

# ESTUDO DAS CORRELAÇÕES ENTRE TEMPERATURA MÍNIMA E MÁXIMA DO AR E DO NÚMERO DE HORAS DE FRIO EM TRÊS LOCALIDADES DE MINAS GERAIS

MARIA J.H DE SOUZA<sup>1</sup>, VINÍCIUS E. SILVA<sup>2</sup>, GILCIANO S. NOGUEIRA<sup>3</sup>, ARISTIDES RIBEIRO<sup>4</sup>, FERNANDO P. LEITE<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Agrícola, Professora Dr<sup>a</sup>. Adjunta, Departamento de Agronomia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), CEP: 39100-000 Diamantina/MG (38) 3532 1200, e-mail: [mariahatem@yahoo.com.br](mailto:mariahatem@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal, Mestrando, Departamento de Engenharia Florestal, UFVJM

<sup>3</sup> Engenheiro Florestal Prof. Adjunto, Faculdade de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Florestal, UFVJM

<sup>4</sup> Agrônomo. Prof. Dr. Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV

<sup>5</sup> Engenheiro Florestal, Dr. Empresa Celulose Nipo-Brasileira S. A. - CENIBRA

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

**RESUMO:** Em diversas localidades não existem registros horários de temperatura do ar, o que dificulta a elaboração de estudos sobre a aptidão agrícola de muitas espécies e cultivares. Desse modo, é fundamental determinar ferramentas mais simples para quantificar o Número de Horas de Frio (NHF). Neste trabalho estudaram-se as correlações entre médias mensais das temperaturas máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) do ar com o número de horas de frio (NHF) inferiores a 7°C, 10°C e 13°C em três localidades de Minas Gerais. Utilizaram-se dados horários de temperatura dos municípios de Belo Oriente, Cocais e Alfinópolis - Minas Gerais, do período de junho de 2001 a dezembro de 2007, obtido em estações automáticas da empresa florestal Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA). As variáveis Tmax e Tmin correlacionaram-se muito bem com o NHF < 13°C e com o NHF < 10°C em todas as localidades, não acontecendo o mesmo com o NHF < 7°C que apresentou valores baixos ou não significativos de correlação. Tmax e Tmin podem ser empregadas para estimar o NHF < 13°C e < 10°C.

**PALAVRAS-CHAVE:** Índices bioclimáticos, Frio hibernal, Aptidão agrícola.

## INVESTIGATION THE CORRELATION OF MAXIMUM AND MINIMUM TEMPERATURE OF THE AIR AND THE NUMBER OF HOURS OF COLD IN THREE REGIONS OF MINAS GERAIS

**ABSTRACT:** In several places hourly registers of temperature of the air don't exist, what hinders the elaboration of several studies about the agricultural aptitude of a lot of species and cultivations. So, is necessary to determine methods more simple to the Number of Hours of Cold (NHF). The objective of the present work was to determine through hourly registers of temperature the NHF inferior to 7°C, 10°C and 13°C in three areas of Minas Gerais, to correlate them with the minimum temperature and maximum monthly average and to identify the potentialities of those variable for estimate NHF. For this study they used 'schedules' data of temperature of the cities Belo Oriente, Cocais and Alfinópolis - Minas Gerais, from June 2001 to December 2007. The data were supplied by the forest company Nipo-Brazilian Cellulose (CENIBRA), obtained in automatic meteorological stations. The variables of the minimum temperature and maximum monthly average were correlated very well with NHF <13°C and NHF <10°C in all of the areas, not happening the same with NHF <7°C that presented low values or no significant of correlation. The variable minimum and maximum temperature of the air can be used to estimate NHF <13°C and NHF <10°C.

**KEY-WORDS:** Bioclimatic indices, WinterCold, Agricultural aptitude.

**INTRODUÇÃO:** A temperatura do ar exerce grande influência em vários aspectos da produtividade vegetal. As espécies de clima temperado (criófilas ou caducifólias) apresentam um período de repouso invernal, durante o qual as plantas não apresentam crescimento visível, resultando em uma fase de dormência ou repouso invernal (MOTA et al., 1974 e PEREIRA, 2002), sendo que estes processos ocorrem de forma adequada somente entre certos limites térmicos de acordo com a espécie e o material genético. As temperaturas noturnas são responsáveis pelo acúmulo de horas de frio que irão influenciar na brotação e na germinação de algumas espécies de clima temperado, como a macieira, o morangueiro e a ameixa preta (SOARES e BATISTA, 2004). Para mensurar a quantidade de frio necessária para superar a dormência e a brotação, o método mais utilizado é o somatório diário das horas abaixo de 7°C ou abaixo de 10°C, e de 13°C durante o período de outono e inverno (PEDRO JUNIOR et al., 1979). Tal método tem sido o mais utilizado e difundido pela simplicidade de cálculo (SILVA et al., 2002). Muitas vezes, a ausência de um banco de dados horário de temperatura impossibilita a quantificação desses índices bioclimáticos, tornando-se indispensável estabelecer ferramentas mais simples para quantificá-los. Uma alternativa para quantificar o número de horas de frio (NHF) é estimá-lo a partir de variáveis como as médias mensais das temperaturas mínimas (Tmin) e máximas (Tmax) do ar. Dentro do exposto o objetivo deste trabalho foi estabelecer correlações entre o NHF inferiores a 7°C, 10°C e 13°C e as Tmax e Tmin do ar em três localidades de Minas Gerais, identificando as potencialidades dessas variáveis em estimar o NHF.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Utilizaram-se para este estudo dados meteorológicos coletados na Empresa Florestal Celulose Nipo-brasileira (CENIBRA), obtidos em estações meteorológicas automáticas localizadas nos municípios de Belo Oriente (19°17'S, 42°23'W, 233m) Cocais (19°29'S, 42°52'W, 1273m) e Alfinópolis (19°46'S, 42°54'W, 1.143m) – Minas Gerais. Os dados são referentes ao período de junho de 2001 a dezembro de 2007. Calculou-se, utilizando planilhas eletrônicas, o número de horas de frio (NHF) < 7°C, NHF < 10°C e NHF < 13°C em todos os meses do ano nas três regiões, sendo que os dados de NHF referentes a Cocais e a Belo Oriente foram determinados por SOUSA (2008). Calculou-se, também, a temperatura mínima e máxima média de cada mês. Correlacionou-se a temperatura mínima (Tmin) e máxima (Tmax) média mensal com NHF < 7°C, < 10°C e < 13°C, utilizando o coeficiente de correlação linear de Pearson (r). Para avaliar o comportamento da Tmin e Tmax com o NHF ajustou-se o modelo proposto por POLA et al. (1994). Este modelo leva em consideração a razão entre as amplitudes térmicas (AT), ou seja, a variação entre as temperaturas mínimas e máximas, em relação ao NHF.

$$NHF = a + b * AT + c * AT^2 \quad \text{eq.1}$$

Em que NHF é o número de horas de frio abaixo de 7,2 ou 13°C;

$$AT = 24 * ((K - T_{\min_d}) / (T_{\max_d} - T_{\min_d})) \quad \text{eq.2}$$

a; b; c são coeficientes da regressão e K tem valor de 7,2 ou 13°C, Tmin<sub>d</sub> e Tmax<sub>d</sub> são as temperaturas mínimas e máximas diárias (°C), respectivamente. A avaliação do ajuste foi feito por meio do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), o erro padrão de estimativa (EPE) empregando-se a seguinte equação:

$$EPE = \sqrt{\frac{\sum(NHF_{observado} - NHF_{estimado})^2}{n}} \quad \text{eq.3}$$

em que n é o número de observações. O processamento dos dados e as regressões foram realizados no software STATÍSTICA® (2007). Para verificar a consistência das correlações obtidas, utilizou-se o modelo proposto por POLA et al. (1994) para diferentes regiões de Santa Catarina.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Observa-se na Figura 1 que a localidade de Cocais apresentou as menores temperaturas quando comparada às demais regiões, e que a região de Belo Oriente apresentou as maiores temperaturas. Esse fato é devido à diferença de altitude entre as localidades, já que Belo Oriente está a 233 m de altitude e Cocais a 1.247m de altitude. Com relação ao NHF verifica-se um comportamento oposto ao das temperaturas, ou seja para Cocais, em que as temperaturas são as menos elevadas os valores dos NHF são maiores que nas outras duas localidades. Já o comportamento em Belo Oriente é o oposto ou seja maiores temperatura e menores valores de NHF.

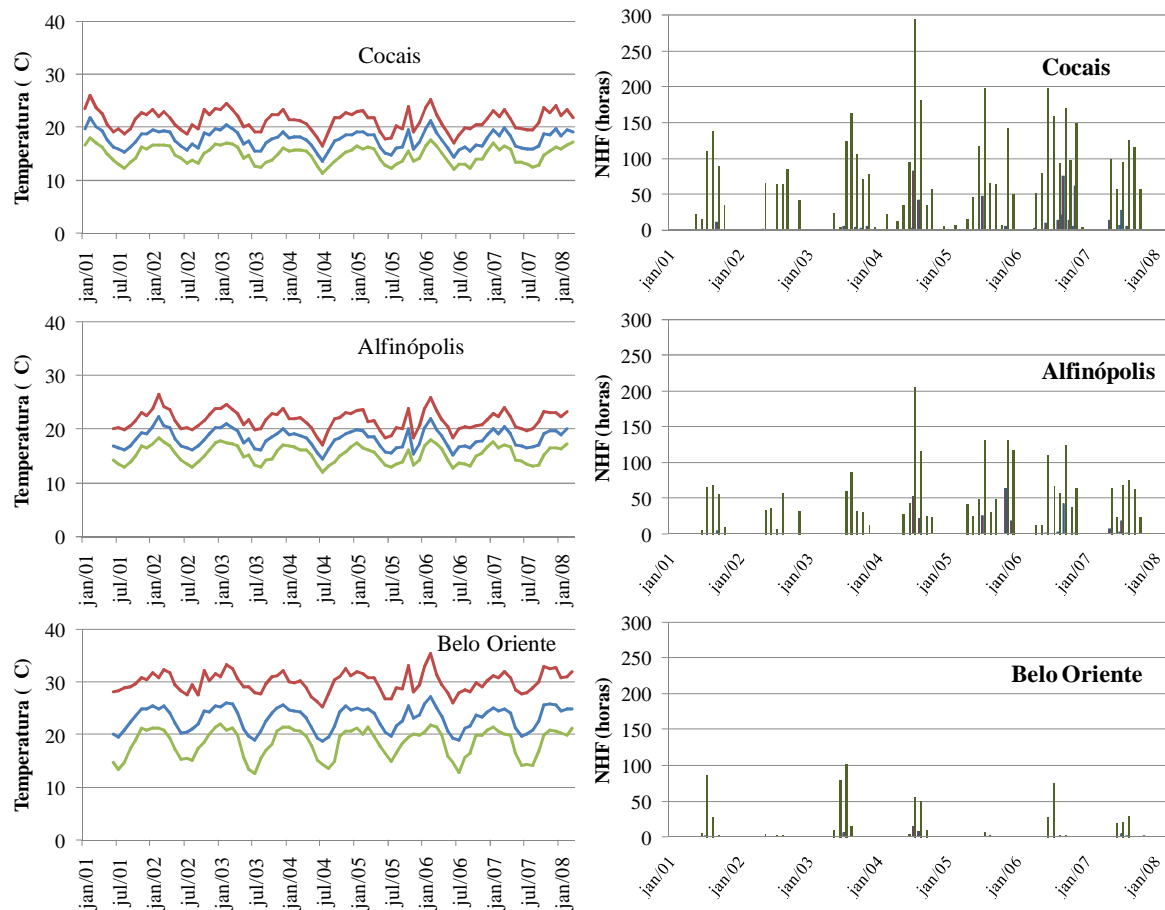


Figura 1 - Temperatura média, máxima e mínima do ar, média mensal, em °C, e número de horas de frio (NHF) < 7°C, < 10°C e < 13°C em Cocais, Alfinópolis e Belo Oriente.

Observa-se ainda, na Figura 1, que em Cocais o verão de 2005/2006 foi o mais quente do período, enquanto que o inverno de 2005 e o de 2006 foram os mais frios. Percebe-se que o verão de 2001/2002 na região de Alfinópolis foi o mais quente dentre o período estudado; já o inverno de 2004 foi o mais frio entre os anos de 2001 e 2007. Analisando-se a temperatura do ar de Belo Oriente observa-se que o verão de 2005/2006 foi o mais rigoroso em relação aos demais períodos; já o inverno de 2004 apresentou a temperatura mais amena nessa região entre os períodos avaliados. Com relação ao NHF < 7°C, verifica-se que ocorre de forma reduzida nas três localidades. Com relação ao NHF acumulado mensalmente durante o período de junho de 2001 a dezembro de 2007, observa-se na Tabela 1, de forma geral, que o NHF na região de Cocais apresenta os maiores valores em relação às demais regiões e isso corrobora os resultados apresentados na Figura 1 de temperatura do ar, quando essa região

apresenta as temperaturas mais amenas. Verifica-se, na Figura 1, a ocorrência do NHF < 13°C em todos os anos avaliados e em todas as regiões, destacando-se o ano de 2006 da região de Cocais com o acúmulo de 1002 HF (horas de frio) abaixo de 13°C. O mesmo não acontece com NHF < 7°C e com o NHF < 10°C que não ocorre em todos os anos, sendo que em Belo Oriente não houve nenhuma hora abaixo de 7°C no período estudado. Pode-se notar que há uma concentração de horas de frio entre os meses de maio e novembro, meses de maior exigência para a maioria das espécies frutíferas de clima temperado. Analisando o NHF < 13°C observa-se que a região de Cocais apresenta grande disponibilidade deste índice (649 HF), sendo esta região propícia para as culturas do pessegueiro, nectarina e do kiwi (PEREIRA, 2002), porém as regiões de Alfinópolis e Belo Oriente não são propícias. Na Tabela 2 são apresentadas as correlações obtidas entre os NHF e as temperaturas média mínima (Tmin) e máxima (Tmax) médias (Tmed) do ar nas três regiões. Observa-se, então, que a variável Tmin foi a que melhor se correlacionou com o NHF < 13°C, seguida pelo NHF < 10°C e o NHF < 7°C. Uma vez que o NHF < 13°C ocorre com maior frequência, do que o NHF < 10°C e < 7°C, observa-se que quanto maior o número de horas de resfriamento, maior é a relação entre essas variáveis. Isso se torna evidente quando observamos a ocorrência dos maiores coeficientes de correlação entre o NHF e a Tmin e Tmax em localidades mais frias, como a região de Cocais. Na região de Alfinópolis e Belo Oriente, a correlação entre as variáveis NHF < 7°C e a Tmin e Tmax não foi significativo. Isso pode ser explicado pelo fato dessas localidades apresentarem NHF reduzido ou ausente, o que dificulta o estabelecimento de relações entre as variáveis.

Tabela 1 – Número de horas de frio < 7°C, < 10 °C e < 13 °C, média anuais, para Cocais, Belo Oriente e Alfinópolis

Localidade	NHF < 7°C	NHF < 10°C	NHF < 13°C
Cocais	5,7	69,5	649
Belo Oriente	0	4,7	87,5
Alfinópolis	0,5	43	367,2

Tabela 2 – Coeficientes de Correlação de Pearson entre temperatura média mínima e máxima do ar e NHF < 7 °C, < 10°C e < 13°C para três localidades

Fontes de Variação		Correlação Linear de Pearson (r)		
		NHF < 7°C	NHF < 10°C	NHF < 13°C
Cocais	Temperatura mínima média	-0,24 *	-0,45 *	-0,86 *
	Temperatura máxima média	-0,15 n.s	-0,40 *	-0,77 *
Belo Oriente	Temperatura mínima média	0 n.s	-0,38 *	-0,66 *
	Temperatura máxima média	0 n.s	-0,35 *	-0,39 *
Alfinópolis	Temperatura mínima média	-0,12 n.s	-0,40 *	-0,75 *
	Temperatura máxima média	-0,12 n.s	-0,44 *	-0,72 *

\*significativo a 5% de probabilidade / n.s não significativo a 5 % de probabilidade

Essas correlações são importantes para identificar quais variáveis poderão ser utilizadas para modelar o índice NHF, através de equações de regressão que permitam quantificá-lo utilizando variáveis climáticas com base mensal de dados, pois existe uma dificuldade muito grande em obter dados climáticos em base horária de temperatura em muitas localidades. Na Tabela 3, em que são apresentadas as equações obtidas por região, verifica-se que o desempenho do ajuste das equações segue a mesma tendência das correlações obtidas, ou seja, o NHF < 13 °C é melhor explicado pela variável AT (amplitude térmica) - diferença entre Tmax e Tmin - seguidas pelo NHF < 10 °C e < 7 °C. Nota-se também que as regiões com a maior quantidade de horas de frio acumuladas permitem melhores estimativas do NHF, o que

pode ser comprovado pelo valor do coeficiente de determinação para a localidade de Cocais quando comparado às demais regiões. O modelo proposto por POLA et al. (1994) apresentou boas estimativas para o NHF < 13 °C nas três regiões locais. Para o NHF < 10 °C e < 7 °C o mesmo modelo não se mostrou eficiente nas estimativas, principalmente nas regiões em que ocorreram poucas horas de frio.

Tabela 3 – Equações adaptadas para Cocais, Belo Oriente e Alfinópolis para estimar o NHF <7°C, <10°C e < 13°C, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), erro padrão de estimativa (EPE) para avaliar o desempenho do ajuste

Região	Equações	R <sup>2</sup>	EPE
Cocais	NHF < 7 °C = 13, 4875 + 0, 8496 * AT + 0, 0113 * AT <sup>2</sup>	0,12 *	2,3
	NHF < 10 °C = 68,1145 + 6, 6870 * AT + 0, 1583 * AT <sup>2</sup>	0,30 *	13,4
	NHF < 13 °C = 110, 9445 + 16, 5845 * AT + 0, 6252 * AT <sup>2</sup>	0,85 *	24,5
Belo Oriente	NHF < 7 °C = 0 + 0 * AT + 0 * AT <sup>2</sup>	0,00 n.s	0,0
	NHF < 10 °C = 4, 4107 + 0, 4090 * AT + 0, 0090 * AT <sup>2</sup>	0,17 *	1,8
	NHF < 13 °C = 53, 1121 + 8, 1910 * AT + 0, 2798 * AT <sup>2</sup>	0,64 *	8,2
Alfinópolis	NHF < 7 °C = 0, 1578 + 0, 0031 * AT + 0, 00002 * AT <sup>2</sup>	0,01 *	0,3
	NHF < 10 °C = 28, 9983 + 2, 1345 * AT + 0, 0385 * AT <sup>2</sup>	0,13 *	10,5
	NHF < 13 °C = 89, 7073 + 12, 2974 * AT + 0, 4180 * AT <sup>2</sup>	0,68 *	23,9

\*significativo a 5% de probabilidade / n.s não significativo a 5% de probabilidade

**CONCLUSÕES:** As variáveis NHF < 13°C e NHF < 10°C correlacionaram-se bem com as temperaturas mínima e máxima, média mensal, do ar nas três regiões estudadas, porém o mesmo não aconteceu com a variável NHF < 7°C que não apresentou correlação significativa na região de Belo Oriente e ainda valores muito baixos de correlação na região de Cocais e Alfinópolis. Cocais apresentou características térmicas adequadas para o desenvolvimento de algumas espécies frutífera de clima temperado.

#### REFERÊNCIAS:

- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba – RS: Agropecuária, 2002. 478p.
- SOARES, R.V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e Climatologia Florestal**. Curitiba: UFP, 2004. 77p.
- MOTA, F.S.; BEIRSDORF, M.I.C.; ACOSTA, M.J.C.; MOTTA, M.A.; WESTPHALEN, S.L. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. EMBRAPA. Circular Nº 50. Vol. 2, 15 p., 1974.
- PEDRO JUNIOR, M.J., ORTOLANI, A.A., RIGITANO, O. et al. Estimativa de horas de frio abaixo de 7°C e 13°C para regionalização da fruticultura de clima temperado no Estado de São Paulo. **Bragantina**, Campinas, v. 38, n.13, p. 123-130, 1979.
- SILVA, J. B da; HERTER, F. G.; PAZ, S. R. da Disponibilidade das horas de frio (hf≤7,2°C) na Encosta da Serra do Sudeste, em Pelotas, RS, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 113-122, 2002.
- SOUSA, F. A.; SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE, F. P.; MOURA, V. V. Número de Horas de Frio em Cocais, Minas Gerais. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. 2008.
- POLA, A.C.; BLEICHER, J; BERNARDI, J. Avaliação de modelo de unidades e horas de frio para a previsão do início de brotação em macieira, cv. Gala. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz de Almas, v.16, n.1, p.105- 118. 1994.