



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

## تغییر پذیری اقلیم در شمال شرق برزیل

### چکیده

سری های زمانی ( دوره سالانه و فصل خشک و مرطوب) هشت متغیر اقلیمی برای درک وجود تغییرات اقلیمی در شمال شرق برزیل تحلیل شده اند. نتایج روند افزایشی عمومی را در بیشتر این متغیر ها ( معنی داری در سطح  $p > 0.01$  یا  $P > 0.05$ ) از طریق تست من کندال نشان داد. با این حال، رطوبت نسبی و بارندگی یک روند نزولی را نشان داد. مطالعه نشان داد که بیشتر ایستگاه های مطالعه شده تحت فرایند خشکی محیطی قرار گرفته اند. هم چنین نتایج نشان داد که تغییرات تاریخی می تواند مربوط به تغییرات اقلیمی در شمال شرق برزیل باشد که بر بخش ساحلی و نیمه خشک منطقه تاثیر می گذارد.

کلمات کلیدی: تبخیر و تعرق مرجع، تبخیر تشک کلاس A، بارندگی، دمای هوا، رطوبت نسبی، شاخص خشکی، روند

### 1-مقدمه

جنگل زدایی از طریق برش و آتش سوزی، استفاده نامناسب و تخریب خاک توسط انسان موجب کاهش کیفیت بخار آبی شده است که به اتمسفر از طریق فرایند تبخیر و تعرق بر می گردد ( سیلوا و همکاران 1998). مداخلات انسانی در محیط، یکی از بزرگ ترین دلایل فرایند تغییرات اقلیمی در چندین منطقه جهان می باشد. این پدیده پیچیده، که شامل فرایند های انسانی و طبیعی است، به عوامل زیادی بستگی داشته و یک سناریوی برگشت ناپذیر است (نیمر 1988).

تغییر اقلیم نتیجه فعالیت های انسان بر روی اکوسیستم هایی است که به سرعت تخریب می شوند ولی به کندی احیا می شوند و تنوع زیستی آن ها از بین می رود. تغییر اقلیم قویا بر فرایند بیابان زایی از طریق تاثیر بر روی پوشش گیاهی، خاک و چرخه هیدرولوژیک تاثیر دارد ( پریمنا و همکاران 1998). امروزه، یکی از بزرگ ترین مسائل موثر بر بشریت، تغییر اقلیم با اثرات غیر قابل پیش بینی بر روی منابع طبیعی به خصوص کیفیت و کمیت آب آشامیدنی است (OMM 1992).

در میان اثرات مستقیم تغییر اقلیم، تغییرات در دما، بارندگی و سرعت باد است (شوالم و اک 2001). با این حال، تغییر اقلیم و تغییر پذیری اقلیم بر اساس تحلیل متغیر های اقلیمی مختلف بررسی شده است. رایج ترین آن ها به شرح زیر است: تبخیر تشتک کلاس A، (بالیتنک و برازل 1987، کوهن و همکاران 2002)، شاخص خشکی (الگیب و عبدو 1997)، و تبخیر و تعرق مرجع (هاپت و وانکلوستر 2001، کیپکوپر 2002). در واقع، سری های زمانی بارندگی و دما در تحلیل تغییر پذیری اقلیمی استفاده می شوند. (الاگیب و مانزل 2000). اخیراً، پیش بینی سناریوی اقلیمی آینده منجر به انجام مطالعات زیادی شده است (سفتون و بورمن 1997، ارنل 1999، چانگ 2002، لاسچ و همکاران 2002) خشک سالی های که به طوردوره ای شمال شرق برزیل را متاثر ساخته اند، پدیده هایی می باشند که موجب بروز اثرات اجتماعی، اقتصادی و محیطی می شوند. جمعیت این منطقه از بی ثباتی اقلیمی و خشک سالی رنج می برند. اثرات اصلی خشک سالی شامل کاهش تولیدی محصول و کاهش عرضه آب به مناطق شهری و جوامع روستایی است.

اتمفسر شمال شرق برزیل دارای شرایط با ثباتی است که مانع از فرایند های همرفتی بزرگ مقیاس می شود که ناشی از سقوط سلول گردش والکر می باشد. آنتی سیکلون های اتلانتيك جنوبی منجر به ایجاد یک پایداری اتمسفری می شوند. اشفتگی های ناشی از شرق موجب ناپایداری و بارندگی می شوند. یک مکانیسم احتمالی برای وقوع خشک سالی های شدید در شمال شرق برزیل، ایجاد گردش های محلی مستقیم می باشد که شاخه صعودی آن در 10 درجه شمالی و شاخه نزولی آن در شمال شرق برزیل و منطقه اقیانوسی مجاوز می باشد. برخی از مطالعات نشان می دهند که ناهنجاری های دمایی سطح دریا در اقیانوس آرام و اتلانتيك مربوط به خشک سالی ها در شمال شرق برزیل است (مورا و شوکلو 1981، روکو و همکاران 1996).

بسیاری از محققان به بررسی تغییرات اقلیمی در مناطق مختلف دنیا پرداخته اند از جمله ایالات متحده (Brazel و Balling، 1987، Broyles و Comrie، 2002)؛ فیلیپین (خوزه و همکاران، 1996)؛ بحرین (Abdu و Elagib، 1997)؛ اروپا (Arnell، 1999، Velichko et al.، 2002)؛ کنیا (Kipkorir، 2002)؛ منطقه عرب (Abahussain et al.، 2002)؛ تایوان (؛ یو و همکاران، 2002)؛ اسرائیل (کوهن و همکاران، 2002)؛ و ایتالیا (Moonen، 2002). از سوی دیگر، نیمر (1988) و سیلوا و همکاران (1998) به بررسی

مسائل بیابان زایی و تغییرات بارندگی در برزیل پرداخته اند. با توجه به اهمیت تغییرات اقلیمی در دنیا، این مقاله به بررسی وقوع تغییر پذیری اقلیمی در شمال شرق برزیل به خصوص در منطقه نیمه خشک می پردازد.

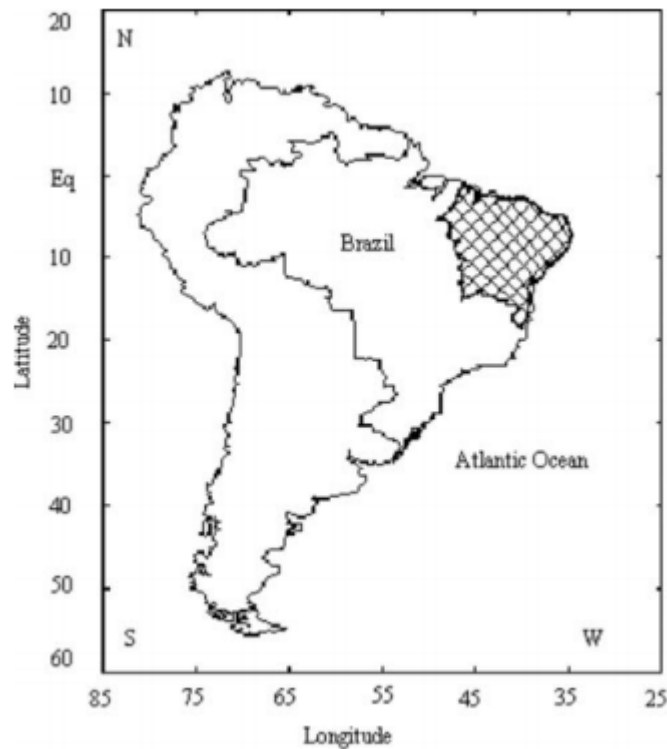
## 2- منطقه مورد مطالعه

### 1-2 توصیف محل

شمال شرق برزیل دارای مساحت برابر با حدود 1.5 میلیون کیلومتر مربع می باشد و از شرق و شمال به اقیانوس اتلانتیک منتهی می شود. بخش نیمه خشک این منطقه ، 60 درصد شمال شرق برزیل را شامل می شود. این منطقه توسط بیش از 30 میلیون نفر اشغال شده است و اقتصاد این منطقه بر اساس تولید محصولات دیم است. این منطقه تحت تاثیر فعالیت های انسانی بوده و دارای محیط نیمه خشک بسیاری است. به این ترتیب تغییرات زیاد در هر دو بارندگی مکانی و بین سالانه منجر به بروز مسائل زیادی می شود.

### 2-2 اقلیم، خاک و پوشش گیاهی

شمال شرق برزیل تحت تاثیر مکانیسم های بارش بزرگ مقیاس مختلف به دلیل مساحت زیاد و موقعیت خود از جمله موارد زیر است: منطقه همگرای حاره ای، جریانات سیکلونی هوا و جبهه های هوای سرد. این منطقه دارای سطح بارندگی کم و میزان تبخیر بالایی است. در عین حال، در مناطق نیمه خشک، بارندگی از نظر مکانی و زمانی به شدت متغیر است. شاخص های بارندگی پایین در شمال و شرق به خصوص در منطقه نیمه خشک ثبت شده است و بر اقتصاد محلی آسیب وارد کرده است.



شکل 1: نقشه امریکای جنوبی. شمال شرق برزیل با به صورت مخطط نشان داده شده است.

تقاضای تبخیر بالای این منطقه موجب تولید میزان تبخیر زیاد بیش از 10 میلی متر در روز می شود. انحراف میانگین از بارندگی در مقایسه با مقدار کلیماتولوژیک بیش از 25 درصد است. اقلیم ساحل منطقه گرم و مرطوب است در حالی که در منطقه نیمه خشک، داغ و خشک است.

فصل مرطوب در شمال شرق برزیل به طور کلی بین ژوئن و ژانویه وجود دارد و بین ژولای و دسامبر، فصل خشک وجود دارد. فصل بارانی مربوط به ماه مارس، آوریل و می است. تغییرات بارندگی سالانه از 1800 میلی متر در منطقه ساحلی تا کم تر از 400 میلی متر در مرکز NEB متغیر است. دمای میانگین سالانه بین 20.7 درجه و 27.4 درجه متغیر است، در حالی که دمای متوسط حداکثر می تواند به بیش از 33.8 درجه برسد.

جدول 1: ایستگاه هواشناسی و دوره ثبت حداکثر درجه حرارت هوا (Tmax)، حداقل دمای هوا (Tmin)، دمای هوا (Tmean)، رطوبت نسبی (Rh)، تشتک تبخیر کلاس A (A)، تبخیر و تعرق مرجع (ETo)، شاخص خشکی (

Ai) و بارندگی در شمال شرقی برزیل

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	دوره ثبت	فصل خشک	فصل مرطوب
(a) $T_{max}$ , $T_{min}$ , $T_{mean}$ , $R_h$ , $E_p$ , $ET_o$ and $A_i$						
Fortaleza	03°44'	38°32'	26	1961-1990	Jun/Nov	Dec/May
Sobral	03°42'	40°21'	75	1961-1990	Jul/Dec	Jan/Jan
Guaramiranga	04°17'	39°00'	872	1961-1997	Jul/Dec	Jan/Jan
Crateus	05°11'	40°40'	275	1964-1993	Jul/Dec	Jan/Jan
Quixeramobim	05°12'	39°18'	187	1961-1991	Jul/Dec	Jan/Jan
Apodi	05°40'	37°48'	305	1964-1993	Jul/Dec	Jan/Jan
Tauá	06°01'	40°26'	356	1964-1993	Jul/Dec	Jan/Jan
Florânia	06°07'	36°49'	210	1963-1993	Jul/Dec	Jan/Jan
São Gonçalo	05°20'	38°44'	120	1961-1990	Jul/Dec	Jan/Jan
Campos Sales	07°04'	40°23'	551	1964-1993	Jun/Nov	Dec/May
Picos	07°04'	41°28'	195	1966-1997	May/Oct	Nov/Apr
João Pessoa	07°07'	34°53'	5	1961-1997	Sep/ Feb	Mar/ Aug
Campina Grande	07°13'	35°52'	508	1961-1990	Aug/Jan	Feb/ Jul
Triunfo	07°50'	38°07'	1010	1961-1990	Jun/Nov	Dec/May
Surubim	07°50'	35°45'	380	1961-1995	Aug/Jan	Feb/ Jul
Monteiro	07°53'	37°07'	590	1964-1993	Jul/Dec	Jan-Jun
Recife	08°02'	34°53'	4	1962-1997	Sep/ Feb	Mar/ Aug
Floresta	08°36'	38°35'	317	1961-1990	May/Oct	Nov/Apr
Petrolina	09°23'	40°30'	376	1970-2001	May/Oct	Nov/Apr
(b) <i>Rainfall</i>						
Terezina	05°05'	41°24'	250	1913-1990	Jul/Dec	Jan/Jan
Quixeramobim	—	—	—	1911-1988	—	—
Tauá	—	—	—	1912-1990	—	—
Amarante	06°15'	42°51'	72	1911-1990	May/Oct	Nov/Apr
Catolé do Rocha	06°21'	37°45'	250	1911-1990	Jul/Dec	Jan/Jan
Campina Grande	—	—	—	1912-1990	—	—
Jaicos	07°22'	41°08'	255	1911-1990	May/Oct	Nov/Apr
Recife	—	—	—	1911-1990	—	—
Paulistana	08°05'	41°08'	375	1912-1990	May/Oct	Nov/Apr
S.R. Nonato	09°01'	42°41'	386	1910-1990	May/Oct	Nov/Apr
Petrolina	—	—	—	1911-1989	—	—
Mocambo	10°33'	37°38'	206	1912-1990	Sep/Feb	Mar/ Aug
Jacobina	11°10'	40°31'	460	1911-1990	May/Oct	Nov/Apr
Castro Alves	12°46'	39°25'	265	1915-1990	Jul/Dec	Jan/Jan

### 3- مواد و روش ها

این مطالعه به تحلیل سری های زمانی دوره ثبت حداکثر درجه حرارت هوا ( $T_{max}$ )، حداقل دمای هوا ( $T_{min}$ )، دمای هوا ( $T_{mean}$ )، رطوبت نسبی ( $R_h$ )، تشتک تبخیر کلاس A ( $A$ )، تبخیر و تعرق مرجع ( $ET_o$ )، شاخص خشکی ( $A_i$ ) و بارندگی در شمال شرقی برزیل می پردازد. متغیر های اقلیمی دیگر در پنج ایستگاه از 14 ایستگاه تحلیل شدند. سرعت متوسط باد در ارتفاع 2 متری، ماکزیمم و مینیمم دمای هوا، رطوبت نسبی و ساعات افتابی برای بدست آوردن شاخص خشکی و تبخیر و تعرق مرجع استفاده شد. رگرسیون خطی حداقل مربعات برای ارزیابی شیب افزایشی یا کاهششی در متغیر های اقلیمی استفاده شد. این از طول داده 30 ساله یا 37 سال استفاده می کند به جز این که سری های زمانی بارندگی 80 سال بوده است. ر طبق استورات 1988، این نیازمند 30 سال داده اقلیمی برای تحلیل دقیق روند های اقلیمی در منطقه حاره ای می باشد.

### 3-1 شاخص خشکی

شاخص خشکی ماهانه ایستگاه های مطالعه شده بر طبق معادله زیر بدست آمد

$$A_i = \frac{(ET_o)_{obs}}{(ET_o)_{T_{dew}}} - 1, \quad (1)$$

که  $(ET_o)_{obs}$  و  $(ET_o)_{T_{dew}}$ . اشاره به به ترتیب تبخیر و تعرق مرجع بر اساس رطوبت نسبی و دمای نقطه شبنم دارد. برای همین دوره، دمای حداقل هوا به عنوان برآورد  $T_{dew}$  استفاده شد. این شاخص بر اساس این دیدگاه است که هوا در دمای حداقل اشباع نمی شود. تفاوت بین  $T_{min}$  و  $T_{dew}$  به 2 یا 3 درجه می رسد. در صورتی که این تفاوت اندک باشد،  $A_i$  صفر می شود، در غیر این صورت، مقدار متفاوت از صفر است. از این روی، مقدار  $A_i$  بزرگ تر از صفر نشان دهنده خشکی محیط و کم تر از صفر نشان دهنده رطوبت محیط است.

جدول 2: سری های زمانی متغیر های اقلیمی ایستگاه ها در شمال شرق برزیل

Station	$T_{max}$ (°C)			$T_{min}$ (°C)			$T_{mean}$ (°C)			$R_h$ (%)			$E_v$ (mm)			$ET_o$ (mm)			$A_i$ (adimensional)		
	$\sigma$	$\mu$	Trend (°C year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (°C year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (°C year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (% year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend mm year <sup>-1</sup>	$\sigma$	$\mu$	Trend mm year <sup>-1</sup>	$\sigma$	$\mu$	Trend annual
Fortaleza	0.39	30.1	0.018*	0.40	23.6	0.025**	0.34	26.7	0.015*	2.90	78.7	0.06	19.8	123.2	0.29	0.33	4.66	0.003	0.04	0.04	0.001
Sobral	0.99	33.4	-0.010	0.85	22.3	0.041**	0.63	27.1	0.007	6.15	68.7	-0.08	18.9	057.2	1.45*	0.66	5.20	0.027**	0.06	0.01	0.002*
Guaramiranga	0.88	25.4	-0.014	0.73	17.8	0.057**	0.40	20.7	0.002	3.61	85.8	-0.12	43.1	152.8	2.51**	0.28	3.16	0.001	0.07	-0.08	0.001
Crateus	0.94	32.8	0.032**	0.71	21.6	0.019*	0.99	26.7	0.032**	6.04	61.8	-0.11	63.1	255.5	4.34**	0.54	5.68	0.014	0.07	0.09	0.002*
Quixeramobim	0.78	32.5	0.017*	0.45	22.7	0.009	0.66	26.8	0.030**	4.26	64.9	-0.04	46.2	173.8	1.36*	0.53	5.79	0.021*	0.05	0.11	0.001
Apodi	0.73	33.9	0.032**	0.55	22.8	0.026**	0.61	27.4	0.036**	3.65	66.9	-0.20*	32.6	186.5	0.80	0.43	5.56	0.028**	0.04	0.02	0.002*
Tauá	0.73	31.9	0.018*	0.77	21.3	0.044**	0.99	25.9	0.063**	6.56	61.3	-0.39*	55.4	215.8	2.23**	0.49	5.38	0.005	0.08	0.10	0.004**
Florânia	1.36	31.9	0.048**	0.74	21.1	0.050**	0.75	26.1	0.031**	3.72	64.2	-0.02	49.1	210.0	2.11**	0.48	5.75	-0.011	0.05	0.07	0.001
São Gonçalo	0.56	32.8	-0.012	0.55	21.1	0.049**	0.47	26.6	0.016*	3.89	61.1	-0.30**	39.4	186.2	2.91**	0.54	5.61	0.043**	0.05	0.06	0.005**
Campos Sales	0.97	30.8	0.001	0.71	20.0	0.015*	0.94	24.7	0.008	7.52	63.9	-0.26*	76.5	225.7	1.87*	0.53	5.72	0.004	0.08	0.07	0.004**
Picos	1.15	32.3	0.032**	3.65	20.7	0.027**	1.31	26.4	0.023*	7.46	68.7	-0.24*	45.7	134.2	0.06	0.56	4.69	0.001	0.06	0.01	0.002*
João Pessoa	0.33	29.2	0.016*	0.64	22.9	0.044**	0.47	26.2	0.023*	2.41	77.1	-0.13*	44.2	136.4	2.54**	0.44	4.24	0.018*	2.78	-0.47	0.005**
Campina Grande	0.67	27.7	0.057**	0.83	19.2	0.077**	0.48	22.6	0.048**	3.07	80.7	-0.28*	25.7	123.1	-0.46	0.31	3.95	0.032**	0.04	-0.08	0.003*
Triunfo	0.67	26.3	-0.012	0.34	16.8	0.008	0.47	21.1	0.007	3.48	73.1	-0.10	23.6	124.7	1.02*	0.26	4.17	0.005	0.04	-0.02	0.002*
Surubim	0.64	29.3	0.011	0.40	19.7	0.011	0.32	23.7	-0.005	2.91	75.4	0.09	25.5	151.3	-0.15	0.37	4.23	0.019*	0.04	-0.05	-0.002*
Monteiro	0.80	30.4	0.024*	0.61	18.1	0.049**	0.44	23.7	0.025**	3.81	68.9	-0.23*	22.9	197.9	0.39	0.35	4.70	0.022*	0.03	-0.04	0.003*
Recife	0.29	29.1	0.016*	0.54	21.9	0.029**	0.30	25.5	0.021*	1.04	79.6	-0.03	36.3	115.7	2.43**	0.18	4.21	0.005	0.02	-0.01	0.001
Floresta	1.08	32.8	-0.05**	0.46	20.6	0.034**	0.79	26.5	-0.012	4.17	61.8	-0.10	39.5	176.9	1.51*	0.36	5.16	-0.010	0.04	0.03	0.003*
Petrolina	0.94	31.9	0.033*	0.85	20.6	0.028**	0.89	26.2	-0.021	5.17	65.7	0.14*	20.1	225.5	-0.33	0.39	4.97	-0.008	0.04	0.03	-0.001

### 3-2 تبخیر و تعرق مرجع

تبخیر و تعرق مرجع ماهانه بر اساس رطوبت نسبی  $(ET_o)_{obs}$  و دمای نقطه شبنم  $(ET_o)_{dew}$  با روش پنمن مونتت بدست آمد. از این روی با در نظر گرفتن ارتفاع مرجع گیاه 0.12 متر، یک مقاومت سطحی ثابت 70 ثانیه و ضریب بازتاب حرارتی 23 درصد،  $ET_o$  با معادله زیر بدست آمد

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma(900U_2/T + 273)(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (2)$$

که  $ET_o$  تبخیر و تعرق گیاه مرجع،  $\Delta$  منحنی فشار بخار شیب،  $R_n$  تابش خالص،  $G$  جریان حرارتی خاک،  $T$  دمای متوسط در ارتفاع 2 متر،  $\gamma$  ثابت سایروماتیک،  $U_2$  سرعت باد و  $e_s - e_a$  افت فشار بخار برای اندازه گیری در ارتفاع 2 متر است. سازمان خوار و بار جهانی روش پنمن مونتتیت را روشی استاندارد برای برآورد تبخیر و تعرق مرجع مطرح کرده است.

### 3-3 تشخیص روند

روش من کندال توسط سازمان هواشناسی جهان برای ارزیابی روند در سری های زمانی داده های محیطی پیشنهاد شده است. این تست شامل مقایسه مقدار سری های زمانی با سایرین می باشد. تعداد دفعات بزرگ تر از تحلیل می باشد. آماره S مجموع همه مقادیر است:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_i - x_j), \quad (3)$$

که  $\text{sign}(x_i - x_j)$  به صورت زیر است

$$\begin{aligned} -1 & \text{ for } x_i - x_j < 0, \\ 0 & \text{ for } x_i - x_j = 0, \\ 1 & \text{ for } x_i - x_j > 0. \end{aligned}$$

آماره S برای N بزرگ نرمال تر است و مقدار میانگین و واریانس به صورت زیر است:

$$E[S] = 0, \quad (4)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right], \quad (5)$$

که n طول سری های زمانی،  $t_p$  تعداد پیوند ها برای pمین مقدار و q تعداد مقادیر مربوطه است. دومین جمله تعدیل داده ها می باشد. Z با معادله زیر بدست می آید

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0, \\ 0 & \text{if } S = 0, \\ \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0. \end{cases} \quad (6)$$

حضور یک روند معنی دار آماری با استفاده از مقدار Z ارزیابی می شود. این آماره برای تست فرض صفر استفاده می شود به طوری که هیچ روندی وجود ندارد. مقدار Z مثبت نشان دهنده یک روند افزایشی در سری های زمانی است در حالی که یک Z منفی نشان دهنده رود کاهشی است. به این ترتیب امکان دست یابی به برآورد غیر پارامتری برای بزرگی شیب وجود دارد



$$\beta = \text{Median} \left[ \frac{(X_j - X_i)}{(j - i)} \right] \text{ for all } i < j, \quad (7)$$

که شیب نقاط داده های  $X_i$  و  $X_j$  می باشد که در زمان های  $i$  و  $j$  اندازه گیری می شود.

#### 4- نتایج و بحث

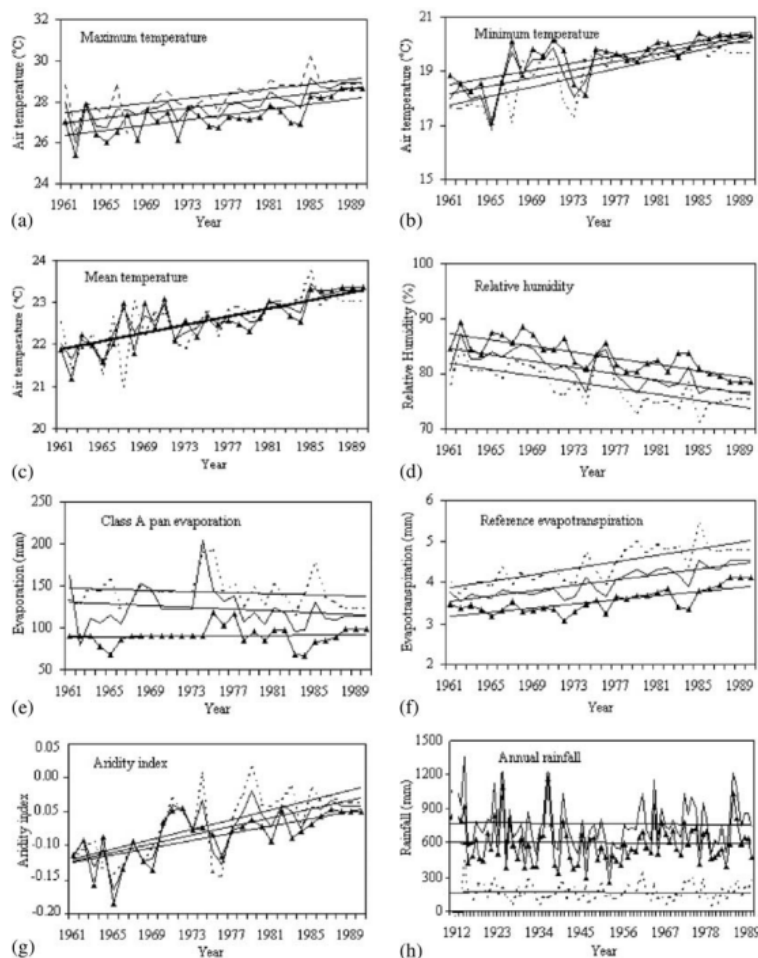
انحراف معیار، میانگین و دمای متوسط، حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی، تأخیر تشتک کلاس A، تأخیر و تعرق مرجع و شاخص خشکی در جداول 2-4 نشان داده شده است. سری های زمانی دمای هوا در شمال شرق برزیل برای سه دوره در روند افزایشی نشان داده شده است. با این حال برخی ایستگاه ها روند کاهشی را نشان می دهند. همه سری های زمانی دمای هوا در این ایستگاه روند آماری معنی دار را نشان داده اند. با این حال بیشترین روند در دمای هوای حداقل در طی فصل خشک بود. این روند متناظر با افزایش 2.7 درجه ای در دوره کل و 14.28 درصد دمای حداقل متوسط است. افزایش دما در کل دوره برابر با 1.71 درجه می باشد. روند رفتار زمانی در شکل 2 پ نشان داده شده است.

جدول 3: سری های زمانی متغیر های اقلیمی ایستگاه ها در شمال شرق برزیل فصل خشک

Station	$T_{max}$ (°C)			$T_{min}$ (°C)			$T_{mean}$ (°C)			$R_h$ (%)			$E_v$ (mm)			$ET_o$ (mm)			$A_i$ (adimensional)		
	$\sigma$	$\mu$	Trend (°C year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (°C year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (°C year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (% year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (mm year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (mm year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend annual
Fortaleza	0.45	30.1	0.030**	0.39	23.4	0.029**	0.34	26.5	0.024*	3.15	76.1	0.08	20.7	146.7	0.74	0.31	5.1	0.004	0.05	0.06	0.001
Sobral	0.88	34.9	-0.03**	0.95	22.3	0.032**	0.65	27.7	-0.009	5.37	60.6	-0.04	24.8	76.2	1.77*	0.91	6.0	0.044**	0.06	0.06	0.003*
Guaramiranga	0.93	26.1	-0.016*	0.77	17.4	0.059**	0.48	20.5	0.001	3.88	82.4	-0.12	49.4	203.2	2.22**	0.33	3.5	0.006	0.06	-0.08	0.001
Crateus	0.78	34.1	0.032**	0.89	21.8	0.029**	0.86	27.6	0.027**	4.36	49.7	-0.20*	57.5	347.2	4.82**	0.59	6.9	0.016*	0.08	0.19	0.002*
Quixeramobim	0.63	33.5	0.011	0.51	22.6	0.011	0.68	27.1	0.022*	4.41	56.8	0.067	53.6	232.3	1.23*	0.62	6.8	0.008	0.07	0.18	0.001
Apodi	0.89	34.4	-0.003	0.65	22.4	0.031**	0.67	27.4	0.017*	4.61	63.1	-0.05	32.4	219.7	0.30	0.38	5.8	0.009	0.04	0.02	0.001
Tauá	0.58	32.9	0.008	1.04	21.2	0.070*	1.06	26.5	0.079**	6.85	53.0	-0.61**	62.7	260.6	4.15**	0.63	6.2	0.009	0.09	0.16	0.005**
Florânia	1.42	32.5	0.056**	0.84	20.9	0.060**	0.92	26.2	0.046**	3.68	58.6	0.02	57.7	261.4	2.03**	0.52	6.5	-0.022*	0.05	0.12	0.001
São Gonçalo	0.54	33.8	-0.015*	0.68	20.9	0.057**	0.49	27.1	0.017*	3.71	53.7	-0.30**	44.8	231.5	2.79**	0.72	6.3	0.053**	0.06	0.11	0.006**
Campos Sales	0.91	31.5	0.009	0.85	19.7	0.026**	9.30	56.1	-0.46**	9.30	56.1	-0.46**	136.9	297.8	1.54*	0.84	6.4	0.009	0.11	0.12	0.004**
Picos	0.81	34.4	0.023*	0.85	20.8	0.036*	0.81	27.5	0.031*	5.02	50.6	-0.25*	48.9	270.1	-0.39	0.61	6.3	0.011	0.07	0.13	0.002*
João Pessoa	0.38	29.6	0.009	0.71	23.6	0.052**	0.52	26.7	0.025**	3.01	73.9	-0.10	46.0	158.3	2.71**	0.60	4.6	0.022*	0.17	0.09	0.001
Campina Grande	0.80	28.3	0.060**	0.980	18.9	0.092**	0.615	22.5	0.053**	3.568	77.9	-0.30**	19.7	143.6	-0.11	0.43	4.4	0.043**	0.05	-0.07	0.004**
Triunfo	0.94	26.9	0.067**	0.60	16.3	0.052**	0.89	21.2	0.079**	5.37	68.6	-0.33**	37.1	157.2	2.48**	0.44	4.5	0.028**	0.05	-0.01	0.004**
Surubim	0.72	29.9	0.012	0.64	19.6	0.001	0.43	23.8	-0.009	2.83	73.3	0.09	27.3	178.8	-0.24	0.43	4.7	0.020*	0.04	-0.04	-0.002*
Monteiro	0.59	30.9	0.002	0.74	17.5	0.054**	0.48	23.7	0.023*	4.12	65.1	-0.24*	26.2	234.0	0.49	0.42	5.1	0.022*	0.05	-0.03	0.004**
Recife	0.37	29.7	0.014	0.64	22.1	0.038**	0.37	26.0	0.024*	1.49	75.8	-0.04	52.1	144.9	2.89**	0.23	4.9	0.002	0.03	0.03	0.001
Floresta	0.89	31.4	-0.006	0.56	19.3	0.047**	0.65	25.1	0.024*	4.10	62.8	-0.22*	42.3	176.0	1.75*	0.44	4.8	-0.007	0.05	0.02	0.005**
Petrolina	0.80	31.4	0.050*	0.89	19.6	0.033**	0.95	25.4	-0.029**	6.11	63.8	0.13*	21.2	230.5	-0.49	0.44	4.9	-0.006	0.07	0.03	-0.002*

جدول 4: سری های زمانی متغیر های اقلیمی ایستگاه ها در شمال شرق برزیل (فصل مرطوب)

Station	$T_{max}$ (°C)			$T_{min}$ (°C)			$T_{mean}$ (°C)			$R_h$ (%)			$E_v$ (mm)			$ET_o$ (mm)			$A_i$ (adimensional)		
	$\sigma$	$\mu$	Trend (°C year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (°C year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (°C year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (% year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (mm year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (mm year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend annual
Fortaleza	0.46	30.2	0.010	0.47	23.9	0.023*	0.43	26.8	0.013	3.40	81.3	-0.03	25.4	101.5	0.22	0.44	4.30	0.008	0.05	0.01	0.002*
Sobral	1.08	32.0	-0.019*	0.85	22.4	0.037**	0.67	26.6	0.003	6.38	76.3	-0.09	17.2	39.1	1.07*	0.55	4.35	0.010	0.07	-0.03	0.001
Guaramiranga	0.79	24.7	-0.003	0.75	18.3	0.056**	0.33	20.7	0.005	3.55	88.9	-0.10	38.5	101.3	1.46*	0.29	2.82	-0.003	0.08	-0.08	-0.001*
Crateus	1.28	31.3	0.059**	0.72	21.5	-0.005	1.01	25.6	0.032**	7.36	73.4	-0.14*	61.1	151.3	2.16**	0.61	4.49	0.012	0.08	-0.01	0.002*
Quixeramobim	0.93	31.4	0.029**	0.49	22.7	0.005	0.72	26.3	0.036**	5.03	72.7	-0.14*	42.5	118.5	1.23*	0.59	4.76	0.038**	0.05	0.04	0.001
Apodi	1.08	33.2	0.051**	0.46	23.3	0.009	0.72	27.2	0.039**	5.06	71.8	-0.28*	37.1	139.5	1.17*	0.57	5.01	0.038**	0.04	0.02	0.002*
Tauá	1.07	30.8	0.037**	1.06	21.1	0.023*	1.06	25.2	0.045**	8.21	69.7	-0.20*	53.6	151.4	1.41*	0.62	4.55	0.001	0.10	0.03	0.002*
Florânia	1.42	31.3	0.068**	0.77	21.4	0.040**	0.77	25.8	0.035*	5.35	69.6	-0.07	52.7	157.6	2.58**	0.60	4.95	0.001	0.07	0.03	0.001
São Gonçalo	0.66	31.9	-0.006	0.50	21.3	0.040**	0.52	26.1	0.016*	4.93	68.3	-0.30**	42.1	140.5	3.07**	0.47	4.89	0.034**	0.05	0.02	0.004**
Campos Sales	1.14	30.2	0.040**	0.70	20.3	0.020*	0.97	24.4	0.031**	5.96	71.6	-0.34**	59.3	154.7	3.25**	0.61	5.03	0.014	0.08	0.02	0.005**
Picos	0.88	33.3	0.030**	0.60	22.5	0.033**	1.25	27.3	0.037**	6.77	65.6	-0.32**	40.5	152.8	1.69*	0.50	5.19	0.011	0.06	0.04	0.003*
João Pessoa	0.47	28.8	0.024*	0.66	22.1	0.038**	0.69	25.7	0.023*	2.92	80.0	-0.13*	26.8	109.8	1.99*	0.49	3.93	0.015*	5.55	-1.02	0.006**
Campina Grande	0.75	27.2	0.060**	0.82	19.4	0.068**	0.55	22.5	0.050**	2.82	83.4	-0.26*	14.6	89.7	0.12	0.25	3.51	0.021*	0.03	-0.09	0.003*
Triunfo	1.14	25.7	-0.09**	0.53	17.2	-0.036**	0.79	20.9	-0.062**	4.30	77.5	0.10	25.4	92.8	-1.12*	0.36	3.80	-0.017*	0.04	-0.04	0.001
Surubim	0.69	28.8	0.006	0.42	19.9	0.007	0.40	23.5	-0.004	3.40	77.7	0.13*	18.9	113.1	0.08	0.37	3.77	0.017*	0.05	-0.06	-0.002*
Monteiro	1.27	29.9	0.059**	0.68	18.7	0.047**	0.66	23.7	0.036**	4.29	72.8	-0.24*	33.1	158.4	1.02*	0.35	4.28	0.022*	0.03	-0.04	0.001
Recife	0.37	28.6	0.020*	0.38	21.9	0.011	0.33	25.0	0.019*	1.41	83.3	-0.04	25.5	87.4	1.99*	0.17	3.53	0.008	0.02	-0.05	0.001
Floresta	0.86	33.9	-0.05**	0.45	21.9	0.026**	0.62	27.5	-0.006	4.74	60.7	0.01	39.2	178.2	1.57*	0.36	5.49	-0.011	0.04	0.05	0.001
Petrolina	1.36	32.6	0.025*	1.04	21.7	0.023*	1.08	26.9	-0.008	4.88	67.2	0.11	22.6	222.7	-0.13	0.45	5.11	-0.003	0.05	0.02	0.001



شکل 2: روند متغیر های اقلیمی ایستگاه کامپینا. خطوط ممتد روند میانگین سالانه، خط چین روند میانگین

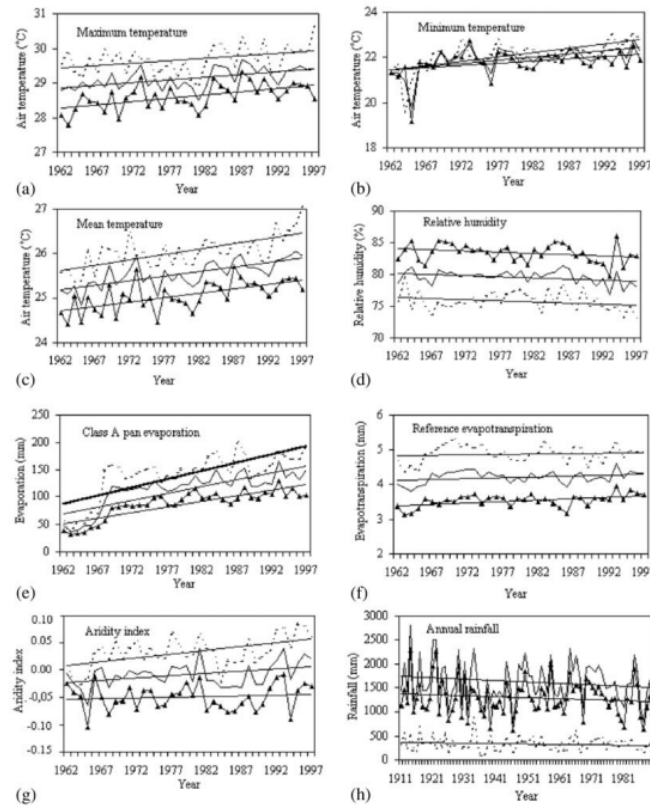
فصل خشک و مثلث روند زمانی فصل مرطوب را نشان می دهد.

رطوبت هوای نسبی در شمال شرق برزیل یک رفتار نزولی را در همه دوره های تحلیل شده نشان داده و از نظر آماری معنی دار بود. با این حال، بر عکس بیشتر ایستگاه ها، یک افزایش در رطوبت نسبی در ایستگاه پترولینا در دوره سالانه وس ری های زمانی فصل خشک مشاهده شد. هم چنین یک افزایش در رطوبت نسبی در

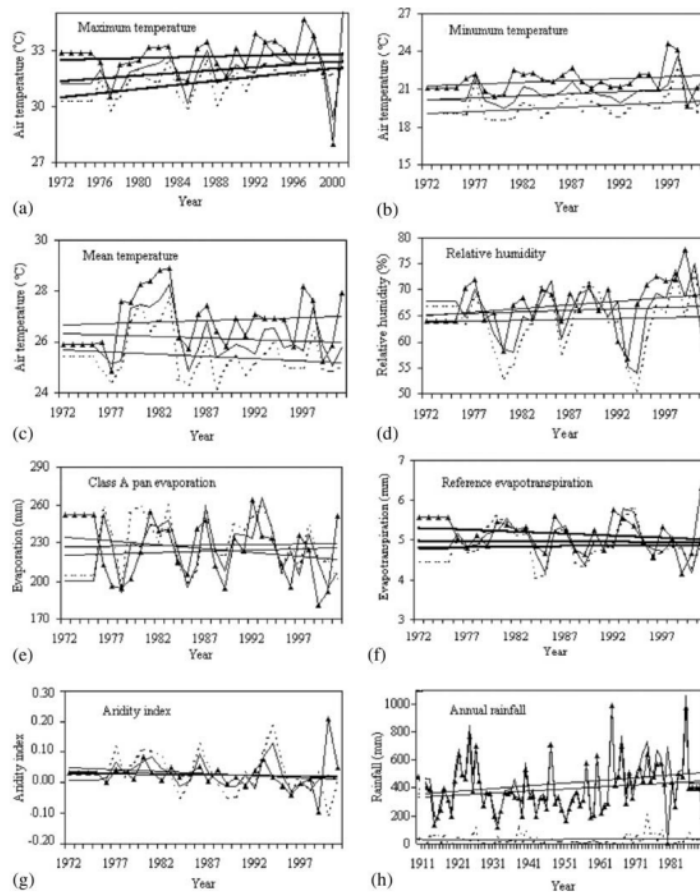
فصل مرطوب ولی غیر معنی دار وجود داشت. رفتار معکوس متغیر های اقلیمی در ایستگاه پترولینا در مقایسه با ایستگاه های دیگر مربوط به توسعه زمین های زراعتی آبی می باشد. حجم زیادی از آب در معرض اتمسفر با فرایند ابیاری در این منطقه به وسیله اتمسفر مرطوب نگه داشته شده است. در طی دوره مطالعه شده، حداقل دمای هوا نزدیک به دمای نقطه شبنم بوده است.

بیشتر ایستگاه های مطالعه شده A1 یک روند افزایشی را نشان داده و بسیاری از آن ها از نظر آماری روند معنی دار را نشان دادند. این نتایج نشان می دهد که این ایستگاه ها تحت فرایند خشکی ناشی از تغییر اقلیم قرار می گیرند. الاکگیب عبدو (1997) نشان داده اند که شاخص لاین با افزایش بارندگی در بحرین، افزایش یافت.

عملکرد دمای متوسط و رطوبت نسبی از نظر فیزیکی در ایستگاه های مورد مطالعه ثابت است. اگرچه رطوبت نسبی کاهش یافت تبخیر تشنگت کلاس A، تبخیر و تعرق مرجع و شاخص خشکی یک روند افزایشی را در همه ایستگاه ها نشان داد. بالیتک و برازل (1987) شواهدی مبنی بر افزایش تبخیر تشنگی محلی را در همه ماه های سال در فونیکس اریزونا یافتند. روند کاهشی در رطوبت نسبی در فصل خشک در ایستگاه کامپوس سیل بالا بود. یک کاهش 0.46 درصد در سال در کل دوره مطالعه شده مشاهده شد. تبخیر تشنگت کلاس A یک روند افزایشی را در بیشتر ایستگاه نشان داده است. قوی ترین روند 4.82 میلی متر در سال در طی فصل خشک در ایستگاه کاتروس شناسایی شد. این روند در طی دوره تحلیل شده با افزایش 144 میلی متر یا 41.6 درصد میانکین اقلیم شناسی همراه بود.



شکل 3: روند تغییرات متغیرهای اقلیمی در ایستگاه رسیف. خط پیوسته نشان دهنده روند متوسط سالانه، خط چین نشان دهنده روند متوسط فصل خشک و مثلث نشان دهنده فصل مرطوب است.



شکل 4: روند تغییرات متغیر های اقلیمی در ایستگاه پترولینا. خط پیوسته نشان دهنده روند متوسط سالانه، خط چین نشان دهنده روند متوسط فصل خشک و مثلث نشان دهنده فصل مرطوب است. هم چنین شمال شرق برزیل یک روند افزایشی را در تبخیر و تعرق مرجع در همه ایستگاه ها نشان داده است. بر طبق گفته الن و همکاران ، ETO یک متغیر اقلیمی بوده و قدرت تبخیر اتمسفر را در مکان و زمان خاص نشان می دهد. از این روی قدرت تبخیر یهوا در اتمسفر در شمال شرق برزیل به صورت افزایشی است.  $ET_0$  در ایستگاه سائو کانکلو یک روند افزایشی را در دوره سالانه و فصل خشک و مرطوب نشان داد. این روند 0.053 میلی متر در سال در فصل خشک بود.

این مقدار متناظر با افزایش 1.59 میلی متر در دوره مطالعه شده و تا 25.2 درصد میانگین اقلیمی است. کوهن و همکاران 2002 گزارش کرده اند که تبخیر تشتکی سالانه در بت داگان اسراییل افزایش یافت. جدول 5 ابعاد اماری بارندگی را در شمال شرق برزیل نشان می دهد. میانگین سالانه بارندگی 1000 میلی متر در ایستگاه های ساحلی است. مقدار کل سالانه ایستگاه های نیمه خشک کم تر از 800 میلی متر است. انحراف معیار بارندگی در شمال شرق برزیل بسیار بالاست. بیشتر بارندگی در فصل مرطوب متمرکز است و به 94 درصد کل می رسد. رفتار زمانی کل بارندگی در ایستگاه ها یک روند کاهشی را نشان می دهد. تغییرات در تعداد کمی از ایستگاه ها معنی دار است. شکل 3 یک روند کاهشی را در بارندگی سالانه نشان می دهد. این روند متناظر با کاهش 103.7 میلی متر در دوره مطالعاتی یا 6.4 درصد میانگین کلیماتولوژیکی است.

جدول 5: سری های زمانی کل سالانه بارندگی در شمال شرق برزیل (فصل خشک و مرطوب)

ایستگاه	سالانه			فصل خشک			فصل مرطوب		
	$\sigma$	$\mu$	Trend (mm year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (mm year <sup>-1</sup> )	$\sigma$	$\mu$	Trend (mm year <sup>-1</sup> )
Terezina	579.5	1299.7	-0.691	142.2	193.4	0.279	489.4	1106.4	-0.970
Quixeramobim	295.9	767.5	1.159	47.8	68.0	0.249	290.2	699.5	0.910
Tauá	230.2	624.9	-0.769	53.0	73.9	-0.237	228.9	551.0	-0.532
Amarante	640.7	1474.0	-1.215	143.1	188.4	-0.278	556.1	1285.6	-0.937
Catolé do Rocha	501.3	896.9	-0.682	61.8	66.8	0.257	476.0	830.1	-0.938
Campina Grande	230.2	772.7	-0.199	76.5	172.1	-0.096	208.4	600.6	-0.104
Jaicós	211.8	695.0	-0.393	37.6	54.2	-0.168	205.5	641.5	-0.223
Recife	486.0	1623.7	-2.881*	166.5	336.9	-0.866	401.1	1286.8	-2.014*
S.R. Nonato	191.5	691.0	0.279	58.9	63.1	-0.058	180.8	627.9	0.337
Petrolina	149.6	392.9	2.174*	32.4	33.0	0.088	145.3	360.0	2.073*
Mocambo	281.5	698.0	-1.911	112.0	194.1	-0.710	215.4	503.9	-1.201
Jacobina	313.1	1016.7	-3.979**	114.8	373.1	-2.313*	257.7	643.6	-1.666
Castro Alves	191.6	917.0	-3.803**	157.6	483.4	-1.791	140.2	521.1	-2.012*
Paulistana	173.4	604.8	-0.671	31.5	34.0	-0.056	172.5	570.8	-0.615

مقدار آماره های واریانس و سطح معنی داری متناظر با متغیر های اقلیمی تحلیل شده در این مطالعه در جدول های 6-9 نشان داده شده است. در برخی از موارد،  $VAR(S)$  دارای مقدار یکسانی است به خصوص زمانی که سری های زمانی دارای طول یکسانی می باشند. مقدار مثبت و منفی آماره های  $S$ ، شاخص های روند کاهشی و افزایشی است. افزایش مقدار  $P$  تابعی از آماره های کاهش  $S$  می باشد. به عنوان مثال، ماکزیمم دما در ایستگاه کامپوس سیلز، آماره های  $S=5$  و  $P=0.9442$  را نشان داد. بر این اساس سطح معنی داری، نشان دهنده جهت و بزرگی روند است. از سوی دیگر، یو و همکاران (2002) نشان داده است که قدرت تست من کندال یک تابع افزایشی از شیب مطلق می باشد. برای سطح معنی داری، سایر سری های زمانی، معنی داری اماری را در فصل خشک نشان می دهند. هم چنین جدول 9 نشان می دهد که روند بارندگی در ماکامبو برای دوره های سالانه و فصل خشک نزدیک به منطقه رد فرض صفر است.

## 5- جمع بندی و نتیجه گیری

این مطالعه به بررسی تغییرات اقلیمی در شمال شرق برزیل بر اساس حداکثر، حداقل و دمای متوسط، رطوبت دمای نسبی، تبخیر تشتک کلاس A ف تبخیر و تعرق مرجع، شاخص خشکی و بارندگی پرداخت. سری های زمانی ( دوره سالانه و فصل خشک و مرطوب) هشت متغیر اقلیمی برای درک وجود تغییرات اقلیمی در شمال شرق برزیل تحلیل شده اند. نتایج روند افزایشی عمومی را در بیشتر این متغیر ها (معنی داری در سطح  $p > 0:01$  یا  $P > 0:05$ ) از طریق تست من کندال نشان داد. با این حال، رطوبت نسبی و بارندگی یک روند نزولی را نشان داد. مطالعه نشان داد که بیشتر ایستگاه های مطالعه شده تحت فرایند خشکی محیطی قرار گرفته اند. هم چنین نتایج نشان داد که تغییرات تاریخی می تواند مربوط به تغییرات اقلیمی در شمال شرق برزیل باشد که بر بخش ساحلی و نیمه خشک منطقه تاثیر می گذارد. بر خلاف ایستگاه های دیگر در شمال شرق برزیل، ایستگاه پترولینا، یک افزایش رطوبت نسبی و بارندگی و در عین حال یک کاهش در حداکثر، حداقل و دمای متوسط، رطوبت دمای نسبی، تبخیر تشتک کلاس A ف تبخیر و تعرق مرجع، شاخص خشکی و بارندگی را نشان داد.

جدول 6: خلاصه آماره  $S$ ، واریانس و سطح معنی داری متغیر های اقلیمی و دمای میانگین، رطوبت دمای نسبی، تبخیر تشتک کلاس A ف تبخیر و تعرق مرجع، شاخص خشکی و بارندگی در شمال شرق برزیل (فصل مرطوب)



ایستگاه کامپینا گراند، بیشترین روند افزایشی را در دمای هوا در میان همه ایستگاه ها نشان داد. همه این سری های زمانی از نظر آماری معنی دار در سطح  $p < 0.01$  می باشند. بیشترین مقدار دمای هوای حداقل فصل خشک با روند 0.09 سانتیگراد در سال بود. این متناظر با افزایش 2.7 درجه ای در دوره تحلیل شده یا 14.28 درصد دمای حداقل متوسط است. در این مطالعه، بیشترین تغییرات معنی دار در سری های زمانی سالانه مشاهده شد: (i) حداکثر 2- درجه حرارت حداقل، 3- دمای متوسط، 4- رطوبت نسبی، 5- تبخیر تشتک کلاس A، 6- تبخیر و تعرق مرجع 7- شاخص خشکی، 8- بارندگی. همه این روند ها تفاوت معنی داری را در  $p < 0.01$  نشان داد

این مطالعه تغییرات اقلیمی را در بیشتر ایستگاه ها نشان داد . تغییر پذیری نه تنها بر منطقه نیمه خشک شمال شرق برزیل، بلکه بر بخش ساحلی این منطقه اثر دارد.





این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی