

## MODELO ESTATÍSTICO DE REGRESSÃO LINEAR A PARTIR DE UM MODELO TRIGONOMÉTRICO: ESTIMATIVA DA UMIDADE RELATIVA MÉDIA DO AR EM GURUPI-TO

Vinicius Carvalho Pereira<sup>1</sup>, Bruno Coelho Alves<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente Curso Técnico em Agronegócios Integrado ao Ensino Médio - IFTO. e-mail: <pereira.viniciuscarvalho@gmail.com>

<sup>2</sup>Docente - IFTO. e-mail: <bruno.alves@ifto.edu.br>

**Resumo:** Dados de temperatura e umidade relativa do ar têm grande importância no clima de uma região, interferindo no rendimento das culturas. Estas variáveis do clima estão relacionadas ao consumo de água pelas plantas, além da possibilidade do controle de ácaros, fungos, bactérias e insetos. Dada a importância da umidade relativa do ar, a utilização de modelos matemáticos estatístico para o estudo de variáveis climatológicas vem sendo amplamente utilizado. Sendo assim, esse trabalho teve por objetivo determinar um modelo estatístico para a umidade relativa média do ar da região de Gurupi-TO, no ano de 2016. O modelo utilizado foi uma regressão linear a partir de função trigonométrica de ordem 2. Para validar o ajuste, foi utilizado o coeficiente determinístico  $R^2$ . O  $R^2$  do ajuste foi de 0,7591, e o coeficiente ajustado foi de 0,739. Através do ajuste é possível dizer que há possibilidade do cultivo de várias culturas, uma vez que a umidade se manteve entre 50% e 90% em Gurupi-To, umidade recomendada para o desenvolvimento da maioria das culturas. Além disso, foi obtido uma função com poucos termos, sendo possível a implementação do mesmo em máquinas agrícolas, principalmente aquelas com menor capacidade de cálculo, permitindo uma automatização do processo de plantio sem a necessidade de inserção de dados por humanos. Dada a importância de variáveis meteorológicas, a partir do modelo empregado nesse trabalho, poderão ser analisadas outras variáveis agroclimatológicas.

**Palavras-chave:** Modelo matemático; Regressão Linear; Umidade relativa; Dados agroclimatológicos.

### 1 INTRODUÇÃO

Os números divulgados pelos órgãos estaduais do Estado do Tocantins relatam que o total de área agricultável é de 13.825.070 hectares de terras (correspondente a 50,25% do território do Estado), sendo 49,74% destinadas às atividades agropecuárias (SEPLAN, 2015). Deste total, 7.498.250 hectares são áreas de pastagens, e 1.060.600 hectares utilizados para culturas de grãos (CONAB, 2014). O potencial de crescimento na produção é enorme, principalmente em áreas em pousio (239.304 hectares), juntamente com áreas sob algum grau de degradação. O avanço da agricultura no Tocantins tem sido maior na região sudeste do Estado.

Segundo levantamento da CONAB (2014), o Tocantins atualmente é responsável por 53% da produção de grãos da região Norte do Brasil. A área cultivada total de grãos no Estado, para a safra 14/15 está estimada em 1.089.600 hectares (CONAB, 2014). O grande aumento da produção do estado de grãos do Tocantins se dá principalmente por sua geografia estratégica e condições edafoclimáticas favoráveis, resultando em estimativas crescentes de área plantada (Conab, 2016).

Contudo, no que se refere as condições edafoclimáticas, Palmieri (2009) diz que as variáveis físicas climáticas interferem diretamente sobre o ambiente de produção agrícola e normalmente apresentam valores específicos de acordo com o local e encontram-se correlacionadas, ou seja, dependentes umas das outras. Essas variáveis físicas, tais como a temperatura e a umidade relativa,

ambas do ar, são atributos básicos que servem à definição do tipo climático de uma determinada região.

Alterações em valores de umidade relativa podem afetar de forma considerável o desempenho de uma atividade agrícola, quer seja vegetal, quer seja animal, determinando o modo como é feito seu manejo. Tendo como exemplo o manejo da irrigação, a base para quantificar a água a ser aplicada a um determinado cultivo está comumente associada à capacidade com que a superfície do solo e da vegetação possuem de perder água para a atmosfera (SILVA et al., 2011). Em termos dos animais, em países tropicais, o maior problema em gado leiteiro é a eliminação de calor do corpo para o ambiente; todavia, esse fator não está ligado somente à alta umidade do ar, mas também está associado a altas temperaturas e baixo movimento do ar (SILVA, 2013).

Dados de temperatura e umidade relativa do ar têm grande importância no clima de uma região, interferindo no rendimento das culturas. Estas variáveis do clima estão muito relacionadas ao consumo de água pelas plantas, visto que são parte influente no cálculo da evapotranspiração potencial de determinada região. Além da relação com o consumo de água a temperatura também influi no crescimento e desenvolvimento e a umidade relativa do ar tem relação direta com a incidência de doenças e por consequência na produtividade (TERRA, 2011).

Tendo em vista a influência que a umidade relativa do ar tem sobre boa parte da cadeia produtiva dos agronegócios, o presente trabalho traz como problemática a criação de um modelo matemático estatístico para a umidade média do ar da região de Gurupi-TO, e iniciar um desenvolvimento de uma série temporal para ajustar os dados de temperatura coletados na região.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

No que se diz de umidade relativa do ar, na área agrícola tem alto grau de importância, sendo que, o conhecimento e/ou controle da umidade relativa tem por objetivo o manejo adequado (Sánchez-Blanco et al., 2004; Alnaizy e Simonet, 2012), o controle de ácaros (Boudreaux, 1958; Walzer et al., 2007), o controle de fungos (Costa et al., 2002; Silva et al., 2003; Del Ponte et al., 2004), o controle de bactérias (Marcuzzo, 2008) e de insetos (Roca e Larazzi, 1994), além da busca por um produto final com maior qualidade (Bilia et al., 1994; Costa et al., 2004; Dalmago et al., 2006; Goneli et al., 2007).

A utilização de modelos matemáticos estatístico para o estudo de variáveis climatológicas vem sendo amplamente utilizado, como é o caso de Pinto et al. (1972), apresentam modelos de regressão linear múltiplo para estimar as temperaturas médias mensais para o Estado de São Paulo. O modelo proposto depende apenas da altitude (em metros) e latitude (em minutos), e é construída uma equação para cada mês do ano. Entretanto, os autores não trabalham as medidas de temperatura mínima e máxima para que se possa comparar.

Tendo em vista o modelo utilizado por Pinto et al. (1972), a análise de regressão é uma ferramenta padrão utilizada na engenharia para analisar dados de experimentos, onde são aplicadas técnicas e ferramentas matemáticas para relacionar as variáveis (PEDRINI, ANNA e CATEN, 2009).

Segundo Ragsdale (2009), a análise de regressão é utilizada para identificar uma função que apresente uma relação entre a variável dependente e a variável independente, onde seja possível presumir qual o valor que a assumirá a variável dependente, assumindo valores para as variáveis independentes.

Na linha de análise de regressão, Antonini et al. (2009) construíram um modelo para a temperatura média diária do Estado de Goiás utilizando o modelo harmônico e as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) de 21 estações meteorológicas em Goiás, os períodos variaram conforme a estação, pois as mesmas não continham séries com períodos idênticos e nem muito longas. O modelo foi testado com os dados de três estações de altitudes diferentes: elevada (1.100 m), média (554 m) e baixa (431 m). O desempenho do modelo foi considerado mediano para altitudes baixas e elevadas e muito bom para altitudes médias.

Cargnelutti Filho et al. (2010) utilizaram um modelo de regressão harmônica para modelar a temperatura do ar média mensal em 37 locais do Estado do Rio Grande do Sul, para o período de 1931 a 2000.

Em seu trabalho, Nunes et al. (2005), utiliza equações de regressão para estimar a umidade relativa das 13:00h, com base em dados das 9:00h e das 15:00h, para o estado do Paraná. Sendo que foi criado uma equação para cada região do estado, ele analisou a viabilidade de cada equação através do coeficiente de determinação  $R^2$ . Chegou a conclusão de que o uso de equações de regressão deve ter restrições em algumas regiões, sendo que não alcançou valores significativos do  $R^2$ , já em outras, pode ser utilizado sem restrições, uma vez que obteve coeficientes acima de 0,8.

É observável que grande parte dos trabalhos de regressão utiliza o coeficiente determinístico  $R^2$  para validarem os ajustes feitos, sendo assim, esse coeficiente determina uma correlação entre os dados reais, e os dados ajustados. Portanto, o coeficiente de correlação é uma medida da força e da direção de uma relação linear entre duas variáveis. O símbolo  $r$  representa o coeficiente de correlação amostral de Pearson (Faber & Larson, 2015). Em acordo com Faber & Larson (2015), uma fórmula para  $r$  é:

(Equação 1)

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

O coeficiente de determinação  $R^2$  é obtido através do quadrado do coeficiente de correlação amostral de Pearson.

### 3 METODOLOGIA/MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido através de pesquisa bibliográfica e experimental. Inicialmente foi coletado na UFT de Gurupi, dados agroclimatológicos da cidade de Gurupi, referente ao ano de 2016. Com os dados obtidos, os mesmos, foram implementados no programa de análise estatística R. O R é um programa de distribuição livre que permite realizar o ajuste estatístico de dados através de comandos padrão previamente instalados por pacotes disponíveis em vários sítios da Internet ou criados pelos usuários.

O modelo estatístico determinístico utilizado foi o de Regressão linear a partir de um modelo trigonométrico de ordem 2, de forma que a seguinte função expressa tal modelo:

$$f(x) = a_0 + \sum_{k=1}^2 \left( a_{2k-1} \operatorname{sen} \frac{2^k \pi}{\text{per}} x + a_{2k} \operatorname{cos} \frac{2^k \pi}{\text{per}} x \right) \quad (\text{Equação 2})$$

Para a implementação do modelo no programa R, foi necessária a execução da rotina descrita de forma resumida a seguir:

- > library(readxl) ← Comando para liberar o pacote “readxl”, que permite obter os dados de planilhas em formato xlsx.
- > Umidade\_2016 = read\_excel("Local do arquivo / Umidade 2016.xlsx") ← Comando para inserir os dados no R após tabela-los em uma planilha eletrônica e nomeá-la de “Umidade 2016”.
- > x = 1:53 ← Comando para definir a variável x, representando períodos quinzenais. Dessa forma, os dados foram dispostos a partir das médias das 53 semanas obtidas na coleta de dados e sendo x o número da quinzena desejada.
- > y = Umidade\_2016\$UmiSem ← Comando para definir a variável y, sendo “Umidade\_2016” o nome do arquivo que continha os dados e “UmiSem” a coluna contendo a umidade média registrada em cada semana, com cinco casas decimais de precisão.

- > `ssp = spectrum(y)` ← Esse comando estima a densidade espectral de y, valor necessário para determinar o valor “per” da função de regressão.
- > `per <- 1/ssp$freq[ssp$spec==max(ssp$spec)]` ← Comando utilizado para calcular a frequência associada ao maior pico da densidade espectral, e invertendo, para identificar o período, o valor obtido foi 54.
- > `plot(x,y, xlab = “Umidade Média”, ylab = “Semanas”, Main = “Umidade Média de Gurupito – Ano 2016”, xlim = c(2016, 2017))` ← Cria um gráfico de dispersão com os dados médios de umidade e sua respectiva semanas.
- > `lines(fitted(modelo.linear), col = “red”)` ← Insere a linha representativa da Regressão no diagrama de dispersão.

Para a validação do ajuste, foi utilizado o coeficiente de Pearson, que foi gerado automaticamente pelo software, a partir do comando “summary”. Esse comando gera um resumo dos resultados obtidos de ajustes.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

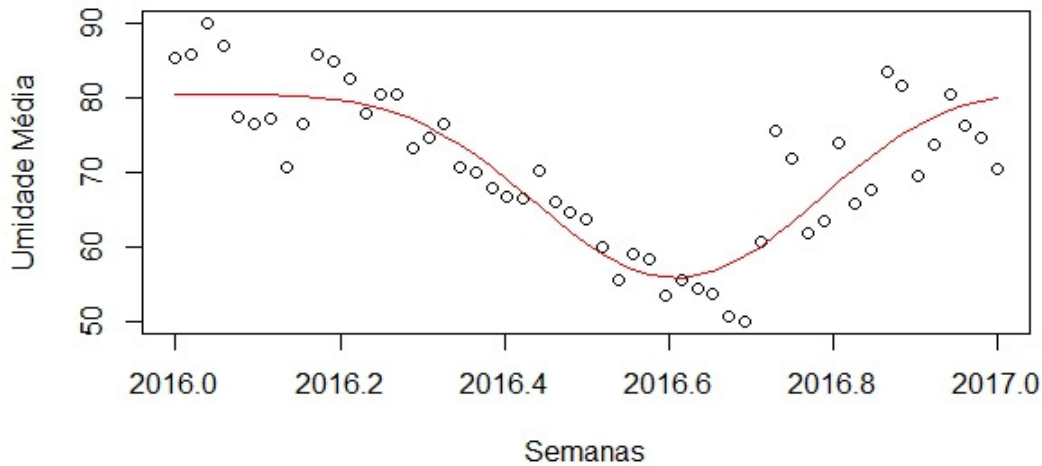
O modelo de regressão linear, a partir de um modelo trigonométrico, obtido foi o descrito na equação 2.

$$f(x) = 69,5516 + 8,1965 \operatorname{sen} \frac{2\pi}{54}x + 11,0567 \operatorname{sen} \frac{2\pi}{54}x - 3,0326 \operatorname{sen} \frac{2\pi}{54}x - 0,6331 \operatorname{sen} \frac{2\pi}{54}x$$

(Equação 3)

O modelo ajustado apresentou coeficiente de determinação  $R^2=0,7591$  e o coeficiente ajustado de  $R^2=0,739$ . Isso permite concluir que 75,91% da variável dependente consegue ser explicada pelo modelo, com coeficiente de Pearson maior que 0,8. Sendo assim, o coeficiente Pearson aponta que há validade no modelo, uma vez que há uma correlação forte no ajuste feito, mas apresenta algumas variáveis pouco explicadas, conforme a queda no valor ao calcular o  $R^2$  ajustado. (Faber & Larson, 2015).

### Umidade Média em Gurupi-To - Ano 2016



**Figura 1:** Umidade Média do Ar do ano de 2016 em Gurupi-To, e Modelo de Regressão Linear

Portanto, ao analisar os dados de umidade média do ar do município de Gurupi, é possível observar que a umidade média do ano de 2016 ficou entre 90% e 50%, com pico no mês de janeiro, como pode ser observado na Figura 1, apresentando, em boa parte do ano, condições propícias ao cultivo de boa parte das culturas agrícolas, uma vez que, a umidade relativa do ar está relacionada com a demanda evaporativa da atmosfera, ou seja, quando muito baixa ou muito elevada torna-se prejudicial para a maioria das plantas. Umidade relativa abaixo de 60% pode aumentar a taxa de transpiração e, acima de 90% pode reduzir a absorção de nutrientes, devido diminuir a transpiração, além de favorecer a propagação de doenças fúngicas (Bastos, 2005). O modelo obtido pode verificar esse resultado observado, sendo possível de ser utilizado para refinamentos e determinar futuramente um modelo de alta confiança para a umidade relativa média do ar da região.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A umidade relativa média do ar de Gurupi no ano de 2016 se manteve entre os 50% e 90%, apresentando temperatura ideal para o cultivo de várias culturas, durante o ano todo.

Tendo em vista a importância da agricultura do estado do Tocantins, o município de Gurupi vem iniciando um enfoque maior no desenvolvimento agrícola, sendo que as variáveis edafoclimáticas estão diretamente ligadas à produção de grãos, o tema apresentado no trabalho contribuiu para a agricultura do município.

O modelo de Regressão Linear a partir de uma função Trigonométrica apresentou-se viável, uma vez que o coeficiente de correlação de Pearson foi alto, apresentando assim uma correlação forte.

Foi obtido uma função com poucos termos para ajustar os dados, sendo assim, há grandes possibilidades para esse modelo, como a implementação do mesmo em máquinas agrícolas, principalmente aquelas com menor capacidade de cálculo, permitindo uma automatização do processo de plantio sem a necessidade de inserção de dados por humanos.

Dada a importância da análise de mais variáveis agroclimatológicas, o estudo de outras variáveis, como precipitação, se torna necessário, uma vez que aumentará a precisão no planejamento da semeadura e da colheita de culturas, por exemplo. Assim a partir do modelo empregado nesse trabalho, poderão ser analisadas outras variáveis agroclimatológicas. Ademais, esse trabalho inicia uma série de projetos correlatos, com fim de determinar um modelo adequado para a previsão de dados agroclimatológicos na região de Gurupi – TO.

## REFERÊNCIAS

ANTONINI, J. C. A. et al. **Modelo matemático para estimativa da temperatura média diária do ar no Estado de Goiás**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n. 4, p. 331-338, abr. 2009. Disponível em: . Acesso em: 19 Jul. 2018.

ALNAIZY, R.; SIMONET, D. **Analysis of water evaporation and drift losses during irrigation in semi-arid areas of Sharjah (UAE) and Riyadh (KSA)**. Natural Resources Research, v. 21, n. 2, p. 285-299, 2012.

BASTOS, T. X. **Sistema de produção da pimenteira-do-reino**. Embrapa Amazonia Oriental, Sistema de Produção, 01 ISSN 1809-4325, Versão eletrônica, 2005.

BILIA, D.A.C.; FANCELLI, A.L., MARCOS FILHO, J. **Comportamento de sementes de milho híbrido durante o armazenamento sob condições variáveis de temperatura e umidade relativa do ar**. Scientia Agricola, v. 51, n. 1, p. 153-157, 1994

BOUDREAUX, H. B. **The effect of relative humidity on egg-laying, hatching, and survival in various spider mites**. Journal of Insect Physiology, v. 2, n. 1, p. 65–72, 1958.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. **Modelo harmônico para a estimativa da temperatura do ar média mensal em diferentes locais do Estado do Rio Grande do Sul**. Ciencia Rural, Santa Maria, v. 40, n. 9, Set. 2010. Disponível em: . Acesso em: 19 Jul. 2018.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamentos de Safra. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, V. 3 - Safra 2015/16- N. 7 - Sétimo levantamento, Abril 2016**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_04\\_07\\_10\\_39\\_11\\_boletim\\_graos\\_abril\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_07_10_39_11_boletim_graos_abril_2016.pdf)>, Acesso em: 25 de Maio de 2016.

CONAB, 2014. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** – v. 2, n.2 (2014) Segundo Levantamento, nov 2014 – Brasília : Conab, 2014.

COSTA, E.; LEAL, P.A.M.; DO CARMO JÚNIOR, R.R. **Modelo de simulação da temperatura e umidade relativa do ar no interior de estufa plástica.** Engenharia Agrícola, v. 24, n. 1, p.57-67, 2004.

COSTA, R.V. et al. **Previsão da requeima da batateira.** Fitopatologia Brasileira, v. 27, p. 349-354, 2002.

DALMAGO, G.A. et al. **Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar.** Ciência Rural, v. 36, n. 3, p.7 85-792, 2006

DEL PONTE, E.M. et al. **Giberela do trigo – aspectos epidemiológicos e modelos de previsão.** Fitopatologia Brasileira., v. 29, p. 587-605, 2004.

LARSON, Ron, FARBER, Betsy, **Estatística aplicada.** Tradução José Fernando Pereira Gonçalves; revisão técnica Manoel Henrique Salgado. -- São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

GONELI, A.L.D.; CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; REIS NETO, S.A. **Estudo da difusão de umidade em grãos de trigo durante a secagem.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 27, n. 1, p. 135-140, 2007

MARCUZZO, L.L. **Epidemiologia e previsão da mancha bacteriana (Xanthomonas spp.) do tomateiro.** 2008, 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

PALMIERI, A.M. **Desenvolvimento de sistema automatizado de baixo custo para coleta e armazenamento de dados de variáveis climáticas:** aplicações no ambiente agrícola. 2009. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de concentração Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PEDRINI, Danilo Cuzzuol. ANNA, Angelo Marcio Oliveira Sant. CATEN, Carla Schwengber tem. **Sistemática para aplicação do gráfico de controle de regressão múltipla no monitoramento de processos.** XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, 2009.

PINTO, H. S.; ORTOLANI, A. A.; ALFONSI, R. R. **Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo, em função de altitude e latitude.** Caderno de Ciências da Terra. v.23, 20p. 1972.

ROCA, M.J.; LAZZARI, C.R. **Effects of relative humidity on the haematophagous bug *Triatoma infestans* : hygropreference and eclosion success.** Journal of Insect Physiology, v. 40, n. 10, p. 901-907, 1994.

SÁNCHEZ-BLANC et al. **Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of *Rosmarinus officinalis* plants during and after transplanting.** Journal of Plant Physiology, v. 161, p. 1133–1142, 2004

SEPLAN, Secretaria de Planejamento e Orçamento. **Perfil do agronegócio Tocantinense.** Versão Final (P6). ed. Palmas: Governo do Estado do Tocantins, 2016. 14 p. Disponível em: <<https://central3.to.gov.br/arquivo/354694/>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

SILVA, A. C. DA; LIMA, L. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MARTINS, C. P. **Evapotranspiração e coeficiente de cultura do cafeeiro irrigado por pivô central.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.15, p.1215-1221, 2011.

SILVA, I. M.; PANDORFI, H.; VASCONCELOS, A.J. S.; LAURENTI, R.; GUISELINI, C. **Low cost driver device for microclimate maintenance in the pre-milking of dairy cattle.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, vol.33, n.1, pp. 01-10, 2013.

SILVA, M.D.D., ALFENAS, A.C., MAFFIA, L.A. & ZAUZA, E.A.V. **Germinação de conídios de *Sphaerotheca pannosa* obtidos de eucalipto.** Fitopatologia Brasileira, v. 28, p. 674-681, 2003.

TERRA, Viviane Santos Silva. **Spatial and temporal variability of agronomic attributes in peach orchard.** 2012. 103 f. Tese (Doutorado em Agricultura familiar) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

WALZER, A. et al. **Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: Survival, development and reproduction.** Biological Control, v. 41, p. 42–52, 2007.