



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

A PROBLEMÁTICA DOS RECURSOS HÍDRICOS EM CABO VERDE: Evolução do regime pluviométrico da Ilha de Santiago

Carmen Celine MARTINS¹; Isabel PEDROSO DE LIMA²

¹ MSc, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, Pólo 2, Rua Luís Reis Santos, 3030-788 Coimbra
martinscarmenceline@gmail.com

² PhD, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, Pólo 2, Rua Luís Reis Santos, 3030-788 Coimbra;
MARE - Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, Portugal, iplima@uc.pt

Resumo

Os países em desenvolvimento, e principalmente os estados insulares, enfrentam, geralmente, grandes desafios no que tange à gestão dos recursos hídricos, encontrando neste setor um dos principais entraves ao desenvolvimento. Deste modo, o conhecimento do regime hidrológico local é crucial para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos disponíveis.

O trabalho que se apresenta pretende contribuir para o melhor conhecimento do regime hidrológico da Ilha de Santiago, Cabo Verde, e os principais aspetos que o distinguem incluem: *i)* a apresentação de uma série histórica longa de precipitação anual, com registos desde 1875; *ii)* a análise de séries pluviométricas anuais, semestrais e trimestrais registadas em postos udométricos distribuídos pela Ilha, no período 1977-2016. Os resultados mostram um aumento estatisticamente significativo da precipitação anual em todos os postos no período analisado. À escala semestral e trimestral, observa-se também um aumento da precipitação, estatisticamente significativo, sugerindo o agravamento da sazonalidade.

Palavras-chave: Precipitação, variabilidade climática, regime hidrológico, tendência, teste de Mann-Kendall, teste de Sen.

Tema: Gestão de recursos hídricos e bacias hidrográficas.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

INTRODUÇÃO

Cabo Verde, situado no Oceano Atlântico Norte, na costa Ocidental Africana, é um pequeno estado insular, um país em desenvolvimento que devido à acentuada variabilidade e sazonalidade do seu regime pluviométrico, influenciada pelo regime árido da faixa saheliana, enfrenta grandes desafios no que tange à gestão dos recursos hídricos.

Com cerca de meio milhão de habitantes, constituído por 10 ilhas entre as quais 9 são habitadas e com uma economia fortemente dependente da atividade agrícola e turística, Cabo Verde encontra no setor hídrico um dos principais entraves ao desenvolvimento devido à limitada disponibilidade de recursos hídricos, em termos quantitativos e qualitativos; assim, o conhecimento do regime hidrológico local é crucial para a gestão integrada e sustentável desses recursos.

Em 2017 foi declarado a nível nacional o “mau ano agrícola”, tendo o país sido obrigado a recorrer a fundos e apoios internacionais de modo a fazer face à seca extrema que se viveu nesse ano e que terá afetado, direta ou indiretamente, cerca de 70 mil pessoas. Na Ilha de Santiago, a maior e mais populosa ilha do arquipélago, que alberga a capital política e administrativa do país, a situação teve consequências mais gravosas, afetando significativamente a economia.

No respeitante a esperadas alterações climáticas em Cabo Verde, estudos efetuados no âmbito do Programa de Ação Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas (NAPA, 2007) de Cabo Verde, aprovado em 2007, sugerem que a precipitação poderá decrescer em 25% nos próximos 20 a 30 anos. Contudo, para a Ilha de Santiago, de acordo com outros estudos recentes (p.e., 4º Relatório de Avaliação do IPCC, citado em RCV, 2016) que aplicaram o modelo de circulação atmosférica global HadGEM1 para o Cenário A1b¹, espera-se um aumento da precipitação na estação húmida no período 2020-2080, sendo esse aumento mais expressivo até 2050 (principalmente nos meses de agosto, setembro e outubro), que será seguido de um decréscimo na precipitação até 2080. Ou seja, espera-se que o aumento no período 2020-2080 não seja monotónico, prevendo-se nesse período a manifestação de tendências parciais de sinal contrário. Para a estação seca, com base no mesmo relatório, prevê-se o aumento das condições de aridez na Ilha de Santiago.

Tendo em conta a incerteza associada às projeções relativas à precipitação, obtidas pelos modelos climáticos (p.e. IPCC, 2014), o facto destes modelos não permitirem investigar escalas espaciais de interesse para territórios com as características de Cabo Verde, e de ser conhecido que as observações à escala global ou continental desta variável climática não são adequadas ao planeamento à escala local ou regional (p.e. Barsugli et al., 2009; Brekke et al., 2009), deve continuar a ser dada atenção à análise de dados obtidos localmente. Essa análise

¹ Cenário A1b corresponde a uma continuação dos padrões históricos, que refletem um crescimento rápido da população em termos globais, atingindo-se previsivelmente 9 biliões em 2050, e que depois decresce gradualmente, com uma convergência social e económica entre as regiões e a rápida propagação de novas tecnologias eficientes.

contribui para melhor compreender as condições locais, tendências e as projeções disponíveis no que respeita ao clima.

Visando contribuir nesse sentido, neste trabalho analisam-se tendências no regime pluviométrico da Ilha de Santiago, nas últimas décadas, através da aplicação dos métodos de Mann-Kendall e de Sen. A caracterização das tendências na precipitação é importante no estudo de impactes de alterações climáticas, e sobretudo, para o planeamento e gestão de recursos hídricos (p.e. Haigh, 2004), contribuindo para estimar melhor as disponibilidades hídricas futuras, com base no conhecimento tão pormenorizado quanto possível das condições climáticas locais.

METODOLOGIA

2.1 Materiais

Analisaram-se séries pluviométricas anuais e mensais registadas no período 1977-2016 em 12 postos udométricos distribuídos pela Ilha de Santiago (Fig. 1a). A tabela 1 apresenta as coordenadas desses postos, e respetivos períodos de observação disponíveis, número de registos e estatística descritiva básica da precipitação anual (média, desvio padrão e coeficiente de variação).

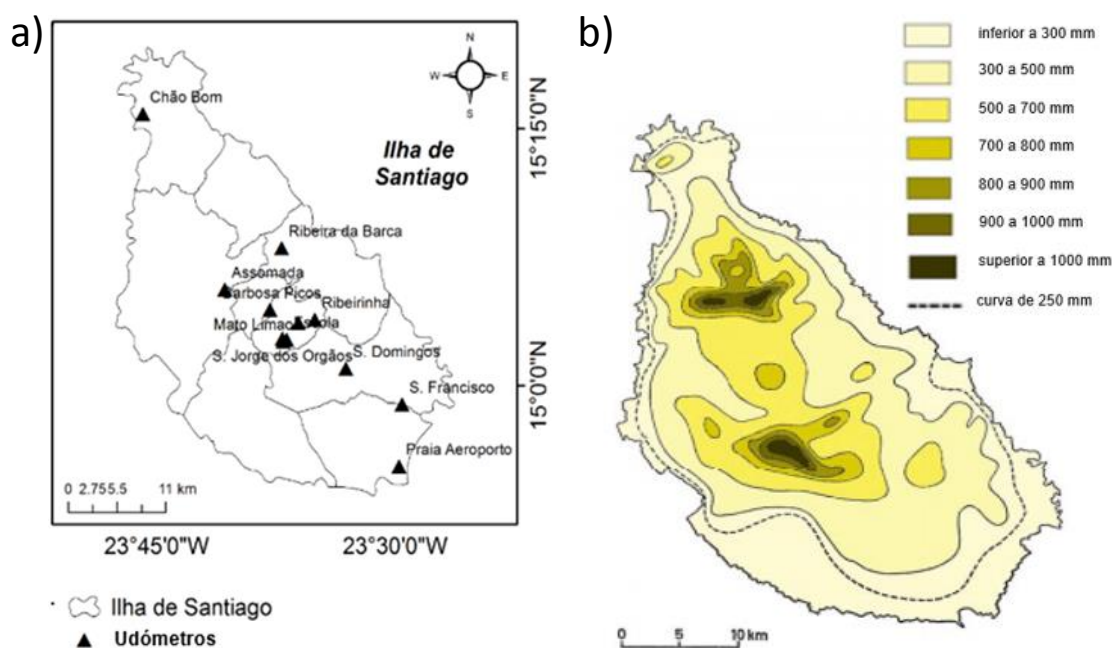


Figura 1. a) Localização dos postos udométricos na Ilha de Santiago; b) Distribuição da precipitação na Ilha (adaptada de Amaral, 1964).

Tabela 1. Nome e coordenadas dos postos udométricos na Ilha de Santiago com dados disponíveis no período 1977-2016, e respetiva estatística descritiva básica da precipitação anual: número de registos (n), média ($P_{\text{média}}$), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) (critério de organização da tabela: altitude crescente).

Postos udométricos	Altitude (m)	Latitude (N)	Longitude (W)	Período	Tipo de registo	n	Precipitação anual		
							$P_{\text{média}}$ (mm)	DP (mm)	CV (%)
Chão Bom	16	15°27'	23°75'	1977-2011	Anual e Mensal	35	241.6	164.0	67.9
Ribeira da Barca	40	15°13'	23°61'	1977-2013	Anual	36	240.8	115.2	47.8
Praia Aeroporto	64	14°92'	23°49'	1977-2016	Anual e Mensal	40	177.8	106.0	59.6
S. Francisco	89	15°04'	23°61'	1978-2016	Anual e Mensal	39	232.7	124.4	53.5
Ribeirinha	194	15°06'	23°58'	1980-2016	Anual e Mensal	35	322.4	155.2	48.1
Ponte Ferro	230	15°07'	23°59'	1978-2016	Anual e Mensal	39	340.5	164.0	48.2
S. Domingos	235	15°02'	23°54'	1978-2016	Anual e Mensal	37	316.0	164.3	52.0
S. Jorge dos Órgãos	310	15°04'	23°61'	1977-2016	Anual e Mensal	40	471.5	211.8	44.9
Escola Agro-Pecuária	369	15°04'	23°61'	1980-2016	Anual e Mensal	37	473.5	239.3	50.5
Babosa Picos	454	15°07'	23°62'	1977-2016	Anual e Mensal	40	468.4	199.7	42.6
Mato Limão	475	15°05'	23°61'	1981-2016	Anual	33	426.7	204.6	48.0
Assomada	550	15°09'	23°67'	1977-2016	Anual e Mensal	39	387.3	199.7	51.6

Na Ilha presenciam-se duas estações, a estação seca e a estação “das águas”, distinguidas essencialmente pela ocorrência de precipitação e determinadas pelo tipo de massa de ar predominante sobre o arquipélago. A estação “das águas” compreende o período de julho a novembro. No entanto, a precipitação concentra-se essencialmente no trimestre de agosto a outubro, o trimestre que contribui com a maior parte da precipitação anual na Ilha. Na estação seca é rara a ocorrência de eventos pluviosos, correspondendo-lhe também o tempo mais fresco.

A Fig. 2 apresenta gráficos com a distribuição da precipitação mensal média relativa ao posto de São Jorge dos Órgãos e posto da Praia, que apresentam, respetivamente, a maior e menor quantidade média mensal precipitada no período 1977-2016. A forte sazonalidade do regime pluviométrico, mostrada nesta figura, é semelhante para os restantes postos analisados, que diferem apenas na quantidade média precipitada. Este comportamento cria dificuldades à gestão dos recursos hídricos na Ilha.

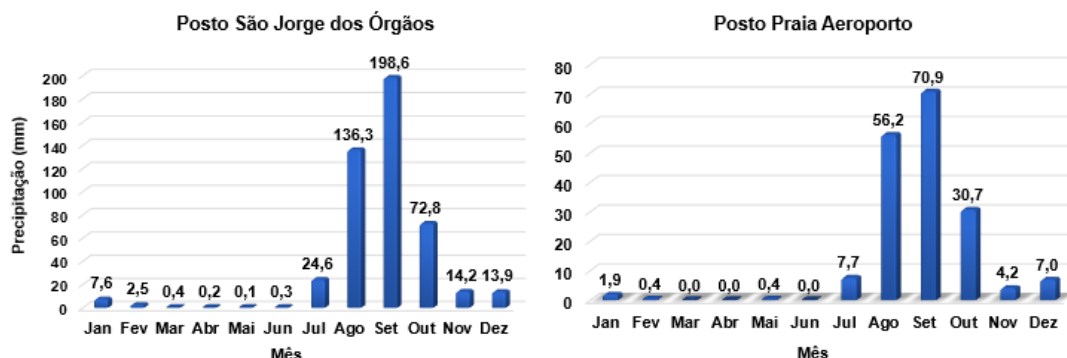


Figura 2. Precipitação mensal média dos postos udométricos de São Jorge dos Órgãos e Praia-Aeroporto, no período 1977–2016.

Aliada à sazonalidade do regime pluviométrico, observa-se também uma acentuada variabilidade inter-anual, com anos de estiagem severa (pouca ou nenhuma precipitação mesmo durante o período chuvoso expectável) intercalados com anos em que ocorrem inundações e perdas de terrenos agrícolas. Estes problemas, que comumente afetam a Ilha, são no geral originados por elevadas quantidades de precipitação registadas em curtos intervalos de tempo.

A Fig. 3 apresenta a precipitação média anual na Ilha de Santiago no período 1980-2016, determinada aplicando o método de Thiessen (ver p.e. Lencastre e Franco, 1992) a dados de 12 postos udométricos distribuídos pela Ilha (Fig. 1a). A Fig. 4 apresenta uma série histórica longa para a cidade da Praia, no período 1875-2016. Esta série é composta a partir de diferentes fontes de dados, como assinalado na Fig. 4, mas permite perceber a precipitação ocorrida nas últimas décadas relativamente ao comportamento observado na amostra mais abrangente correspondente aos últimos cerca de 140 anos. Em ambas as Figs. 3 e 4 sobressai a variabilidade temporal acentuada da precipitação anual, característica do regime hidrológico local.

Observam-se também na Ilha de Santiago diferenças acentuadas na distribuição espacial da precipitação (Fig. 1b). Consta-se que o relevo influencia de forma importante a distribuição e ocorrência da precipitação, que aliado ao efeito da latitude e à orientação das massas de relevo em relação aos ventos dominantes, conduz a características locais distintas, nomeadamente, aridez no litoral e maior precipitação a maiores altitudes.

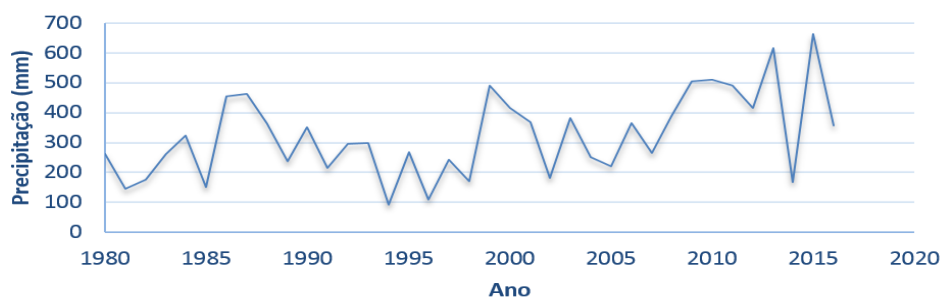


Figura 3. Precipitação média anual na Ilha de Santiago, no período 1980–2016.

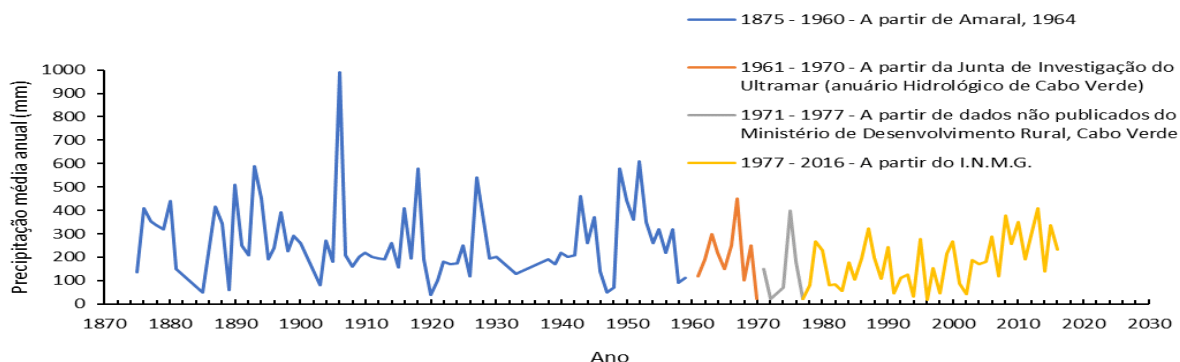


Figura 4. Série histórica da precipitação anual na cidade da Praia, no período 1875-2016.

2.2 Métodos

A presença de tendência na precipitação pode ser testada com o método de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), devendo ser antecipadamente confirmado que as séries analisadas não manifestam evidência de terem problemas de consistência. A consistência relativa dos dados pode ser analisada, por exemplo, com o método da dupla massa.

O teste de Mann-Kendall, não paramétrico, permite investigar séries temporais relativamente à existência de tendências monotónicas, crescentes ou decrescentes, e tem sido amplamente usado no estudo das mais diversas variáveis; tem a vantagem de não assumir nenhuma distribuição subjacente aos dados (p.e. Yue et al., 2002). Contudo, este teste não fornece estimativa da magnitude da tendência. Assumindo-se que a tendência é linear, a análise é complementada com o estimador estatístico de tendência de Sen (p.e. Sen, 1968; Gilbert, 1987). Isto significa que a série temporal pluviométrica, $P(t)$, pode ser descrita por um modelo da forma:

$$P(t) = Q \times t + B \quad (1)$$

onde Q é a tendência (declive da reta), t é o tempo expresso em anos e B é uma constante. O método não paramétrico de Sen apresenta a vantagem de ser pouco influenciado por flutuações abruptas nas séries ou *outliers* (p.e. Zhang et al., 2009).

Neste trabalho, usa-se a seguinte notação para identificar o nível de significância estatística dos resultados do teste de tendência:

- *** nível de significância $\alpha = 0.001$;
- ** nível de significância $\alpha = 0.01$;
- * de significância $\alpha = 0.05$;
- + de significância $\alpha = 0.1$.

A descrição detalhada dos métodos acima referidos, e sua aplicação ao estudo da precipitação, pode ser encontrada na bibliografia (p.e. Hirsch et al., 1982; Salmi et al., 2002; de Lima et al., 2007, 2010; de la Casa e Nasello, 2010; Tabari et al., 2011; Shifteh Some'e et al., 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da aplicação do teste de tendência a séries temporais de precipitação na Ilha de Santiago estão sumariados nas tabelas 2 e 3, respetivamente, para a precipitação anual e para precipitação trimestral e semestral. O teste de tendência foi aplicado às séries pluviométricas que não evidenciaram problemas de consistência nos dados, o que se verificou em apenas 8 dos 12 postos disponíveis. A significância estatística do resultado foi determinada para o nível de confiança de 90, 95, 99 e 99.9%.

3.1 Precipitação média anual

A tabela 2 e a Fig. 5 apresentam resultados da análise de tendência na precipitação anual. Estes resultados mostram um aumento estatisticamente significativo (ao nível de confiança de 90%) da precipitação anual no período 1980-2016. Nos vários postos, o aumento médio da precipitação neste período é de aproximadamente 40 a 100 mm/década. O posto que apresenta maior aumento absoluto é o de Mato Limão (98 mm/década), o que em termos relativos, considerando a média anual precipitada no mesmo posto, corresponde a um crescimento de cerca de 2.3%/ano (ou seja, 23%/década). A cidade da Praia apresenta o menor aumento da precipitação anual relativamente aos outros postos (43.6 mm/década); contudo, se se analisar o resultado em termos relativos, este posto é o que apresenta uma maior taxa de crescimento (24.5%/década).

A tendência de aumento da precipitação anual, observada nas últimas décadas, é consistente com o aumento da precipitação preconizado por modelos climáticos, para a Ilha de Santiago, para as próximas décadas (p.e. RCV, 2016): aumento da precipitação anual que será mais acentuado até cerca de 2050, seguido de um decréscimo, pelo menos até 2080, resultando num balanço positivo no período 2020-2080. A presença de tendências parciais (p.e. Tomé e Miranda, 2005) em séries pluviométricas, sugerindo empiricamente flutuações de baixa frequência, pode ser apreciada na série centenária na Fig. 4, que informa sobre a precipitação na Praia desde 1875 (≈ 140 anos). A alternância de tendências parciais de sinal contrário, associadas a períodos de algumas décadas, em que se observa (alternadamente) aumento e diminuição da precipitação, tem sido identificada em vários estudos noutros locais (p.e. de la Casa e Nasello, 2010; de Lima et al., 2010). Nesta perspetiva, as estimativas de tendência com vista à caracterização temporal mais abrangente do comportamento da precipitação local, podem ver-se enviesadas pela adoção de um período limitado de registo dos dados, o que dificulta a comparação de resultados de diferentes estudos (p.e. de Lima e Lovejoy, 2015).

Tabela 2. Tendência da precipitação anual em diferentes locais na Ilha de Santiago, no período 1980-2016; Q representa a estimativa da tendência e B é a constante na equação 1. O nível de significância da tendência, α , é: ** 1%; * 5%.

Posto	Babosa Picos	Mato Limão	Praia Aero	Ribeirinha	P.Ferro	S. Domingos	S. Francisco	S. Jorge dos Órgãos
Significância	**	**	**	*	**	*	*	*
Q (mm/ano)	8.23	9.8	4.36	7.1	7.54	5.91	3.97	7.65
B (mm)	285.0	206.3	80.3	199.7	169.1	211.6	141.5	316.0

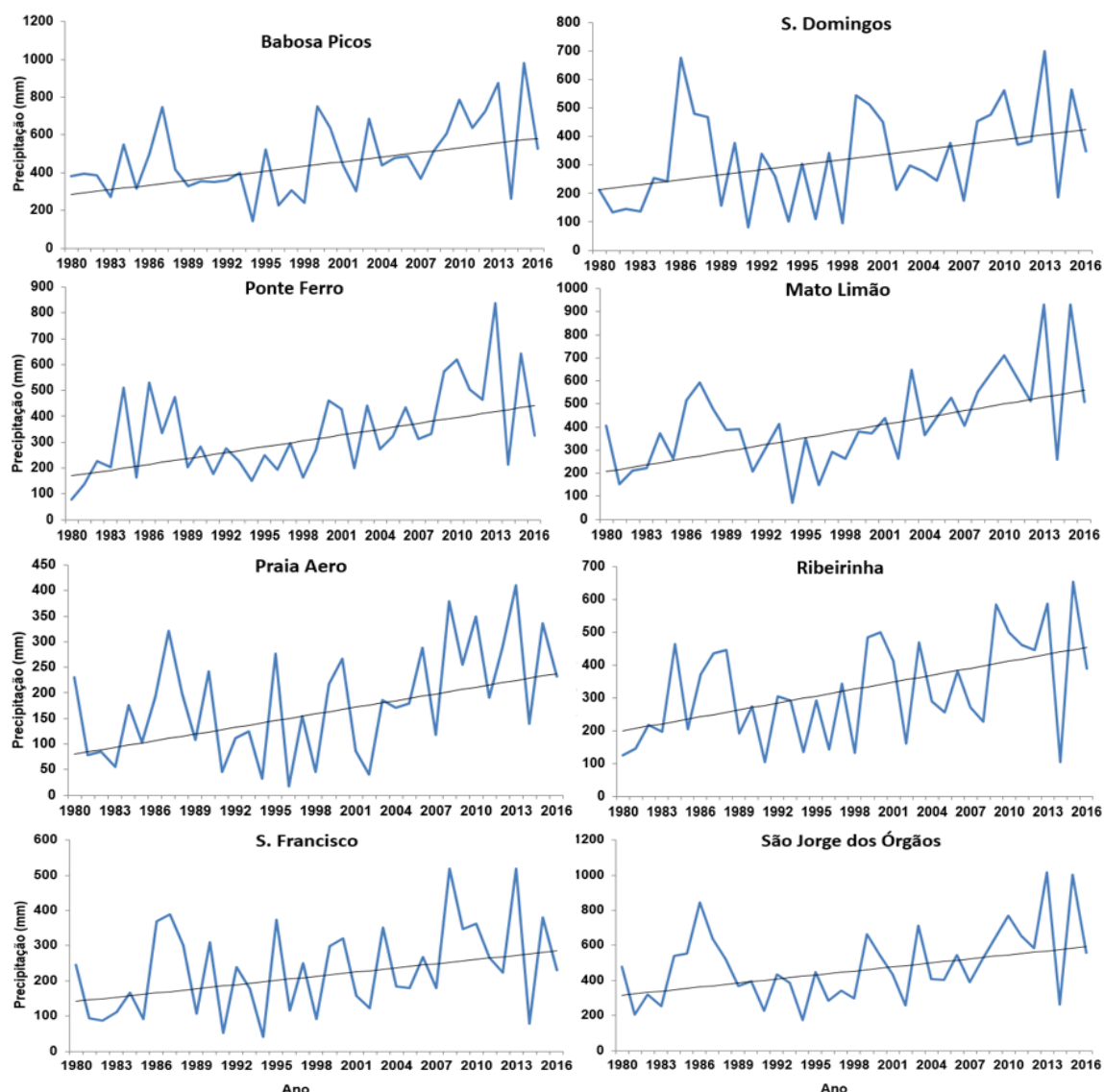


Figura 5. Tendência na precipitação anual na Ilha de Santiago, no período 1980-2016.

3.2 Precipitação média trimestral e semestral

O estudo da precipitação a escalas sub-anuais permite investigar tendências na distribuição anual da precipitação. Na tabela 3 mostram-se resultados para dados trimestrais e semestrais chuvosos, nomeadamente para os períodos julho-agosto-setembro (JAS), agosto-setembro-outubro (ASO), setembro-outubro-novembro (SON) e julho-novembro. Apresentam-se os valores relativos à média, desvio padrão e coeficiente de variação da precipitação nesses períodos, a contribuição da precipitação nesses períodos para a precipitação anual, e os resultados da análise de tendência.

O período entre julho e novembro contribui em mais de 94% para a precipitação anual (tabela 3), o que evidencia a ausência de precipitação nos restantes meses do ano.

Tabela 3. Tendência na precipitação em trimestres e semestre chuvosos na Ilha de Santiago, e correspondente nível de significância estatística e análise estatística descritiva básica: média ($P_{média}$), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV). Indica-se também, em média, a contribuição da precipitação no trimestre/semestre para a precipitação anual ($P_{média}/P_{média_anual}$): julho-agosto-setembro (JAS), agosto-setembro-outubro (ASO), setembro-outubro-novembro (SON) e julho a novembro (jul-nov). O nível de significância da tendência, α : *** 0.1%; ** 1%; * 5%; + 10%.

Posto	Período	$P_{média}$ (mm)	$P_{média}/P_{média_anual}$ (%)	DP (mm)	CV (%)	Tendência (mm/ano)	Signif.
Babosa Picos	JAS	357.0	76.2	139.8	39	7.03	***
	ASO	415.8	88.8	192.5	46	6.94	**
	SON	282.9	60.4	163.7	58	5.73	*
	jul-nov	450.3	96.1	195.8	43	8.85	**
Ponte Ferro	JAS	265.9	78.1	122.4	46	5.97	***
	ASO	298.9	87.8	139.7	47	7.16	***
	SON	202.9	59.6	120.3	59	6.77	***
	jul-nov	329.3	96.7	153.9	47	7.98	***
Praia	JAS	133.0	74.8	85.7	64	3.37	*
	ASO	156.1	87.8	95.8	61	4.21	*
	SON	104.0	58.5	72.5	70	3.30	**
	jul-nov	167.9	94.5	101.3	60	4.57	**
Ribeirinha	JAS	243.5	75.5	118.2	49	5.53	*
	ASO	284.9	88.3	149.4	52	7.70	**
	SON	204.6	63.5	123.7	60	6.24	**
	jul-nov	310.2	96.2	152.7	49	7.28	*
São Domingos	JAS	240.0	75.9	123.9	52	5.47	**
	ASO	280.3	88.7	153.5	55	6.38	*
	SON	187.8	59.4	125.3	67	4.76	+
	jul-nov	301.6	95.5	155.6	52	5.86	*
São Francisco	JAS	167.7	72.1	97.6	58	2.29	+
	ASO	206.7	88.8	110.5	53	3.75	*
	SON	137.1	58.9	80.4	59	2.75	*
	jul-nov	219.7	94.4	115.8	53	3.76	*
S. Jorge dos Órgãos	JAS	359.5	76.2	162.9	45	7.00	**
	ASO	407.7	86.5	198.0	49	8.11	**
	SON	285.7	60.6	175.8	62	7.03	**
	jul-nov	446.5	94.7	204.3	46	8.93	**



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

Constata-se que há uma tendência de aumento da precipitação, estatisticamente significativa, ao nível de confiança acima dos 90%, em todos os postos estudados, nos períodos sub-anuais analisados. A tendência de aumento é maior no trimestre de agosto-setembro-outubro em 7 dos 8 postos estudados; a exceção é o posto de Babosa Picos, onde o trimestre que apresenta maior aumento é o de julho-agosto-setembro. Se por um lado a maior tendência de aumento no trimestre de agosto-setembro-outubro pode indicar uma intensificação da sazonalidade e do carácter concentrado da precipitação, por outro lado, o comportamento observado nos outros trimestres, nomeadamente no de setembro-outubro-novembro, pode indicar um alargamento do período médio da época das chuvas na Ilha.

A tendência de aumento da precipitação em agosto-setembro-outubro, na Ilha do Sal (Cabo Verde), é alvo de atenção no estudo apresentado por Cropper (2013). Um comportamento que os modelos climáticos preconizam que se mantenha durante o século XXI. Este estudo enquadra-se dentro da análise de dados históricos e das condições climáticas atuais, bem como das mudanças projetadas por modelos climáticos para algumas estações climatológicas localizadas em várias ilhas da Macaronésia, em que se inclui a do Sal, discutindo as diferenças encontradas e as incertezas associadas às projeções climáticas nestes arquipélagos no que respeita à precipitação, em particular.

CONCLUSÕES

A análise do regime pluviométrico da Ilha de Santiago permitiu uma melhor compreensão à escala territorial do comportamento da precipitação. A tendência de aumento, estatisticamente significativa, da precipitação anual observada nas últimas quatro décadas (1977-2016), é consistente qualitativamente com o aumento da precipitação preconizado por alguns estudos baseados no uso de modelos climáticos, pelo menos no período 2020-2080; no entanto, o comportamento neste período engloba manifestações não monotónicas de tendência. Esse comportamento traduz flutuações de baixa frequência (i.e., da ordem das várias dezenas de anos), que podem não ser detetadas em séries de precipitação com cerca de 40 anos, como as disponíveis, mas que podem ser reconhecidas em séries longas, centenárias, como a apresentada para a cidade da Praia (≈ 140 anos; Fig. 4). Não é oportuna nenhuma comparação quantitativa.

Os resultados sugerem também que o número de meses secos tenha vindo a diminuir, decorrente do alargamento do período chuvoso; contudo, na estação seca tem-se vindo a observar uma redução da precipitação e consequente aumento das condições de aridez. Assim, tem-se também vindo a acentuar a sazonalidade do regime pluviométrico, o que pode estar associado à maior ocorrência de precipitações intensas e de curta duração, e com maiores intensidades.

No geral, o comportamento da precipitação na Ilha de Santiago, caracterizado por forte variabilidade temporal, nomeadamente inter-anual (com alternância de anos que se distinguem pela seca ou pela ocorrência de cheias), e por um marcado carácter sazonal, e as tendências observadas, deixam antecipar um elevado grau de incerteza na estimativa da precipitação a médio/longo prazo. Assim, a temática carece de acompanhamento e atenção



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

especial, na medida em que a precipitação tem, incontornavelmente, um papel determinante na sustentabilidade dos recursos hídricos da Ilha, e no desenvolvimento socioeconómico da população.

É de esperar que Cabo Verde, em geral, e a Ilha de Santiago, em particular, veja agravados nos próximos anos os sérios problemas que já enfrenta nalguns setores, associados à intensificação de eventos pluviosos extremos no curto período chuvoso, às condições de aridez acentuada no restante período do ano e ainda à ocorrência de anos de seca extrema (como foi o caso do ano de 2017), decorrente do provável aumento da variabilidade na precipitação. Assim, a gestão racional, integrada e sustentável dos recursos hídricos disponíveis torna-se, cada vez mais, imperativo nesta sociedade. Esta intervenção carece de um forte comprometimento das instituições competentes em várias vertentes, por exemplo: i) investindo na monitorização ambiental, essencial ao acompanhamento da evolução do clima local/regional; ii) na instauração de medidas adaptativas de curto a longo prazo a cenários de grande variabilidade e mudança climática; iii) na implementação de modelos de gestão de recursos adequados à realidade local, que possam garantir a disponibilidade de recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) ao longo do ano e atendendo aos múltiplos usuários.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se a colaboração do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde - delegação da Praia -, ao facultar informação pertinente à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral I. (1964). Santiago de Cabo Verde. A Terra e os homens. 2ª série, Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa.

Barsugli J., Anderson C., Smith J.B., Vogel J.M. (2009). Options for Improving Climate Modeling to Assist Water Utility Planning for Climate Change. White Paper, Water Utility Climate Alliance. San Francisco, USA, pp. 144.

Brekke L.D., Kiang J.E., Olsen J.R., Pulwarty R.S., Raff D.A., Turnipseed D.P., Webb R.S., White K.D. (2009). Climate Change and Water Resources Management: A Federal Perspective. US Geological Survey Circular, 1331, pp. 65.

Cropper T. (2013). The weather and climate of Macaronesia: past, present and future. Weather 68: 300–307

de la Casa A., Nasello O. (2010). Breakpoints in annual rainfall trends in Córdoba, Argentina. Atmos. Res. 95(4), 419-427.

de Lima M.I.P., Lovejoy S. (2015). Macroweather precipitation variability up to global and centennial scales. Water Resources Research 51(12), 9490–9513.

de Lima M.I.P., Marques A.C.P., de Lima J.L.M.P., Coelho M.F.E.S. (2007). Precipitation trends in Mainland Portugal in the period 1941-2003. International Association of Hydrological Sciences, IAHS Publ. 310, 94-102.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

de Lima M.I.P., Carvalho S. C. P., de Lima J.L.M.P. (2010). Investigating annual and monthly trends in precipitation structure: an overview across Portugal. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 10, 2429-2440.

Gilbert R.O. (1987). *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Haigh M.J. (2004). Sustainable management of headwater resources: the Nairobi headwater declaration (2002) and beyond. *Asian J. Water, Environ. Pollut.* 1 (1-2), 17-28.

Hirsch R.M., Slack J.R., Smith R.A. (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research* 18, 107-121.

IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp.151.

Kendall M.G. (1975). *Rank Correlation Methods*. 4th ed., Charles Griffin, London.

Lencastre A., Franco F. M. (1992). *Lições de Hidrologia*. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Kendall M.G. (1975). *Rank Correlation Methods*. 4th ed., Charles Griffin, London.

Mann H.B. (1945). Non-parametric test against trend. *Econometrica* 13(3), 245-259.

NAPA (2007). *Plano de Ação Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas*. República de Cabo Verde.

RCV (2016). "Plano Diretor de Água e Saneamento a 25 Anos da Ilha de Santiago e Avaliação Ambiental e Social Estratégica". República de Cabo Verde.

Salmi T., Määtä A., Anttila P., Ruoho-Airola T., Amnell T. (2002). Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates - The Excel template application Makesens. *Air Quality No. 31 Report code FMI-AQ-31*, Helsinki, Finlândia.

Sen P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association* 63(324), 1379-1389.

Shifteh Some'e B., Ezani A., Tabari H. (2012). Spatiotemporal trends and change point of precipitation in Iran. *Atmos. Res.* 113, 1-12.

Tabari H., Shifteh Some'e B., Zadeh M.R. (2011). Testing for long-term trends in climatic variables in Iran. *Atmos. Res.* 100, 132-140.

Tomé A. R., Miranda P.M.A. (2005). Continuous partial trends and low-frequency oscillations of time series. *Nonlin. Processes Geophys.* 12, 451-460.

Yue S., Pilon P., Phinney B., Cavadias G. (2002). The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrol. Process.* 16, 1807-1829.

Zhang W, Yan Y, Zheng J, Li L, Dong X, Cai H. (2009). Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. *Global and Planetary Change*, 69, 35-47.