

## ESTUDO DOS ÍNDICES EXTREMOS DE TEMPERATURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO RIO COLORADO, EUA

FABIANE REGINA DA CUNHA DANTAS ARAÚJO<sup>1</sup>, CARLOS ANTONIO COSTA DOS SANTOS<sup>2</sup>,  
FRANCISCO DAS CHAGAS ARAÚJO DO NASCIMENTO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Ciências Exatas e Naturais,  
Mossoró, RN, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil

fabiane@ufersa.edu.br, francisconfisica@ufersa.edu.br, carlostorm@gmail.com

Recebido Agosto de 2012 - Aceito Agosto de 2014

### RESUMO

O aquecimento global vem sendo assunto constante em toda parte do planeta. Essa elevação na temperatura atmosférica pode gerar uma série de complicações sociais, econômicas e ambientais. Dessa forma, esta pesquisa objetiva analisar as tendências dos índices de extremos climáticos anuais, dependentes da temperatura na região da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Colorado situada no sudoeste dos EUA, e com isso investigar os possíveis impactos da variabilidade climática recente sobre a área de estudo no período de 1970 a 2009. Os dados de temperatura foram obtidos de 81 estações meteorológicas distribuídas na região da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Colorado, compreendendo os estados americanos do Arizona, Califórnia, Nevada, parte sudoeste do Novo México e parte sudoeste de Utah. Utilizou-se o software RClindex no cálculo dos índices extremos de temperatura do ar. Dos índices climáticos de temperatura analisados, verificou-se que o índice Dias de Verão (DV) contribuiu para dias mais quentes na região de estudo. O índice Noites Tropicais (NT) mostrou aumento dos dias com temperatura mínima maior que 20° C. O número de dias frio e os valores mínimos das temperaturas máxima e mínima aumentaram. Por outro lado, o valor máximo da temperatura máxima não indicou um padrão de tendência com significância estatística.

**Palavras-Chave:** RClindex; Mudanças climáticas; BHBRC.

### ABSTRACT: STUDY OF TEMPERATURE EXTREME INDICES OVER HYDROGRAPHIC BASIN OF LOW COLORADO RIVER, USA

The global warming has been constant subject everywhere on the planet. This increase in temperature generates a series of social, economic and environmental complications. Thinking about it, this study aims to analyze the trends of the indices of climate extremes annual temperature dependent on the region of the Lower Colorado River Basin located in the southwestern United States and thereby investigate the possible impacts of recent climate variability on the study area during the 1970 to 2009 period. Temperature data were obtained from 81 meteorological stations in the region of the Lower Colorado River Basin, comprising the States of Arizona, California, Nevada, southwestern part of New Mexico and the southwestern part of Utah. The calculation of extreme air temperature indices was obtained by the RClindex software. From the analyzed climatic indices of temperature it was found that the summer days (SD) index contributed to the hottest days in the study area. The tropical nights (NT) index showed an increase on the number of days with minimum temperature above 20° C. The number of cold days reduced and the minimum values of maximum and minimum temperatures have increased. On the other hand, the maximum value of the maximum temperature did not indicate a tendency pattern with statistical significance.

**Keywords:** RClindex; climate change; LCRB.

## 1. INTRODUÇÃO

O aquecimento global vem sendo alvo de muitas discussões em todo planeta. Esse fenômeno tem provocado alterações no clima terrestre causando uma série de mudanças no meio ambiente que podem gerar diversos impactos, dentre eles econômicos, sociais e ambientais. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007) divulgou que grande parte do aquecimento observado nos últimos 50 anos é decorrente de atividades antrópicas por meio de emissão de gases do efeito estufa. Infere-se que o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> produzido pela queima de combustíveis fósseis, bem como, a emissão de outros gases oriundos das queimadas em florestas, pastagens e áreas agrícolas vem contribuindo com o aquecimento global.

De acordo com Santos (2006), os fatores que podem modificar o clima do ponto de vista regional são o desmatamento e a degradação ambiental, contribuindo assim para alterações no sistema global, enquanto do ponto de vista local, a temperatura do ar e a precipitação pluvial são elementos meteorológicos que podem ser empregados na detecção de mudanças climáticas.

A partir das tendências de temperatura do ar e precipitação para um determinado local, pode-se identificar possíveis mudanças no clima fazendo uma análise dos chamados “Índices de Detecção de Mudanças Climáticas”, criados pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), que tem como objetivo a utilização em estudos de monitoramento e detecção de alterações climáticas auxiliados por ferramentas, como os Modelos de Circulação Geral (MCGs) capazes de projetar o clima de diversas regiões do globo (Zhang e Yang, 2004).

Muitas pesquisas têm investigado questões relacionadas às mudanças ocorridas no clima. Marengo e Camargo (2008) avaliaram índices de extremos de temperatura para o sul do Brasil entre 1960 e 2002. Em quase todas as estações meteorológicas analisadas foi observado um aumento acentuado nas temperaturas máximas e mínimas sobre a região. Santos et al. (2010) analisaram tendências anuais de 20 índices extremos de temperatura e precipitação no Estado de Utah - EUA durante o período de 1930 a 2006. As análises destes índices indicaram um aumento na temperatura do ar durante o último século na região. Hu et al. (2012), baseados na região do Rio Amarelo na China estudaram tendências de índices extremos de temperatura e precipitação nos anos de 1960 a 2006. Tendências significativamente positivas foram observadas durante o período estudado, caracterizando aumento das temperaturas mínimas. Por outro lado, os índices extremos de precipitação não apresentaram mudanças sazonais significativas.

Considerando a gama de trabalhos envolvendo índices climáticos, o objetivo desta pesquisa é analisar as tendências dos índices de extremos climáticos anuais dependentes da temperatura

na região da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Colorado (BHBRC), situada no sudoeste dos EUA, a qual é de extrema importância para grande parte da população norte americana, e com isso investigar os possíveis impactos da variabilidade climática recente sobre a área de estudo no período de 1970 a 2009.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

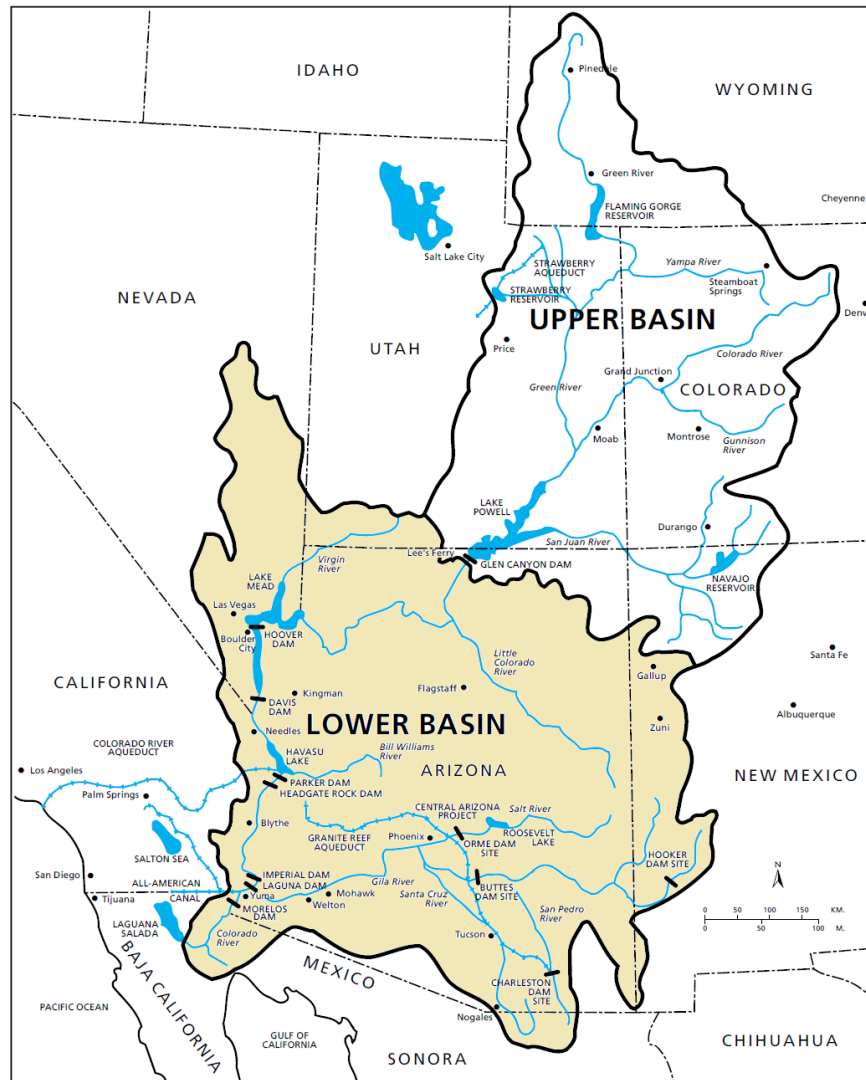
Os dados de temperatura foram obtidos de 81 estações meteorológicas distribuídas na região da Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Colorado (BHBRC), conforme Figura 1, compreendendo os estados americanos do Arizona, Califórnia, Nevada, parte sudoeste do Novo México e parte sudoeste de Utah nos anos de 1970 a 2009. O clima da região é desértico árido apresentando variabilidade em toda região. As temperaturas mais elevadas que ocorrem entre a primavera e o verão induzem o degelo das regiões montanhosas. A região do Baixo Rio Colorado é caracterizada por chuvas de verão, provocadas pelo sistema de monção atuante na América do Norte (Benke e Cushing, 2005).

O cálculo dos índices extremos de temperatura do ar foi obtido a partir do software RClindex, um programa desenvolvido por *Byron Gleason do National Climate Data Centre (NCDC) da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* muito utilizado para o cálculo de índices extremos climáticos que auxiliam no monitoramento e na detecção de mudanças climáticas, o qual é desenvolvido para a linguagem computacional R e está disponível gratuitamente para *download* no portal <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml>. Um pré-requisito para o cálculo dos índices é o controle de qualidade dos dados (Zhang e Yang, 2004). O controle de qualidade do RClindex procede-se da seguinte forma: Substitui todos os dados faltosos (atualmente codificados como -99.9) em um formato interno que reconhece o R, bem como todos os valores que não são representativos por -99.9, que incluem quantidades de precipitação diárias menores que zero e temperatura máxima menor que a temperatura mínima diária.

Para o processamento dos dados, é necessário que os arquivos estejam em formato de texto ASCII, distribuídos em colunas organizadas na seguinte sequência: ano, mês, dia, precipitação em milímetros (mm), temperatura máxima e temperatura mínima em graus Celsius (°C). Ressalta-se, ainda que, os dados devem estar em ordem cronológica (Canadian International Development Agency, 2004).

Nesta pesquisa foi utilizado o RClindex para calcular os seguintes índices de temperatura, conforme descritos na Tabela 1:

Após o processamento destes índices, os dados foram armazenados em arquivos que contêm informações anuais sobre cada um deles. Neste estudo, de acordo com os objetivos gerais, foram obtidas as tendências anuais dos índices de extremos



**Figura 1** - Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Colorado, sendo a parte destacada a região de estudo.

Fonte: Morrison et al., 1996

climáticos pelo método dos mínimos quadrados e a significância estatística da tendência pelo teste de Fisher descrito em Siegel e Castellan (2006).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra as tendências dos índices extremos de temperatura na região do Baixo Rio Colorado. Os valores destacados e em negrito apresentaram significância estatística ao nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ), enquanto os apenas destacados apresentaram significância estatística ao nível de 10% ( $0,05 < p \leq 0,1$ ). Apenas as tendências estatisticamente significativas foram abordadas nas discussões dos resultados.

Analisando as tendências de temperatura estatisticamente significantes na região de estudo (Tabela 2), observa-se que o

índice Dias de Verão (DV) mostrou tendências positivas em 41 estações e negativa em apenas 1 referente a estação McNary localizada a 2237 m de altitude, evidenciando um aumento no número de dias em que a temperatura do ar foi maior que 25 °C. O índice Dias Gelados (DG) mostrou apenas tendências negativas em 14 estações. As tendências de DV e DG indicam aumento e diminuição das temperaturas, respectivamente, sobre a região estudada nas últimas décadas. O índice Noites Tropicais (NT) mostrou 40 estações com tendências positivas e apenas 1 com tendência negativa o que resultou no aumento do número de dias em que a temperatura mínima do ar foi maior que 20 °C. Os Dias Frios (DF) indicaram 1 estação com tendência positiva e 51 com tendências negativas, o que ocasionou uma diminuição do número mínimo de dias em que a temperatura mínima diária foi menor que 0°C. Estes dois índices concordam

**Tabela 1** - Índices de temperatura

Índices	Nome do Indicador	Definição	Unidade
DV	Dias de Verão	Número máximo de dias anuais quando $TX > 25^{\circ}\text{C}$	Dias
DG	Dias gelados	Número máximo de dias anuais quando $TX < 0^{\circ}\text{C}$	Dias
NT	Noites tropicais	Número mínimo de dias quando $TN > 20^{\circ}\text{C}$	Dias
DF	Dias frios	Número mínimo de dias quando $TN < 0$	Dias
TXx	Máxima da temperatura máxima	Valor máximo mensal da temperatura máxima diária	$^{\circ}\text{C}$
TNx	Máxima da temperatura mínima	Valor máximo mensal da temperatura mínima diária	$^{\circ}\text{C}$
TXn	Mínima da temperatura máxima	Valor mínimo mensal da temperatura máxima	$^{\circ}\text{C}$
TNn	Mínima da temperatura mínima	Valor mínimo mensal da temperatura mínima diária	$^{\circ}\text{C}$
ATD	Amplitude térmica diária	Diferença média mensal entre TX e TN	$^{\circ}\text{C}$

entre si e apresentam homogeneidade em praticamente toda região do Baixo Rio Colorado. Estes índices mostram que nas últimas décadas houve aumento considerável nas temperaturas mínimas diárias. Os padrões representados nestes resultados concordam com os encontrados por Manton et al. (2001) e Frich et al. (2002) para diferentes regiões do planeta.

O índice que representa o máximo valor da temperatura máxima anual (TXx) apresentou 12 estações com tendências positivas e 5 com tendências negativas. Dessa forma, não é possível identificar um padrão de aumento do valor máximo da temperatura máxima diária. Para o índice que representa o valor mínimo da temperatura máxima anual (TXn), 28 estações apresentaram tendências positivas e 1 apresentou tendência negativa, o que indica um aumento do valor mínimo da temperatura máxima diária, concordando com as tendências apresentadas para os índices NT e DF.

O índice que representa o máximo valor da temperatura mínima anual (TNx) indicou 25 estações com tendências positivas mostrando com isso que o valor máximo da temperatura mínima diária aumentou. Foi observado o mesmo comportamento para o valor mínimo da temperatura mínima diária representado pelo índice (TNn), com tendências positivas em 38 estações e tendências negativas em apenas 2. A Amplitude Térmica Diária (ATD) mostrou que 13 estações evidenciaram tendências positivas, enquanto que 32 apresentaram tendências negativas. Com isso, a diferença anual entre as temperaturas máximas e mínimas diárias diminuiu decorrente do aumento anual observado das temperaturas mínimas diárias e não verificado nas temperaturas máximas. Um resultado semelhante foi encontrado por Zhang et al. (2005) no Oriente Médio. Todos os resultados apresentados

para a região do Baixo Rio Colorado estão de acordo com os apresentados por Frich et al. (2002) e Alexander et al. (2006).

Analisando a variabilidade temporal dos índices extremos de temperatura durante o período estudado (Figura 2) obtidos por meio de média aritmética entre cada posto meteorológico situado na região do Baixo Rio Colorado, observou-se que, o índice DV aumentou (Figura 2a). Para os Dias Gelados (DG) houve diminuição nas tendências (Figura 2b). O índice NT apresentou tendências positivas (Figura 2c). Em relação aos dias frios, a tendência foi negativa e com valores próximos (Figura 2d). Para o índice TXx, a tendência foi positiva (Figura 2e), indicando que a temperatura máxima tem aumentado. O índice TXn revelou tendências positivas ao longo da série (Figura 2f). O mesmo ocorreu para os índices TNx e TNn (Figuras 2g e 2h). Por fim, o índice ATD mostrou tendência negativa (Figura 2i). O padrão de temperatura observado na BHBRC, evidenciando dias mais quentes e temperaturas mínimas mais elevadas, pode estar relacionado com sistemas de circulação atmosférica que influenciam o clima na região, a exemplo, das altas subtropicais que atuam em zonas de alta pressão caracterizadas por subsidência de ar quente e seco, ocasionando baixa umidade e conseqüentemente pouca formação de nuvens e diminuição da precipitação (Varejão Silva, 2000).

#### 4. CONCLUSÕES

As tendências de índices extremos climáticos são bons indicadores de eventos extremos. Dos índices climáticos de temperatura analisados neste estudo, verificou-se que o índice DV contribuiu para dias mais quentes na região de estudo. O índice NT mostrou aumento dos dias com temperatura mínima

Tabela 2 - Índices extremos de temperatura para região do Baixo Rio Colorado, EUA. (Continua)

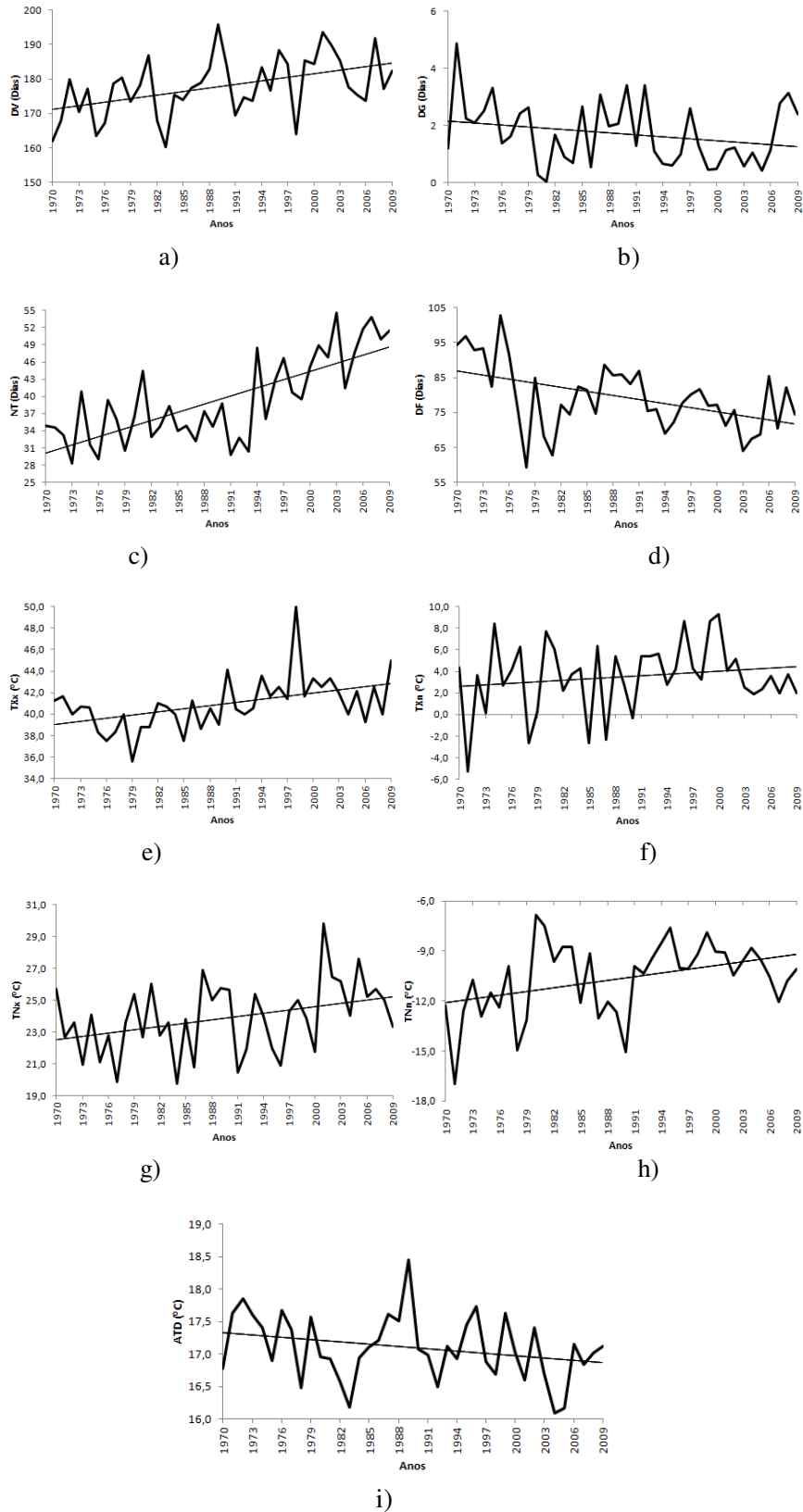
Estações	DV	DG	NT	DF	TXx	TXn	TNx	TNn	ATD
Alpine	0,391	-0,053	0	<b>-0,871</b>	0,011	0,082	-0,004	<b>0,208</b>	-0,026
Anvil RCH	0,093	0	0,17	0,335	-0,018	0,059	-0,002	<b>-0,176</b>	<b>0,057</b>
Blach Rivers Pumps	<b>0,907</b>	<b>-0,069</b>	<b>0</b>	-0,128	0,043	<b>0,082</b>	<b>0,002</b>	0,123	<b>0,048</b>
Blue Ridge RS	-0,045	0,081	0	-0,423	-0,033	0,013	-0,003	0,078	-0,03
Bouse	0,113	0	<b>0,565</b>	-0,332	0,003	0,022	0,011	<b>0,073</b>	<b>-0,027</b>
Bright Angel RS	0,55	<b>-0,477</b>	0	<b>-0,719</b>	<b>0,09</b>	<b>0,163</b>	0,055	<b>0,262</b>	<b>-0,028</b>
Canelo	<b>0,861</b>	-0,009	0,037	<b>-0,749</b>	0,001	0,045	<b>0,041</b>	<b>0,141</b>	-0,014
Casa Grande NM	0,158	0	<b>0,571</b>	<b>-0,425</b>	-0,007	-0,04	<b>0,066</b>	<b>0,072</b>	<b>-0,047</b>
Cascabel	0,366	0	-0,025	-0,09	0,008	0,032	-0,001	0,027	<b>0,036</b>
Castle Hot Springs	0,315	0	<b>0,595</b>	<b>-0,188</b>	-0,019	0	0,04	0,038	<b>-0,034</b>
Chino Valley	0,143	-0,02	<b>0,253</b>	<b>-1,235</b>	0,008	0	<b>0,099</b>	0,07	<b>-0,062</b>
Chiricaua MN	<b>0,798</b>	<b>-0,016</b>	0,028	<b>-0,755</b>	0,022	<b>0,096</b>	-0,004	<b>0,129</b>	-0,002
Clinfton	0,198	0	<b>1,209</b>	<b>-0,637</b>	0,054	0,063	<b>0,107</b>	0,098	<b>-0,071</b>
Colorado City	<b>0,384</b>	-0,005	-0,015	-0,198	<b>0,057</b>	0	-0,007	0,1	0,01
Cordes	<b>0,378</b>	-0,011	0,227	<b>-0,336</b>	-0,012	<b>0,067</b>	0,008	0,063	-0,007
Coronado MN HQ	-0,124	-0,003	0,027	-0,054	-0,034	-0,008	-0,028	0,05	<b>-0,037</b>
Douglas	<b>0,84</b>	-0,005	<b>0,517</b>	<b>-1,262</b>	0,025	0,071	0,017	<b>0,118</b>	-0,027
Douglas Bisbee Intl	<b>0,862</b>	-0,004	<b>0,305</b>	-0,246	<b>0,035</b>	0,059	<b>0,036</b>	0,034	<b>0,024</b>
Duncan	<b>0,828</b>	0	<b>0,606</b>	<b>-1,009</b>	-70,066	<b>0,076</b>	-13,358	0,035	-2,058
Estações	DV	DG	NT	DF	TXx	TXn	TNx	TNn	ATD
Flagstaff AP	-0,083	<b>-0,189</b>	0	-0,297	-0,017	0,08	0,017	<b>0,128</b>	-0,014
Ft Thomas 2 SW	<b>0,506</b>	-0,002	<b>0,673</b>	-0,006	-0,004	0,036	0,02	-0,017	-0,015
FT Valley	0,215	-0,116	0	<b>-0,417</b>	0,006	0,038	0,026	<b>0,15</b>	-0,013
Ganado	0,45	-0,093	0	-0,397	-0,019	0,119	-0,014	0,104	0,013
Holbrook	<b>0,798</b>	-0,079	<b>0,161</b>	<b>-1,424</b>	0,001	0,113	<b>0,119</b>	0,186	-0,045
Jerome	0,229	-0,033	<b>0,832</b>	<b>-0,568</b>	0,031	0,021	0	0,083	<b>-0,044</b>
Keams Canyon	0,298	0,011	-0,025	-0,158	-0,051	-0,003	-0,053	0,074	-0,02
Kit Peak	0,293	-0,107	<b>0,146</b>	<b>-0,829</b>	-0,002	0,044	<b>0,082</b>	0,069	<b>-0,036</b>
Kofa Mine	0,282	0	<b>0,826</b>	-0,037	0,015	0,009	0,039	<b>0,08</b>	<b>-0,035</b>
Laveen 3 SSE	<b>0,595</b>	0	<b>1,281</b>	<b>-0,519</b>	<b>0,082</b>	0,005	0,05	<b>0,127</b>	<b>-0,046</b>
Litchfield Park	-0,059	0	<b>1,363</b>	<b>-0,529</b>	-0,028	-0,005	<b>0,062</b>	<b>0,102</b>	<b>-0,137</b>
Maricopa 4	<b>0,688</b>	0	<b>0,497</b>	<b>-0,424</b>	0,011	<b>0,081</b>	0,026	0,029	0,004
McNary 2 N	<b>-0,729</b>	0,099	0	<b>-0,82</b>	-0,033	0,027	0,007	<b>0,152</b>	<b>-0,099</b>
Oracle 2 SE	-0,07	0	<b>0,646</b>	0,079	-0,017	<b>-0,093</b>	0,011	0,028	<b>-0,061</b>
Organ Pipe Cactus NM	<b>0,515</b>	0	<b>0,674</b>	<b>-0,292</b>	-0,005	0,065	0,031	<b>0,058</b>	<b>-0,027</b>
Payson	0,302	-0,016	<b>0,037</b>	<b>-1,146</b>	0,004	0,032	0,026	<b>0,162</b>	<b>-0,039</b>
Pearce Sunsites	0,115	-0,003	0,038	0,234	-0,016	-0,014	-0,03	0,047	0
Petrifield Forest	<b>0,595</b>	<b>-0,047</b>	<b>0,052</b>	<b>-0,647</b>	0,03	<b>0,115</b>	<b>0,044</b>	0,11	0,009
Phanton Ranch	<b>0,51</b>	-0,001	-0,289	0,239	0,001	0,055	0,004	<b>-0,112</b>	<b>0,035</b>
Phoenix AP	<b>0,399</b>	0	<b>0,958</b>	<b>-0,165</b>	0,003	0,037	<b>0,061</b>	<b>0,119</b>	<b>-0,064</b>



Tabela 2 - Conclusão.

Roosevelt	<b>0,893</b>	0	0,448	-0,136	0,028	0,012	0,029	0,007	<b>0,032</b>
Sacaton	0,543	0	-0,068	<b>-1,235</b>	-0,03	-0,06	-0,031	<b>0,257</b>	<b>-0,055</b>
Saffordagricult	<b>0,654</b>	0	<b>0,338</b>	<b>-0,606</b>	-0,003	<b>0,076</b>	0	<b>0,056</b>	0,005
Saint Johns	-0,12	-0,004	-0,007	<b>-0,458</b>	-0,007	0,068	0,001	0,137	<b>-0,036</b>
San Carlos RSRV	<b>0,701</b>	0	0,311	-0,445	0,023	0,035	0,001	<b>0,134</b>	0,012
Snowflake	<b>0,433</b>	-0,043	<b>-0,033</b>	<b>-0,696</b>	1,555	0,089	<b>0</b>	<b>0,125</b>	<b>0,296</b>
Springerville	<b>1,266</b>	-0,019	0	0,036	<b>0,072</b>	0,072	-0,014	-0,001	<b>0,082</b>
Tacna 3 NE	<b>0,433</b>	0	<b>1,184</b>	<b>-0,577</b>	<b>0,057</b>	0,031	<b>0,107</b>	0,02	<b>-0,062</b>
Tombstone	<b>0,767</b>	-0,004	-0,089	0,215	0,01	0,046	-0,014	0,005	<b>0,046</b>
Tuba City	0,093	-0,166	<b>0,679</b>	-1,152	-0,071	<b>0,177</b>	<b>0,204</b>	<b>0,293</b>	-0,017
Tucson Intl AP	<b>0,812</b>	0	<b>0,706</b>	-0,139	0,032	0,042	<b>0,035</b>	0,039	0,012
Tumacacori	-0,356	0	<b>0,333</b>	-0,155	<b>-0,094</b>	-0,062	0,006	0,05	<b>-0,06</b>
Walnut Crees	<b>0,656</b>	-0,047	<b>0,017</b>	<b>-0,656</b>	0,008	<b>0,098</b>	<b>0,054</b>	<b>0,116</b>	0,017
Wikieup	0,622	0	0,065	0,037	-0,009	0,076	-0,021	-0,002	0,009
Willcox	<b>0,506</b>	-0,005	<b>0,262</b>	<b>-0,937</b>	-0,004	0,068	0,014	0,057	-0,023
Winslow AP	0,316	<b>-0,169</b>	0,017	-0,131	0,003	<b>0,142</b>	0,007	<b>0,105</b>	0,026
Wupatki NM	0,031	-0,044	<b>0,348</b>	-0,236	-0,022	0,04	-0,034	0,073	<b>-0,044</b>
Youngtown	<b>0,446</b>	0	<b>1,409</b>	<b>-0,373</b>	0,005	0,038	<b>0,076</b>	<b>0,1</b>	<b>-0,077</b>
Blythe	0,2	0	<b>0,585</b>	<b>-0,321</b>	-0,001	0,067	<b>0,048</b>	<b>0,113</b>	<b>-0,039</b>
Blythe AOS	<b>0,433</b>	0	0,24	<b>-0,179</b>	-0,01	0,058	0,01	<b>0,064</b>	0,009
Iron MTN	<b>0,423</b>	0	0,256	<b>-0,092</b>	<b>0,049</b>	0,07	-0,001	0,073	<b>0,027</b>
Needles	<b>0,442</b>	0	<b>0,534</b>	<b>-0,118</b>	0,025	<b>0,095</b>	<b>0,043</b>	<b>0,087</b>	-0,004
Parker RSVR	<b>0,392</b>	0	0,313	<b>-0,06</b>	0,013	<b>0,094</b>	0,028	<b>0,075</b>	0,009
Caliente	0,079	<b>-0,128</b>	0,021	<b>-0,598</b>	-0,005	0,057	0,005	0,125	-0,044
Desert NWR	0,223	-0,012	0,071	<b>-0,526</b>	0,019	0,08	0,004	<b>0,156</b>	-0,014
<b>Estações</b>	<b>DV</b>	<b>DG</b>	<b>NT</b>	<b>DF</b>	<b>TXx</b>	<b>TXn</b>	<b>TNx</b>	<b>TNn</b>	<b>ATD</b>
Elgin	-0,269	-0,074	-0,03	-0,711	0,095	0,157	-0,003	0,083	-0,06
Las Vegas AP	0,241	-0,003	<b>1,24</b>	<b>-0,681</b>	0	0,069	<b>0,087</b>	<b>0,174</b>	-0,082
Lund	0,361	-0,011	0,002	-0,247	0,031	0,016	0,036	0,014	0,005
Overton	0,04	0	1,006	0,611	0,02	-0,08	-0,061	-0,118	0,016
Pahrnagat WR	<b>0,594</b>	-0,039	0,085	<b>-0,744</b>	<b>0,052</b>	0,048	-0,019	0,079	0,004
Ruth	<b>0,462</b>	-0,099	0	<b>-0,566</b>	0,02	0,032	-0,018	0,023	0,027
Searchlight	0,029	-0,016	<b>0,672</b>	-0,19	0	0,012	0,002	<b>0,098</b>	<b>-0,051</b>
Animas 3 ESSE	0,303	-0,021	<b>0,582</b>	<b>-1,569</b>	-0,019	0,109	<b>0,052</b>	<b>0,219</b>	<b>-0,09</b>
Cliff 11 SE	-0,21	-0,019	-0,021	0,036	<b>-0,059</b>	0,054	-0,043	0,034	-0,005
Lordsburg 4 SE	<b>0,828</b>	-0,01	0,131	<b>-0,598</b>	0,042	<b>0,14</b>	0,001	0,032	0,03
Mimbres	<b>1,095</b>	-0,045	-0,007	<b>-0,89</b>	0,016	0,133	-0,047	0,18	0,02
Quemado	0,143	-0,011	0	-0,317	<b>-0,057</b>	0,049	0,029	0,093	0,015
Redrock 1 NNE	0,016	-0,01	<b>0,176</b>	<b>-0,501</b>	<b>-0,053</b>	0,068	0,018	0,018	<b>-0,04</b>
Reserve RS	0,626	0,054	0	<b>-1,574</b>	-0,048	-0,182	0	0,102	-0,022
White Signal	-0,415	-0,023	0,019	-0,466	-0,034	-0,002	0,046	0,061	<b>-0,058</b>
Zuni	<b>1,281</b>	<b>-0,085</b>	0,004	0,297	<b>0,075</b>	<b>0,125</b>	0,002	-0,045	<b>0,134</b>
Zion NP	<b>0,516</b>	-0,03	0,018	-0,09	<b>0,06</b>	0,049	0,007	<b>0,109</b>	<b>0,043</b>

Os valores destacados e em negrito apresentaram alta significância estatística ao nível de 5% ( $p \leq 0,05$ ), os apenas destacados apresentaram boa significância estatística ao nível de 10% ( $0,05 < p \leq 0,10$ ).



**Figura 2** - Distribuição temporal das tendências dos índices extremos de temperatura na Bacia hidrográfica do Baixo Rio Colorado. a) DV, b) DG, c) NT, d) DF, e) TXx, f) TXn, g) TNx, h) TNn e i) ATD.

maior que 20 °C. Os dias frios reduziram. Já os valores mínimos das temperaturas máxima e mínima aumentaram. Por outro lado, o valor máximo da temperatura máxima não indicou um padrão de tendência com significância estatística. O comportamento de temperatura, observado na BHBRC, pode ter relação com sistemas de circulação atmosférica que influenciam o clima local, como as altas subtropicais que atuam na região.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, L.V. et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research** **111**: D05109, 2006.
- BENKE, A. C.; CUSHING, C. E. *Rivers of North America*, Elsevier Press, p. 1-18. 2005.
- CANADIAN INTERNATIONAL DEVELOPMENT AGENCY. **RClimdex (0.9). User Manual**, 2004. 25 p
- FRICH, P. et al. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. **Climate Research**, v. 19, p. 193-212. 2002.
- HU, Y. et al. Trends in temperature and rainfall extremes in the Yellow River source region, China, **Climatic Change**, v. 110, n. 1-2, p. 403-429. 2012.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report**. 2007.
- MANTON, M. J. et al. Trends in Extreme daily Rainfall and Temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961 – 1998. **International Journal of Climatology**, v. 21, p. 269-284. 2001.
- MARENGO, J. A. et al. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960–2002. **International Journal of Climatology**, v. 28, p. 893-904. 2008.
- MORRISON, J. I.; POSTEL, S. L.; GLEICK, P. H. The Sustainable Use of Water in the Lower Colorado River Basin. **Pacific Institute for studies in development, environment, and security**, 1996.
- SANTOS, C. A. C. **Estimativa e tendências de índices de detecção de mudanças climáticas com base na precipitação diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba**. Dissertação de Mestrado, Campina Grande, 2006. 98f.: il.
- SANTOS, C. A. C.; NEALE, C. M. U.; RAO, T. V. R.; SILVA, B. B. Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation over Utah, USA. **International Journal of Climatology**, Published online in Wiley Inter Science. www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/joc.2205, 2010.
- SIEGEL, S; CASTELLAN, N. J. Jr. **Estatística não paramétrica para ciências do comportamento**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 448p.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. INMET: Brasília, 2000. 515p.
- ZHANG, X., YANG, F. **RClimDex (1.0) User Guide**. Climate Research Branch Environment Canada. Downsview (Ontario, Canada), 2004. 22p.
- ZHANG, X., et al. (2005), Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003, **Journal of Geophysical Research**, v. 110, D22104, doi:10.1029/2005JD006181.