 5. Anomalias nas Temperaturas Máxima e Mínima Mensal em municípios brasileiros em função de eventos medianos e extremos de La Niña

REFERÊNCIAS

- [1] BRISTOT, G. E. PINHEIRO, J. V. Influência dos fenômenos ElNiño e La Niña nas variações da temperaturamáxima mensal para a cidade do Natal – RN. In: **Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 554-557, 2000.
- [2] FILGUEIRA, H. J. A.; NETO, A. F. S. E.; BARBOSA, M. P. Impacto dos eventos ENOS (El Niño-Oscilação Sul) nas precipitações pluviométricas nos recursos hídricos superficiais e na degradação do solo em região do semi-áridobrasileiro. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis-Santa Catarina, v. 13, n. 1, p. 3893-3898, 2007.
- [3] FIRPO, M. A. F.; SANSIGOLO, C. A. E ASSIS, S. V. Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no Rio Grande do Sul associadas ao ENOS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 1, p. 95-106, 2012.
- [4] GARDNER, M. W.; DORLING, S. R. Statistical surface ozone models: an improved methodology to account for non-linear behavior. **Atmospheric Environment**, v. 34, n. 1, p. 21–34, 2000.
- [5] GUIMARAES, D.; ASSAD, E. LANDAU, E. C.; CORREA, T; COSTA, C. Uso de Redes Neurais para a projeção climática no Brasil: temperatura mínima. In: **Anais do 3º Simpósio Internacional de Climatologia**. Canela, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2009.
- [6] HALL, T.; BROOKS, H. E.; DOSWELL, C. A. Precipitation Forecasting Using a Neural Network. **Weather Forecasting**, v. 14, n. 1, 338-345, 1999.
- [7] HSIEH, W. W.; TANG, B. Applying neural network models to prediction and data analysis in meteorology and oceanography. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 79, n. 9, p. 1855-1870, 1999.

- [8] MAEDA, E. Y.; MOTA, J. F.; VITOR, A. Aplicação de redes neurais artificiais na previsão pluviométrica na região de campo mourão com base em variáveis meteorológicas. **In: Anais do VI Encontro de Produção Científica e Tecnológica**, Campo Mourão, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2011.
- [9] MORAES, M. P. C.; NERY, J. T. Variabilidade da precipitação na unidade de gerenciamento de recursos hídricos do médio Paranapanema. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 7, n. 1, p. 169-182, 2009.
- [10] SILVA, V. P. R.; MACIEL, G. F.; ROLANDO, P.; JOSEANE, M.; GUEDES, F. Análise do nível de significância da relação entre El Niño e chuva no Nordeste do Brasil. **Revista de SBMET**. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/13-bf85eab74a04b75d066b8d9f0bb28fa5.pdf>.> Acesso em 11 nov. 2012
- [11] SOPPA, M. A.; PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B. Variabilidade das anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico sudoeste e sua relação com o fenômeno El Niño-Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 3, p. 375-391, 2011.
- [12] TANGANG, F. T., B.; TANG, A. H.; MONAHAN, W. W. HSIEH, Forecasting ENSO Events: A Neural Network–Extended EOF Approach. *J. Climate*, v. 11, n. 1, p. 29–41, 1998.
- [13] WOLLMANN, C. A.; SARTORI, M. G. B.; Sazonalidade dos episódios de enchentes ocorridos na bacia hidrográfica do Rio Caí – RS, e sua relação com a atuação do fenômeno El Niño, no período de 1982 a 2005. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 7, n. 1, p. 103-118, 2009.

The Impacts of ENSO Phenomenon on Brazilian Temperatures

Daniel P. Guimarães¹, Ruibran dos Reis²

¹Researcher at Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas

²Professor at PUC Minas

Abstract The variability of Monthly maximum and minimum temperatures of 265 stations components of INMET's Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP) in the last 50 years was related to variations in the Oceanic Niño Index from NOAA Climate Prediction Center by training an artificial neural network. The results showed that El Niño contributed to the increase of the maximum and minimum temperatures while the reverse occurs in La Niña events, except for the Amazon region. The impact of ENSO (El Niño-Southern Oscillation) in the country is more present in winter and spring. Some locations were chosen to demonstrate the search results: Manaus, Recife, Cuiabá, Brasília, São Paulo and Porto Alegre. In La Niña years there is a decrease in air temperature in almost all regions of Brazil. The impact of ENSO in the country is more observed in winter and spring.

Keywords temperature, El Niño-Oscilação Sul, La Niña

Informações sobre os autores

Daniel P. Guimarães (Embrapa)

Endereço para correspondência: Rodovia MG 424, KM 25. Sete Lagoas, Minas Gerais. Brasil. CEP: 35701-950.

Email: daniel@cnpm.embrapa.br

Link para o currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/9659441355661769>

Ruibran dos Reis (PucMinas)

Endereço para correspondência: Av. Itaú, 505. Prédio Emaús – Bairro Dom Cabral. Belo Horizonte, Minas Gerais. Brasil. CEP: 30535012.

Email: ruibrandosreis@gmail.com

Link para o currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/8900649523524906>

Artigo Recebido em: 13-06-2012

Artigo Aprovado em: 16-08-2012