



SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

MODELO ESTOCÁSTICO DE PREVISÃO E ANÁLISE DE TENDENCIA DA PRECIPITAÇÃO NA MICRORREGIÃO DO BAIXO JAGUARIBE-CE

Alanderson Firmino de Lucas (1); Moniki Dara de Melo Ferreira (1); Ilana Carla Alexandrino da Silva (2); Maria Helena Constantino Spyrides (3); Bergson Guedes Bezerra (4)

^[1,2,3,4]Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, alanderson_lucas12@hotmail.com; monikidara@gmail.com; ilana.alexandrino@gmail.com; spyrides@ccet.ufrn.br; bergson@ccet.ufrn.br

1. INTRODUÇÃO

As previsões de precipitação fornecem informações relevantes a diversos setores da sociedade, principalmente aqueles que estão intimamente ligados à atividade produtiva, como o setor de agricultura e de recursos hídricos, uma vez que dependem do regime de chuva. Além disso, a possibilidade de prever eventos meteorológicos é fundamental, para que os mesmos permitam tomar decisões a fim de reduzir o grau de vulnerabilidade de uma determinada região.

O clima da Microrregião do Baixo Jaguaribe é semiárido com maiores índices pluviométricos entre Março e Maio e o período mais seco do ano entre os meses de Setembro a Novembro. A precipitação anual varia pouco dentre os municípios estudados da Microrregião. De acordo com a FUCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), os valores das médias históricas de precipitação pluviométrica anual para a cidade de Alto Santo é de 700mm; Itaíba: 935,9mm; Jaguaruana: 752,6mm; Limoeiro do Norte: 720,5mm; Morada Nova: 840mm; Palhano: 707,3mm; Quixeré: 857,7mm; Russas: 857,7mm; São João do Jaguaribe: 750mm e Tabuleiro do Norte: 794,8mm.

A Microrregião do Baixo Jaguaribe destaca-se na produção agrícola e cadeias produtivas relacionadas a esse setor, sendo que é a principal região responsável pela produção de fruticultura irrigada do Estado do Ceará, onde há presença de açudes e rios perenes, e hoje o perímetro irrigado do Baixo Jaguaribe corresponde a mais da metade do território da Microrregião. No entanto, em vista das duras condições climáticas, a seca atinge justamente a parcela da população mais vulnerável economicamente que não tem acesso aos reservatórios de forma contínua (PEREIRA, 2015). Assim, uma das principais formas de tentar reduzir a vulnerabilidade dos agricultores do sertão e atenuar as perdas provocadas por esses eventos climáticos, tem sido a elaboração de previsão do clima.

Com base nestes aspectos, o presente artigo tem como objetivo realizar a previsão da precipitação pluviométrica para o último trimestre de 2015, nos municípios estudados pertencentes à Microrregião do Baixo Jaguaribe. Para tanto, foram coletados dados de precipitação mensal de janeiro de 1981 a setembro de 2015, organizados em forma de série temporal. Utilizou-se para a





SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

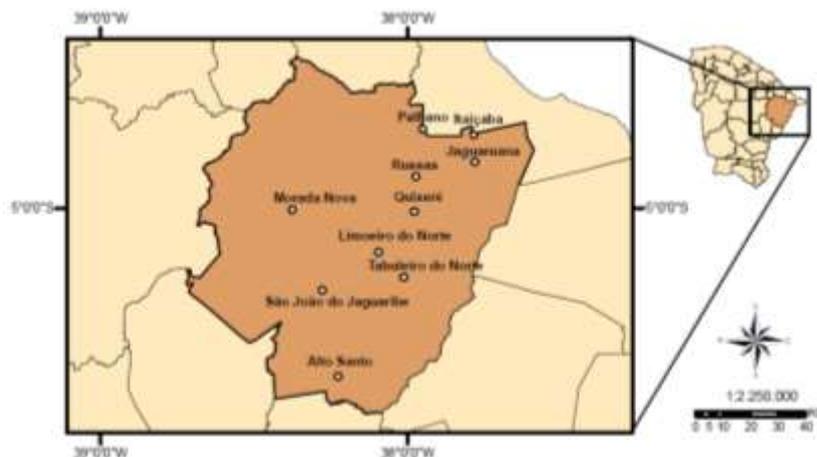
previsão o método de *Holt-Winters* aditivo e para analisar a tendência linear de variação da precipitação foi aplicado o Teste não paramétrico de *Mann-Kendall*.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

A delimitação da área estudada, a partir da divisão territorial do Estado do Ceará, está inserida na Microrregião Geográfica do Baixo Jaguaribe, fazendo parte do presente estudo os Municípios de Alto Santo, Itaiçaba, Jaguaruana, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Palhano, Quixeré, Russas, São João do Jaguaribe e Tabuleiro do Norte, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização dos municípios pertencentes à Microrregião do Baixo Jaguaribe.



2.2 Dados usados

Foram utilizados dados mensais de precipitação para os municípios da Microrregião do Baixo Jaguaribe, os quais foram obtidos através da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), referente ao período de 1981 a 2015. Foi utilizado o *software* R para análises de previsão e tendência, e seus respectivos gráficos.

2.3 Teste não paramétrico de Mann-Kendall para análise de Tendência

O teste de *Mann-Kendall* foi aplicado com o objetivo de analisar a tendência de variação nas séries temporais de precipitação pluviométrica dos municípios em estudo. Na análise da precipitação, consideraram-se os totais acumulados mensais, em seguida os resultados das tendências sobre o comportamento da precipitação nos municípios em estudo.

O teste *Mann-Kendall* é um teste não paramétrico e é usado para testar a hipótese nula, ou seja, que nenhuma tendência existe. Um valor positivo de Z indica um aumento de tendência e um





SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

valor negativo, uma tendência decrescente. Neste estudo verificou-se a tendência nos níveis de significância $\alpha = 0,05$ (5%) e $\alpha = 0,1$ (10%). Assim, a hipótese nula é rejeitada se o valor absoluto de Z for maior que $Z_{1-\alpha/2}$, utilizando-se a tabela da distribuição normal cumulativa padrão.

2.4 Modelo de previsão *Holt-Winters*

O método de previsão *Holt-Winters* é um modelo de suavização exponencial com tendência e a componente sazonalidade aditiva que possui duas equações de previsão, a aditiva e multiplicativa. Neste estudo será utilizado o método aditivo, devido às séries temporais da precipitação em cada cidade abordada não terem apresentado grande variabilidade e sazonalidade não constante, onde as observações são atribuídas à soma da tendência verificada, o efeito sazonal, o nível e o efeito aleatório. Após o cálculo do modelo *Holt-Winters* para as séries de precipitação mensal pluviométrica tem-se o objetivo de comparar a acurácia do modelo em cada cidade; com isto, pode-se concluir qual onde o modelo captou melhor a variabilidade das séries; para isso, foi feito o cálculo de medidas de diagnóstico das previsões.

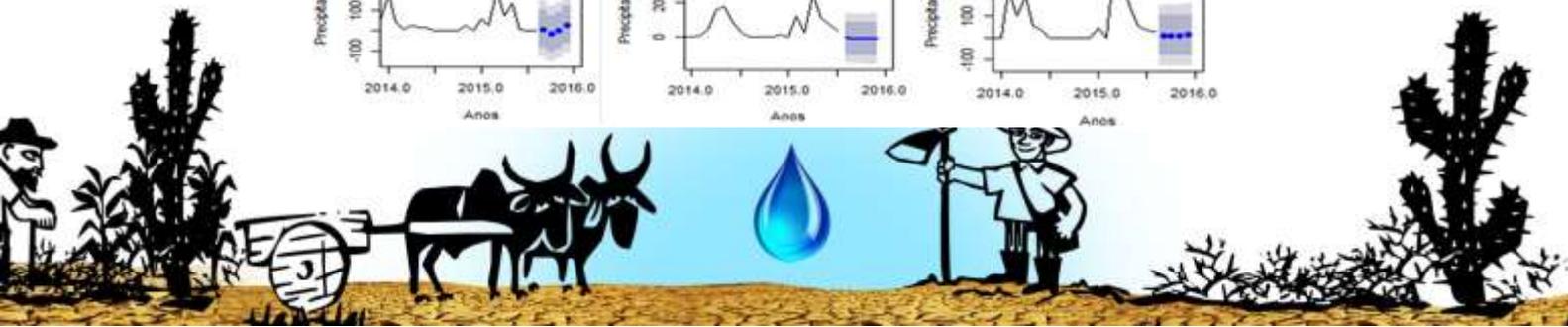
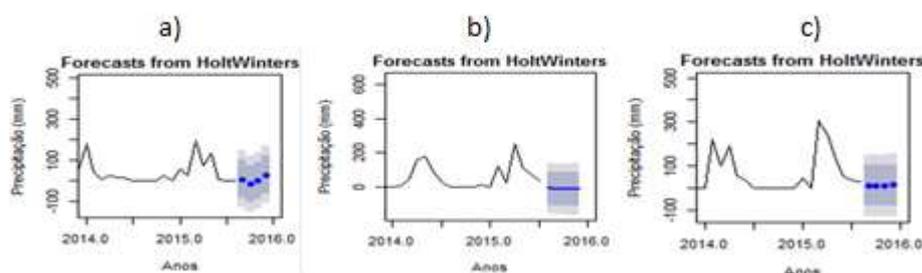
As medidas de diagnóstico são técnicas estatísticas para avaliar o desempenho de um modelo de previsão. Desse modo, determina-se o quão bem um modelo de previsão se adapta aos dados de uma série temporal, podendo assim, minimizar erros de uma previsão em que os dados ainda não são conhecidos. Algumas medidas utilizadas para determinar a acuracidade do modelo, foram: *Mean Error* (ME, Erro médio), *Root Mean Squared Error* (RMSE, Raiz do Erro Quadrático Médio) e *Mean Absolute Error* (MAE, Erro Médio Absoluto).

2.5 Teste de normalidade e de independência dos resíduos

O teste de *Shapiro-Wilk* foi calculado para verificar a normalidade dos resíduos do modelo ao nível de significância de 5%. A hipótese nula é que a amostra provém de uma distribuição normal e a hipótese alternativa, a amostra não provém de uma distribuição normal. Também foi calculado o teste *Box-Ljung* para verificar a independência dos resíduos também ao nível de significância de 5%. A hipótese nula é que os resíduos são independentes e a hipótese alternativa, os resíduos não são independentes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Figura 1 – Gráficos da previsão para o último trimestre de 2015 utilizando o modelo *Holt-Winters* aditivo para precipitação nas cidades da Microrregião do Baixo Jaguaribe: (a) Alto Santo; (b) Itaiçaba; (c) Jaguaruana; (d) Limoeiro do Norte; (e) Morada Nova; (f) Palhano; (g) Quixeré; (h) Russas; (i) São João do Jaguaribe e (j) Tabuleiro do Norte.





SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

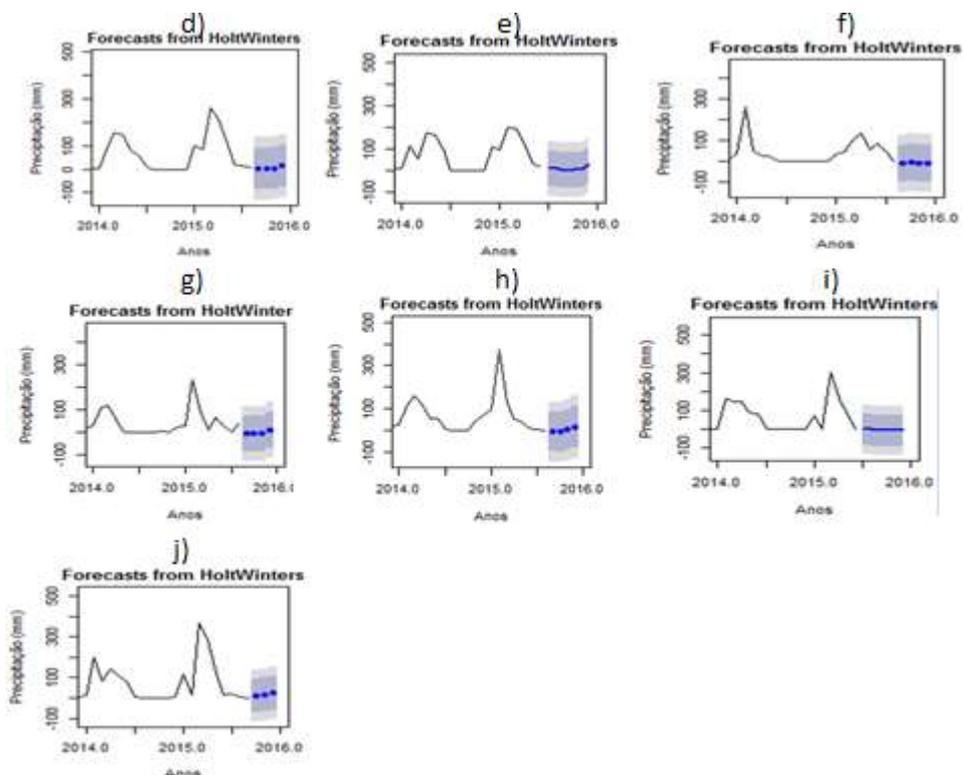


Tabela 1 – Aplicação do teste não paramétrico de Mann Kendall (Z) nos valores acumulados anuais de precipitação em cada município do Baixo Jaguaribe (1981 a meados de 2015).

<i>Municípios</i>	<i>Teste Z</i>	<i>p-valor</i>
Alto Santo	-1,06	0,2868
Itaiçaba	0,44	0,6598
Jaguaruana	-0,69	0,4865
Limoeiro do Norte	-1,09	0,2742
Morada Nova	-1,00	0,3133
Palhano	-1,80	0,0713*
Quixeré	-0,61	0,5414
Russas	-0,44	0,6598
São João do Jaguaribe	-1,37	0,1683*
Tabuleiro do Norte	-0,61	0,5414





SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

* nível de significância 0,1; † nível de significância 0,05.

Tabela 2 – Aplicação das medidas de diagnóstico do modelo *Holt-Winters*.

	ME	RMSE	MAE
Alto Santo	-0,262	69,04	43,06
Itaiçaba	0,01	74,52	49,68
Jaguaruana	-3,97	71,91	46,3
Limoeiro do Norte	4,37	68,38	42,09
Morada Nova	4,22	64,51	43,53
Palhano	-4,5	69,9	45,99
Quixeré	-3,36	61,45	41,19
Russas	-4,66	70,17	47,62
São João do Jaguaribe	4,04	65,95	42,73
Tabuleiro do Norte	4,12	64,78	42,66

A Figura 1 mostra o gráfico da previsão para último trimestre de 2015 para as cidades da Microrregião no Baixo Jaguaribe, utilizando o modelo *Holt-Winters* aditivo. De acordo com os resultados pode-se observar que na maioria das cidades a previsão é de pequeno aumento e em algumas cidades, é de diminuição, onde na previsão são estimados valores mensais de precipitação pequenos seguindo a tendência da série temporal em cada cidade, isto se remete ao fato de que na maioria das cidades da Microrregião em questão nas previsões realizadas a média do parâmetro de tendência estimado foi negativa, ou seja, tendência descendente. Além disso, é importante ressaltar que a região destacada de azul escuro para a previsão corresponde ao intervalo de confiança menor (80%), cujo intervalo é comumente usado em séries temporais, e a região focada de azul claro é o intervalo de confiança maior (95%), com limite superior e inferior em cada intervalo.

A fim de verificar se este modelo de previsão foi satisfatório em cada cidade analisaram-se os resíduos do mesmo por meio do p-valor dos testes de *Shapiro-Wilk* e *Box L-Jung*, onde se investiga que na maioria dos municípios os erros do modelo de previsão não seguem uma distribuição normal, bem como são dependentes temporalmente, respectivamente, comprovado através do histograma dos erros, o qual não tem distribuição normal por ser assimétrico. Já no gráfico de auto correlação (ACF) observa-se a sazonalidade dos erros e pontos que existe significância estatística na correlação com determinada defasagem (lag) na sazonalidade, e conseqüentemente, ultrapassando a faixa do intervalo de confiança, onde a correlação é próxima ou igual a 0, isto é, onde os erros não são correlacionados (situação ideal), e no gráfico de normalidade dos resíduos, uma bissetriz nem mesmo com seu respectivo intervalo de confiança não se ajusta bem a todos os erros.

A Tabela 1 apresenta os resultados do teste não paramétrico de *Mann Kendall* para análise





SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

de tendência linear da variação nas séries temporais de precipitação em cada município. Verifica-se que na maioria das cidades da microrregião do Baixo Jaguaribe no Ceará há tendência descendente na precipitação, exceto em Itaiçaba, onde a tendência é crescente, como visto através do sinal do valor Z. No entanto, a tendência da precipitação só tem significância estatística em Palhano e São João do Jaguaribe, neste caso, onde a tendência é descendente nas mesmas ao nível de significância de 10%.

A acuracidade do modelo em cada cidade foi constatada através das medidas de diagnóstico apresentadas na Tabela 2, onde nas referidas medidas é feito à diferença entre o estimado e o observado (erro), dado que esta diferença será melhor quando a soma dos erros obtidos nesta diferença for igual ou se aproximar de 0 positivo, absoluto e bem aleatório, assim, os sinais se anulam e menores são os erros. Nesta tabela se visualiza que o modelo *Holt-Winters* obteve os menores erros na cidade de Quixeré comparando com as demais cidades do Baixo Jaguaribe.

4. CONCLUSÕES

Portanto, após a realização do presente trabalho é correto afirmar que será necessário que os produtores de fruticultura irrigada façam maiores investimentos em irrigação mecanizada como forma de aproveitamento do solo fértil, visto que as condições climáticas atuais e futuras não são favoráveis, em virtude do cenário de tendência decrescente da precipitação temporalmente na Microrregião do Baixo Jaguaribe refletir na previsão e também pelo fato da previsão equivaler ao período seco na região, a qual estima no máximo um pequeno aumento mensal dos valores da precipitação na maioria das cidades da região em estudo, embora haja aumento este não é satisfatório para o plantio de culturas de frutas tropicais no Semiárido Cearense, este também pode ser um dos principais fatores relacionados ao volume armazenado do reservatório da cidade de Russas, único reservatório da Microrregião do Baixo Jaguaribe, reservatório este que há o menor volume útil do Ceará comparado aos demais reservatórios das outras Microrregiões do estado, conforme o boletim mais recente. Com esta perspectiva de crescimento da irrigação mecanizada, irá fazer com que o perímetro irrigado abranja praticamente toda região. E é de suma importância apresentar os resultados da pesquisa aos produtores da Microrregião, para que os mesmos saibam planejar a produção desta cultura e diminuir a vulnerabilidade desses sistemas agrícolas face aos riscos climáticos, mantendo o destaque da produção de fruticultura irrigada para o Baixo Jaguaribe no Ceará.

REFERÊNCIAS

- PEREIRA, G. R.; CUELLAR, M. D. Z. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. *Estudos Avançados* 29 (84), 2015.
- KENDALL, M. G. Rank correlation measures. Charles Griffin: London, U.K, p.220, 1975.

