

DECIO MOSSINI JUNIOR

**VALIDAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMAR A TEMPERATURA
E UMIDADE RELATIVA DO AR NA ANÁLISE DO POTENCIAL DE SECAGEM DE
GRÃOS EM MUNICÍPIOS DE MATO GROSSO**

TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL

2013

DECIO MOSSINI JUNIOR

**VALIDAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMAR A TEMPERATURA
E UMIDADE RELATIVA DO AR NA ANÁLISE DO POTENCIAL DE SECAGEM DE
GRÃOS EM MUNICÍPIOS DE MATO GROSSO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Schwanz da Silva.

Co-orientador: Prof. Dr. Rivanildo Dallacort.

TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL


2013

DÉCIO MOSSINI JUNIOR

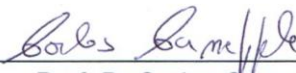
**VALIDAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMAR A TEMPERATURA
E UMIDADE RELATIVA DO AR NA ANÁLISE DO POTENCIAL DE SECAGEM DE
GRÃOS EM MUNICÍPIOS DE MATO GROSSO**

Dissertação apresentada a Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de junho de 2013.



Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT



Prof. Dr. Carlos Caneppele
Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT/MT



Prof. Dr. Fabrício Schwanz da Silva
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo fôlego de vida, pela capacitação e pelas oportunidades concedidas.

Aos meus pais Decio e Sonia, e a minha irmã Angélica por me apoiarem e me fornecerem mais do que o necessário para a aquisição desse título.

A senhorita Thyara pelo carinho e incentivo.

Ao meu orientador, professor Fabrício Schwanz da Silva, por disponibilizar de seu tempo e paciência a fim de prestar-me a orientação necessária. Assim como, ao professor Rivanildo Dallacort, pelo apoio, orientação e também por hospedar-me em sua casa.

Ao professor Carlos Caneppele e ao professor Marco Antônio Camillo de Carvalho, por participarem da banca de qualificação e defesa e por contribuírem para com o trabalho.

Aos amigos que fiz em Tangará da Serra: Antero, Cleonir, Elizane, Elizângela, Francieli, Henrique, Marcela, Rafaela, Ricardo, Rogério, Suelen, Talitha, Thays, Thiago, Valvenarg, Prof.^a Amanda, Prof.^a Daiane, pela amizade e pelos bons momentos que passamos juntos.

À professora Sonia Regina Alves Silva (tia Preta), pelas revisões de língua portuguesa e inglesa.

A Universidade do Estado de Mato Grosso e ao Programa de Pós-graduação em Ambientes e Sistemas de Produção Agrícola, assim como, a todos os professores e funcionários que de alguma forma contribuíram para minha formação.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO GERAL	7
REFERÊNCIAS.....	9
ARTIGO 1.....	10
ARTIGO 2.....	29
CONSIDERAÇÕES FINAIS	57

RESUMO

A secagem com ar ambiente consiste em promover a retirada parcial de água do produto sem a utilização de uma fonte de calor para aquecer o ar. Este estudo foi elaborado no município de Tangará da Serra (MT), no laboratório de Agrometeorologia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), no ano de 2013. Foram elaboradas e avaliadas equações para a estimativa da temperatura e umidade relativa no período diurno, a fim de aplicá-las em uma análise do potencial de municípios do Estado de Mato Grosso para a secagem de grãos com ar ambiente. Com base em dados climáticos dos municípios de Diamantino, Rondonópolis, Sinop e Campo Verde, calculou-se a umidade de equilíbrio de soja, milho, arroz e feijão em todos os decêndios do ano menos favorável para a secagem. A umidade de equilíbrio calculada foi comparada com a umidade de comercialização e de armazenamento dos diferentes produtos agrícolas, para a identificação dos períodos com possibilidade de secagem nos diferentes municípios. As equações propostas demonstraram ótimo desempenho, podendo ser utilizadas nos locais avaliados e em demais locais. A secagem de soja, milho e feijão, até o grau de umidade máximo permitido para a comercialização, pode ser realizada em todos os municípios estudados. Já a secagem de soja até 12% de umidade foi possível apenas nos municípios de Diamantino e Rondonópolis. A secagem de milho até 13% de umidade só é possível na segunda safra. A secagem de arroz é possível apenas nos municípios de Diamantino e Rondonópolis. A secagem de feijão até 13% de umidade pode ser realizada nos municípios estudados.

Palavras-chave: modelagem matemática; fatores climáticos; umidade de equilíbrio; ar natural.

ABSTRACT

Drying with ambient air is to promote the partial removal of water from the product without the use of a heat source to heat the air. This study was conducted in the city of Tangara da Serra (MT), in the laboratory of Agrometeorology, of University of State of Mato Grosso (UNEMAT), in 2013. Were prepared and evaluated equations for estimating the temperature and relative humidity during the daytime in order to apply them to an analysis of the potential of municipalities in the state of Mato Grosso for drying grains and seeds with ambient air. Based on climate data from the municipalities of Diamantino, Rondonópolis, Sinop and Campo Verde, was calculated the equilibrium moisture content of soybeans, corn, rice and beans in all periods of ten days of the year less favorable for drying with ambient air. The equilibrium moisture content was calculated compared with the moisture storage and marketing of various agricultural products, to identify periods with the possibility of drying with ambient air in different municipalities. The proposed equations have shown good performance and can be used in municipalities studied and in other places. The drying of soybeans, corn and beans with ambient air until the moisture content maximum allowed for marketing, can be held in all the districts studied. The drying of soybeans to 12% moisture was possible only in the cities of Diamond and Rondonópolis. Drying corn to 13% moisture content is possible only in the second season. Drying rice is possible only in the cities of Diamond and Rondonópolis. The drying of beans up to 13% moisture can be held in all municipalities.

Keywords: mathematical modeling, climatic factors, equilibrium moisture, natural air.

INTRODUÇÃO GERAL

A questão ambiental atualmente gera questionamentos quanto às transformações na trajetória de nossa civilização. Se por um lado as tecnologias disponíveis têm potencial para revolucionar o desenvolvimento em benefício das gerações futuras, por outro, os meios utilizados para se alcançar tal objetivo podem trazer problemas para as gerações atuais e futuras (Neumann & Loch, 2002).

Dentre os questionamentos o mais polêmico e de maior relevância, é com certeza referente à interação entre agricultura e meio ambiente. Desse modo, o desenvolvimento e estudo de técnicas agrícolas que venham minimizar o impacto ambiental e proporcionar a manutenção dos recursos naturais, têm sido o grande desafio da geração atual.

A agricultura tem sido beneficiada pelos avanços tecnológicos alcançados pelo homem ao longo da história, um exemplo destes benefícios é o monitoramento das variáveis climáticas, que além de contribuir para o aumento da produtividade, auxilia na preservação do meio ambiente (Turco & Barbosa, 2008). Além disso, pode-se associar o monitoramento climático com a utilização de modelos matemáticos. Estes, por sua vez, podem ser utilizados para calcular temperatura, umidade relativa, regime pluviométrico e radiação solar (Antonini et al., 2009; Turco & Rizzati, 2006; Mello et al., 2003).

Uma das formas de aplicação de dados climáticos na agricultura é em estudos relacionados à secagem e armazenamento de produtos de origem vegetal, em especial na secagem com ar ambiente. Este tipo de secagem consiste em promover a retirada parcial de água do produto sem a utilização de uma fonte de calor para aquecer o ar, sendo assim, exclusivamente dependente das condições climáticas do local em que é realizada.

Geralmente a secagem com ar ambiente é feita através de convecção pelo método de insuflação de ar. O ar do ambiente é forçado a atravessar uma camada de produto que por sua vez permanece estática. Para tal método são utilizados silos secadores que também servem para armazenar o produto no período de entressafra.

Segundo Gonçalves (1984) a secagem com ar ambiente é viável para ser aplicada no Brasil, principalmente para pequenos e médios produtores que desejam

realizar a secagem na própria fazenda, porém, existe ainda falta de estudos sobre o real potencial de secagem do ar nas mais distintas regiões do país.

Além disso, a secagem com ar ambiente, sendo empregada para grãos ou sementes, tem a vantagem de proporcionar um produto final com melhor qualidade. Segundo Devilla et al. (1999) o fato do produto não sofrer estresse térmico na secagem proporciona menor susceptibilidade a quebras posteriores.

Tal método, trata-se de uma alternativa com baixo impacto sob o meio ambiente, já que não necessita da queima de combustíveis para o aquecimento do ar. No entanto, sua utilização prática depende principalmente das condições climáticas da região, do bom dimensionamento dos equipamentos de secagem, e do planejamento das etapas de produção na propriedade. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi avaliar se as condições climáticas ao longo do ano, nos municípios de Diamantino, Rondonópolis, Sinop e Campo Verde são favoráveis, para a secagem de grãos de soja, milho, arroz e feijão com ar ambiente.

REFERÊNCIAS

ANTONINI, J. C. A.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; SANO, E. E. Modelo matemático para a estimativa da temperatura média diária do ar no Estado de Goiás. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.4, p. 331-338, 2009.

DEVILLA, I. A.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M.; DAMASCENO, G. S.; REIS, F. P. Qualidade de grãos de milho submetidos ao processo de seca-aeração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.2, p. 211-215, 1999.

GONÇALVES, V. A. Potencial de secagem do milho a granel com ar natural em Botucatu-SP. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.13, n.1, p. 141-166, 1984.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; LIMA, J. M.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, M. S. Modelos matemáticos para predição da chuva de projeto para regiões do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p. 121-128, 2003.

NEUMANN, P. S.; LOCH, C. Legislação ambiental, desenvolvimento rural e práticas agrícolas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p. 243-249, 2002.

TURCO, J. E. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação de duas estações meteorológicas automatizadas, para a estimativa diária da evapotranspiração de referência obtida pelo método de Penman-Monteith. **Revista Irriga**, Botucatu, v.13, n.3, p. 339-354, 2008.

TURCO, J. E. P.; RIZZATI, G. S. Avaliação de modelo matemático para estimar a radiação solar incidente sobre superfícies com diferentes exposições e declividades. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p. 257-267, 2006.

ARTIGO 1

MODELO MATEMÁTICO PARA A ESTIMATIVA DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA MÉDIA DIURNA DO AR

Preparado de acordo com as normas da Revista Enciclopédia Biosfera

Resumo: O monitoramento das variáveis climáticas contribui para o aumento da produtividade agrícola, auxilia na preservação do meio ambiente e na qualidade de vida humana. Em alguns casos há a necessidade de se conhecer os valores médios de temperatura e umidade relativa diurnos, pois neste período, devido à presença de luz solar, os valores de temperatura são maiores e a umidade relativa é menor. Assim, o objetivo desse trabalho foi propor e avaliar o desempenho de equações matemáticas para a estimativa da média mensal e decendial de temperatura e umidade relativa, entre 12 e 22 h. Calculou-se a média, o desvio padrão, o erro padrão de estimativa, o coeficiente de determinação (R^2), através de regressão linear e o índice de concordância (d), de dados climáticos provenientes de estações automáticas. As equações propostas apresentaram desempenho ótimo quando aplicadas a municípios dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará e Rondônia, podendo ser utilizadas na estimativa de temperatura e umidade relativa em períodos mensais e decendiais, nestas e em demais localidades.

Palavras-chave: modelagem matemática; fatores climáticos; estações meteorológicas.

MATHEMATICAL MODEL FOR ESTIMATING THE AVERAGE TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY OF AIR DAYTIME

Abstract: The monitoring of climatic variables contributes to increased agricultural productivity, assists in preserving the environment and quality of life. In some cases there is a need to know the values of temperature and relative humidity during the day, because in this period, due to the presence of sunlight, the temperature values

are higher and the relative humidity is lower. The objective of this study was to propose and evaluate the performance of mathematical equations to estimate the average monthly and ten-day of temperature and relative humidity, between 12:00 am and 10:00 pm. Was calculated the mean, the standard deviation, the standard error of estimate, the coefficient of determination (R^2), by linear regression, and the concordance index (d), of climatic data from automatic stations. The proposed equations showed great performance when applied to municipalities in the states of Rondônia, Pará, Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, could be used to estimate temperature and relative humidity in monthly periods and each ten days, in these and other locations.

Keywords: mathematical modeling, climatic factors, weather stations.

INTRODUÇÃO

A agricultura tem sido beneficiada pelos avanços tecnológicos alcançados pelo homem ao longo da história, um exemplo é o monitoramento das variáveis climáticas, que além de contribuir para o aumento da produtividade, auxilia na preservação do meio ambiente (Turco & Barbosa, 2008).

Os estados de Rondônia, Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, ocupam posição de destaque na produção agrícola no país, possuindo ainda, regiões com atividades de expansão da fronteira agrícola (Arraes et al., 2010). Nestes locais, é de suma importância a elaboração de estudos que venham contribuir para a implantação de novas culturas, e atividades que auxiliem no crescimento econômico e na preservação e manutenção dos recursos naturais, uma vez que, o período de chuvas concentra-se em determinadas épocas do ano, limitando assim as atividades agrícolas.

Conhecer as variáveis climáticas pode contribuir com estudos relacionados ao desenvolvimento e desempenho de culturas agrícolas (Antonini et al., 2009), além de influenciarem na incidência de pragas e doenças (Suzuki et al., 2007 e Uramoto et al., 2003), no conforto térmico durante a criação de animais confinados (Oliveira et al., 2005 e Faria et al., 2008), nos processos relacionados a secagem e armazenamento de produtos de origem vegetal e animal (Resende et al., 2011; Chaves et al., 2012; Costa et al., 2010 e Finco et al., 2010), no desempenho de

sistemas de irrigação (Azevedo et al., 1999 e Evangelista et al., 2010) e na qualidade da saúde humana (Confalonieri, 2008).

Dentre as variáveis climáticas, a temperatura e a umidade relativa do ar são as de maior relevância, estando ligadas entre si. A temperatura do ar em um determinado local é aquela obtida através de um termômetro comum (Silva et al., 2008), já a umidade relativa, pode ser obtida através de higrômetros e psicrômetros, e trata-se da relação entre a quantidade de vapor de água presente no ambiente, para com a quantidade de vapor que prevaleceria no mesmo em condições saturadas, e sob mesma temperatura (Compagnom et al., 2010). A atmosfera consegue reter água em forma de vapor até um determinado limite, que varia em função da pressão e temperatura no ambiente, uma vez que, quanto mais alta a temperatura do ambiente, maior a capacidade do ar em reter água (Biscaro, 2007).

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) tem ao longo dos anos implantado estações meteorológicas por todo território brasileiro, e atualmente existem em operação estações automatizadas e convencionais. Nas estações automatizadas as variáveis climáticas são registradas de forma contínua, porém, nas estações convencionais, os registros são efetuados em apenas determinados horários do dia, 0 h, 12 h e 18 h, dificultando assim o monitoramento completo das variações climáticas. No entanto, por estarem em funcionamento a mais tempo, as estações convencionais são as que possuem maior volume de dados, e assim, suas informações são as mais utilizadas em trabalhos com necessidade de longos períodos históricos.

Em alguns estudos, principalmente relacionados à secagem e armazenamento de grãos e sementes, conforto térmico de animais confinados e qualidade da saúde humana, há a necessidade de se conhecer os valores médios de temperatura e umidade relativa diurnos, pois neste período, geralmente os valores de temperatura são maiores e a umidade relativa do ar é menor. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi propor e avaliar o desempenho de equações matemáticas para a estimativa da média mensal e decenal de temperatura e umidade relativa, entre as 12 e 22 h, quando aplicadas aos municípios dos estados de Rondônia, Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Agrometeorologia pertencente ao campus universitário de Tangará da Serra da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), no ano de 2013. Foram utilizados dados de temperatura e umidade relativa oriundos de nove estações meteorológicas automatizadas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas em municípios dos estados de Rondônia, Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Tabela 1). Os dados utilizados são do período de seis anos, variando de acordo com cada localidade, sendo que os meses com falhas de dados foram excluídos da análise.

Tabela 1. Altitude, localização e número de registros das estações meteorológicas utilizadas neste estudo, localizadas nos estados de Rondônia (RO), Pará (PA), Mato Grosso (MT) e Mato Grosso do Sul (MS)

Localidade	Estado	Altitude (m)	Latitude Sul (°)	Longitude Oeste (°)	Nº de registros (meses)
Ariquemes	RO	140	9,56	62,57	42
Cacoal	RO	210	11,26	61,26	49
Vilhena	RO	590	12,44	60,09	43
Santana do Araguaia	PA	168	9,20	50,21	49
Campo Novo do Parecis	MT	570	13,47	57,50	49
Campo Verde	MT	749	15,31	55,08	66
Rondonópolis	MT	284	16,27	54,34	52
Sinop	MT	371	11,58	55,33	45
Coxim	MS	252	18,30	54,44	68

As horas em que os dados de temperatura e umidade relativa foram registrados estão em UTC (*Universal Time Coordinated*) ou Tempo Universal Coordenado. Optou-se por aplicá-las deste modo nas equações, a fim de que estas possam ser utilizadas em diferentes fusos horários, sem a necessidade de alterações. Para os estados de Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do sul, os horários 12 h, 18 h e 22 h (UTC), correspondem a 8 h, 14 h e 18 h, e para o estado do Pará, 9 h, 15 h e 19 h, respectivamente.

A temperatura média, no intervalo entre 12 h e 22 h, foi estimada através da Eq. 1, e a umidade relativa média no mesmo período, foi estimada pela Eq. 2.

$$T_{me} = \frac{(T_{12} + (2 * T_{18}))}{3} \quad (1)$$

Em que:

T_{me} = Temperatura média estimada, das 12 h às 22 h (UTC);

T_{12} = Temperatura às 12 h (UTC);

T_{18} = Temperatura às 18 h (UTC).

$$UR_{me} = \frac{(UR_{12} + (2 * UR_{18}))}{3} \quad (2)$$

Em que:

UR_{me} = Umidade relativa média estimada, das 12 h às 22 h (UTC);

UR_{12} = Umidade relativa às 12 h (UTC);

UR_{18} = Umidade relativa às 18 h (UTC).

Calculou-se também, para o mesmo conjunto de dados diários de temperatura e umidade relativa, a média aritmética das 12 h às 22 h (UTC), a fim de obter-se um valor real medido que permitisse a comparação com os valores estimados, e desta forma, tornando possível uma análise do desempenho das equações propostas.

Para cada mês analisado, foi calculado a média, o desvio padrão, o erro padrão de estimativa (Eq. 3), o coeficiente de determinação (R^2), através de regressão linear, e o índice de concordância (d), proposto por Willmott et al. (1985) (Eq. 4). O índice de concordância (d) indica o grau de exatidão entre os valores observados e os valores estimados, sendo que, quanto mais próximo de 1,0 o valor de “d”, melhor a exatidão do modelo proposto.

$$EPE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Ye_i - Yo_i)^2}{n-1} \right]^{0,5} \quad (3)$$

Em que:

EPE = Erro padrão de estimativa (°C e %);

Ye_i = I-ésimo valor previsto ou estimado;

Yo_i = I-ésimo valor observado;

n = Número de valores observados.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Ye_i - Yo_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|Ye_i - \bar{Yo}| + |Yo_i - \bar{Yo}|)^2} \right] \quad (4)$$

Em que:

d = Índice de concordância (decimal);

Ye_i = I-ésimo valor previsto ou estimado;

Yo_i = I-ésimo valor observado;

\bar{Yo} = Média dos valores observados.

Foi determinado e avaliado também, de acordo com a metodologia proposta por Camargo e Sentelhas (1997), o índice “c” (Eq. 5), que vem sendo utilizado por pesquisadores, na comparação de dados reais e estimados nas mais distintas áreas (Syperreck et al., 2008; Zacharias et al., 2008; Castro et al., 2010 e Alencar et al., 2011). A classificação dos valores de “c” foi feita de acordo com o apresentado na Tabela 2.

$$c = r * d \quad (5)$$

Em que:

c = Índice de confiança ou desempenho;

r = Coeficiente de correlação;

d = Índice de concordância.

Tabela 2. Critérios de interpretação do desempenho de estimativa através do índice “c”

Valor de “c”	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997).

Visando a simplificação na apresentação dos resultados, devido ao elevado número de tabelas geradas, e perante o comportamento semelhante dos dados nas diferentes localidades, optou-se pela apresentação das informações detalhadas de apenas uma das estações analisadas. A estação meteorológica localizada no município de Coxim (MS) foi selecionada para representar os demais locais nos resultados dos indicadores estatísticos (média, desvio padrão, erro padrão de estimativa, coeficiente de determinação, índice de concordância, e índice "c") em períodos mensais. Porém, apresentou-se para cada localidade os indicadores estatísticos de toda série histórica, assim como, o comportamento dos dados estimados e observados.

Selecionou-se ainda um ano completo de dados, referente a cada localidade analisada, e calculou-se a média dos valores estimados e observados de temperatura e umidade relativa, em intervalos decendiais, totalizando 36 decêndios para cada ano. Em seguida, as médias decendiais observadas e estimadas, foram comparadas através do Teste F (análise de variância), a nível de 5% de significância, e através do Teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 3 e 4, estão apresentados os indicadores estatísticos do ajuste entre os dados de temperatura e umidade relativa observados e estimados, para a localidade de Coxim (MS). Observa-se que a média total da temperatura observada no local foi de 28,42°C, e a média estimada de 28,43°C (Tabela 3), assim como, a média total da umidade relativa observada foi de 59,42%, e a média estimada de 60,41% (Tabela 4). As médias de temperatura obtidas para a cidade de Coxim (MS) corroboram com os resultados observados por Souza et al. (2012).

O desvio padrão total das médias observadas e estimadas foi de 3,39 e 3,38, para a temperatura (Tabela 3), e de 16,57 e 16,59 para umidade relativa (Tabela 4), respectivamente. O erro padrão de estimativa (EPE) variou de 0,33°C a 1,32°C, na estimativa dos valores de temperatura (Tabela 3) e de 1,04% a 5,64% na estimativa dos valores de umidade relativa (Tabela 4).

Devido aos valores de umidade relativa serem maiores que os de temperatura, estes, apresentaram também um EPE maior, apesar disto, tanto para a estimativa

da temperatura, quanto para a umidade relativa, o coeficiente de determinação, e os índices “d” e “c”, resultaram valores próximos a um, mantendo a classificação do índice “c” entre ótimo, muito bom e bom.

De forma geral, analisando todos os meses nos diferentes municípios, observou-se que 84% dos meses em que se estimou a temperatura (Equação 1), a classificação do índice “c” manteve-se entre ótimo e muito bom (Tabela 3), assim como, na estimativa da umidade relativa (Equação 2), em 90% dos meses, o índice “c” apresentou comportamento semelhante (Tabela 4). Em apenas 3,9% dos meses em que se estimou a temperatura, e em 2,2% dos meses em que se estimou a umidade relativa, o índice “c” foi classificado como mediano, sofrível, mau, ou péssimo.

Tabela 3. Indicadores estatísticos gerados através dos dados de temperatura, estimados e observados, no período de 2006 a 2012, referentes à estação meteorológica do município de Coxim (MS)

Mês/Ano	Média (°C)		Desvio padrão		EPE (°C)	R ²	d	c	Classificação
	¹ Obs.	² Est.	Obs.	Est.					
dez/06	28,41	28,57	2,51	2,67	0,99	0,87	0,96	0,89	Ótimo
jan/07	28,48	28,59	1,73	2,16	1,19	0,70	0,90	0,75	Bom
fev/07	28,88	28,67	2,20	2,23	1,08	0,78	0,94	0,83	Muito bom
mar/07	29,47	29,33	2,35	2,81	1,00	0,89	0,96	0,91	Ótimo
abr/07	30,01	30,25	1,95	2,04	0,82	0,85	0,96	0,88	Ótimo
mai/07	25,77	25,85	4,24	4,14	0,78	0,97	0,99	0,97	Ótimo
jul/07	25,33	25,35	4,36	4,26	0,43	0,99	1,00	0,99	Ótimo
ago/07	28,03	27,62	4,01	3,92	0,60	0,99	0,99	0,99	Ótimo
set/07	32,85	32,51	2,72	2,83	0,71	0,95	0,98	0,96	Ótimo
out/07	31,70	31,70	3,54	3,67	0,69	0,96	0,99	0,97	Ótimo
nov/07	29,20	29,13	2,72	2,83	0,69	0,94	0,98	0,95	Ótimo
dez/07	28,94	29,02	1,55	1,77	1,00	0,68	0,90	0,75	Bom
jan/08	27,87	28,08	1,75	1,82	0,62	0,90	0,97	0,92	Ótimo
fev/08	28,55	28,41	1,76	1,97	0,67	0,89	0,97	0,91	Ótimo
mar/08	28,65	28,52	1,49	1,60	0,97	0,65	0,89	0,72	Bom
abr/08	27,71	27,60	2,55	2,66	0,84	0,90	0,97	0,92	Ótimo
mai/08	24,60	24,69	3,32	3,46	0,46	0,98	1,00	0,99	Ótimo
jun/08	25,17	25,34	2,24	2,23	0,45	0,97	0,99	0,97	Ótimo

Mês/Ano	Média (°C)		Desvio padrão		EPE (°C)	R ²	d	c	Classificação
	Obs.	Est.	Obs.	Est.					
	jul/08	27,41	27,43	1,44					
ago/08	30,36	29,95	2,37	1,99	0,74	0,95	0,97	0,95	Ótimo
set/08	30,10	29,86	4,96	4,88	0,54	0,99	1,00	0,99	Ótimo
out/08	29,81	29,98	4,37	4,22	0,76	0,97	0,99	0,98	Ótimo
nov/08	30,76	30,87	1,52	1,66	0,85	0,74	0,93	0,80	Muito bom
dez/08	29,54	29,59	2,33	2,44	0,94	0,85	0,96	0,89	Ótimo
jan/09	29,12	29,03	2,46	2,53	0,80	0,90	0,97	0,92	Ótimo
fev/09	28,57	28,51	2,06	2,10	0,63	0,91	0,98	0,93	Ótimo
mar/09	28,99	29,37	1,99	1,74	0,76	0,90	0,96	0,91	Ótimo
abr/09	28,80	29,04	0,78	1,01	0,63	0,67	0,87	0,72	Bom
mai/09	26,92	27,10	3,16	3,26	0,43	0,99	1,00	0,99	Ótimo
jun/09	24,71	24,81	3,35	3,32	0,37	0,99	1,00	0,99	Ótimo
jul/09	26,44	26,36	4,17	4,06	0,46	0,99	1,00	0,99	Ótimo
ago/09	28,17	27,86	3,95	3,73	0,50	0,99	1,00	0,99	Ótimo
set/09	29,62	29,60	4,28	4,16	0,92	0,95	0,99	0,96	Ótimo
out/09	30,40	30,12	2,48	2,56	1,25	0,78	0,94	0,83	Muito bom
nov/09	29,63	29,77	2,62	2,71	1,02	0,86	0,96	0,89	Ótimo
dez/09	28,33	28,44	2,14	2,36	1,01	0,82	0,95	0,86	Ótimo
jan/10	28,57	28,69	2,02	2,46	1,32	0,71	0,91	0,77	Muito bom
fev/10	29,50	29,61	2,33	2,44	1,24	0,75	0,93	0,81	Muito bom
mar/10	30,04	29,94	1,57	1,74	1,05	0,65	0,90	0,72	Bom
abr/10	29,15	29,19	2,21	2,39	0,93	0,85	0,96	0,88	Ótimo
mai/10	25,16	25,23	3,91	3,94	0,74	0,97	0,99	0,97	Ótimo
jun/10	26,62	26,83	2,29	2,41	0,45	0,98	0,99	0,98	Ótimo
jul/10	25,52	25,44	5,60	5,53	0,47	0,99	1,00	0,99	Ótimo
ago/10	29,03	28,78	4,10	3,83	0,66	0,98	0,99	0,98	Ótimo
set/10	32,22	32,14	3,44	3,38	0,64	0,97	0,99	0,97	Ótimo
out/10	31,01	30,95	2,84	2,94	0,83	0,92	0,98	0,94	Ótimo
nov/10	29,40	29,43	2,22	2,35	0,85	0,87	0,96	0,90	Ótimo
dez/10	29,65	29,63	1,92	1,92	0,33	0,97	0,99	0,98	Ótimo
jan/11	29,10	29,03	1,13	1,27	0,63	0,76	0,93	0,81	Muito bom
fev/11	28,74	28,63	0,87	1,10	0,52	0,79	0,93	0,82	Muito bom
mar/11	27,57	27,52	1,12	1,48	0,91	0,62	0,87	0,68	Bom
abr/11	28,42	28,45	1,66	1,94	0,72	0,87	0,96	0,89	Ótimo

Mês/Ano	Média (°C)		Desvio padrão		EPE (°C)	R ²	d	c	Classificação
	Obs.	Est.	Obs.	Est.					
	mai/11	25,88	26,16	2,16					
jun/11	25,25	25,67	3,38	3,50	0,61	0,99	0,99	0,98	Ótimo
jul/11	27,32	27,26	3,00	2,94	0,52	0,97	0,99	0,98	Ótimo
ago/11	28,60	28,35	6,09	5,78	0,69	0,99	1,00	0,99	Ótimo
set/11	32,22	32,04	2,96	3,09	0,89	0,92	0,98	0,94	Ótimo
out/11	29,82	29,97	3,15	3,03	0,76	0,94	0,98	0,96	Ótimo
nov/11	30,12	30,34	1,99	2,13	0,74	0,89	0,97	0,91	Ótimo
dez/11	29,85	30,00	2,22	2,31	0,58	0,94	0,98	0,95	Ótimo
jan/12	28,28	28,47	1,91	2,20	0,99	0,81	0,94	0,84	Muito bom
fev/12	28,81	28,61	1,80	2,23	1,32	0,61	0,88	0,69	Bom
mar/12	29,06	29,03	1,58	1,78	0,68	0,86	0,96	0,89	Ótimo
abr/12	28,19	28,45	2,87	3,02	0,82	0,94	0,98	0,95	Ótimo
mai/12	25,39	25,60	1,86	1,95	0,40	0,97	0,99	0,97	Ótimo
jun/12	24,80	25,04	3,08	3,14	0,45	0,99	0,99	0,99	Ótimo
jul/12	25,09	25,15	3,20	3,18	0,35	0,99	1,00	0,99	Ótimo
ago/12	28,48	28,07	1,47	1,40	0,50	0,97	0,97	0,95	Ótimo
TOTAL	28,42	28,43	3,39	3,38	0,76	0,95	1,00	0,97	Ótimo

¹ Obs: Observada; ² Est: Estimada.

Tabela 4. Indicadores estatísticos gerados através dos dados de umidade relativa, estimados e observados, no período de 2006 a 2012, referentes à estação meteorológica do município de Coxim (MS)

Mês/Ano	Média (%)		Desvio padrão		EPE (%)	R ²	d	c	Classificação
	¹ Obs.	² Est.	Obs.	Est.					
dez/06	73,25	72,37	11,49	11,85	4,29	0,88	0,97	0,90	Ótimo
jan/07	74,66	74,41	7,91	10,03	5,64	0,69	0,89	0,74	Bom
fev/07	70,56	71,17	8,72	8,68	4,54	0,75	0,93	0,81	Muito bom
mar/07	63,45	63,66	11,19	12,76	3,64	0,93	0,98	0,94	Ótimo
abr/07	56,84	55,13	7,30	8,32	4,30	0,78	0,92	0,81	Muito bom
mai/07	57,15	57,31	12,81	13,29	3,09	0,95	0,99	0,96	Ótimo
jul/07	48,45	49,34	14,01	12,98	2,14	0,99	0,99	0,99	Ótimo
ago/07	38,32	41,02	14,40	13,88	3,37	0,98	0,99	0,98	Ótimo

Mês/Ano	Média (%)		Desvio padrão		EPE (%)	R²	d	c	Classificação
	Obs.	Est.	Obs.	Est.					
set/07	28,79	30,56	10,22	9,74	2,57	0,97	0,98	0,97	Ótimo
out/07	53,67	54,01	16,92	16,92	2,55	0,98	0,99	0,98	Ótimo
nov/07	75,03	75,41	6,29	6,56	1,73	0,93	0,98	0,95	Ótimo
dez/07	76,48	76,67	5,13	5,36	2,08	0,86	0,96	0,89	Ótimo
jan/08	80,83	81,14	4,41	4,48	1,49	0,90	0,97	0,92	Ótimo
fev/08	75,55	76,48	5,89	5,85	1,88	0,93	0,97	0,93	Ótimo
mar/08	74,70	75,49	5,74	5,94	2,32	0,87	0,96	0,89	Ótimo
abr/08	74,27	74,66	7,45	7,29	1,57	0,96	0,99	0,97	Ótimo
mai/08	72,19	71,72	6,48	6,75	1,79	0,93	0,98	0,95	Ótimo
jun/08	68,26	67,83	8,03	8,19	1,29	0,98	0,99	0,98	Ótimo
jul/08	48,92	49,86	5,09	4,44	1,57	0,95	0,97	0,95	Ótimo
ago/08	45,72	47,94	11,20	9,93	3,13	0,97	0,98	0,96	Ótimo
set/08	42,89	44,13	14,16	13,54	2,10	0,99	0,99	0,99	Ótimo
out/08	63,45	63,58	12,96	12,33	2,57	0,96	0,99	0,97	Ótimo
nov/08	62,30	62,98	8,35	8,63	2,79	0,90	0,97	0,92	Ótimo
dez/08	65,35	66,54	12,34	11,88	3,44	0,93	0,98	0,95	Ótimo
jan/09	64,23	65,17	12,21	11,27	3,28	0,94	0,98	0,95	Ótimo
fev/09	73,70	74,63	8,37	8,10	1,91	0,96	0,99	0,97	Ótimo
mar/09	71,49	70,71	7,47	6,63	2,73	0,88	0,96	0,90	Ótimo
abr/09	61,98	62,12	8,89	9,01	1,56	0,97	0,99	0,98	Ótimo
mai/09	63,21	62,75	10,01	10,11	1,52	0,98	0,99	0,98	Ótimo
jun/09	60,61	61,03	11,81	11,64	1,53	0,98	1,00	0,99	Ótimo
jul/09	56,41	57,44	12,95	12,40	1,98	0,98	0,99	0,99	Ótimo
ago/09	47,69	50,05	13,96	13,48	2,98	0,98	0,99	0,98	Ótimo
set/09	53,55	54,68	14,85	14,08	2,87	0,97	0,99	0,97	Ótimo
out/09	58,02	59,97	11,27	11,45	4,74	0,96	0,96	0,94	Ótimo
nov/09	68,06	68,59	10,85	10,90	3,37	0,91	0,98	0,93	Ótimo
dez/09	73,77	74,23	8,67	9,21	3,34	0,87	0,96	0,90	Ótimo
jan/10	74,85	75,44	8,00	8,75	3,72	0,82	0,95	0,86	Ótimo
fev/10	71,44	72,05	9,24	9,17	4,30	0,80	0,94	0,84	Muito bom
mar/10	65,35	66,45	9,41	9,11	4,19	0,82	0,95	0,86	Ótimo
abr/10	58,51	58,74	10,59	10,72	3,00	0,92	0,98	0,94	Ótimo
mai/10	59,56	59,31	10,95	11,36	2,90	0,94	0,98	0,95	Ótimo
jun/10	50,82	51,12	5,90	6,44	1,56	0,95	0,98	0,96	Ótimo

Mês/Ano	Média (%)		Desvio padrão		EPE (%)	R ²	d	c	Classificação
	Obs.	Est.	Obs.	Est.					
jul/10	48,05	49,30	15,75	15,12	2,32	0,99	0,99	0,99	Ótimo
ago/10	30,89	33,04	11,99	11,38	3,02	0,97	0,98	0,97	Ótimo
set/10	33,70	34,73	15,14	14,39	3,53	0,95	0,99	0,96	Ótimo
out/10	45,47	46,49	16,75	17,11	3,66	0,96	0,99	0,97	Ótimo
nov/10	64,62	64,94	14,49	14,74	2,09	0,98	0,99	0,98	Ótimo
dez/10	71,88	72,23	3,73	3,67	1,04	0,93	0,98	0,95	Ótimo
jan/11	74,59	74,90	5,16	5,23	2,37	0,81	0,95	0,85	Muito bom
fev/11	75,08	75,98	4,29	4,95	1,90	0,89	0,96	0,90	Ótimo
mar/11	79,19	79,13	4,94	5,23	2,33	0,80	0,94	0,85	Muito bom
abr/11	62,78	62,46	10,64	11,75	3,12	0,93	0,98	0,95	Ótimo
mai/11	56,26	54,35	6,37	7,35	3,19	0,89	0,95	0,89	Ótimo
jun/11	51,84	50,01	9,33	9,46	2,85	0,95	0,98	0,95	Ótimo
jul/11	43,18	43,95	11,18	11,31	2,42	0,96	0,99	0,97	Ótimo
ago/11	36,36	38,62	15,77	15,09	3,19	0,98	0,99	0,98	Ótimo
set/11	30,43	31,53	12,41	12,94	3,36	0,94	0,98	0,95	Ótimo
out/11	51,75	52,38	14,27	14,12	3,89	0,93	0,98	0,94	Ótimo
nov/11	55,99	55,62	7,39	8,02	3,01	0,86	0,96	0,89	Ótimo
dez/11	62,70	62,72	11,12	10,46	2,03	0,97	0,99	0,98	Ótimo
jan/12	67,62	68,54	7,95	8,07	3,03	0,87	0,96	0,90	Ótimo
fev/12	66,34	67,36	8,63	9,19	3,45	0,87	0,96	0,90	Bom
mar/12	64,47	65,72	7,09	8,37	3,48	0,86	0,95	0,88	Ótimo
abr/12	68,39	68,23	9,62	9,50	2,65	0,93	0,98	0,94	Ótimo
mai/12	66,04	65,51	9,51	10,70	2,37	0,96	0,99	0,97	Ótimo
jun/12	69,07	68,11	7,66	8,63	2,41	0,94	0,98	0,95	Ótimo
jul/12	53,97	53,66	8,86	9,30	1,95	0,96	0,99	0,97	Ótimo
ago/12	35,52	37,43	7,37	6,98	2,34	0,97	0,97	0,96	Ótimo
TOTAL	59,92	60,41	16,57	16,29	2,90	0,97	1,00	0,98	Ótimo

¹Obs: Observada; ²Est: Estimada.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores dos indicadores estatísticos totais de temperatura de cada município. Nota-se que o local com maior média observada de temperatura foi o município de Santana do Araguaia (PA), com 30,19°C, e o de menor média observada foi o município de Campo Verde (MT), com 25,95°C. O

maior desvio padrão entre os dados observados foi o do município de Coxim (MS) (3,39) e o menor no município de Ariquemes (RO) (2,27).

Tabela 5. Indicadores estatísticos totais, gerados através dos dados de temperatura, estimados e observados, referentes às estações meteorológicas em estudo

Localidade	Temperatura								
	Média (°C)		Desvio Padrão		EPE (°C)	R ²	d	c	Classificação
	¹ Obs.	² Est.	Obs.	Est.					
Ariquemes	28,68	28,51	2,27	2,28	0,87	0,86	0,96	0,89	Ótimo
Cacoal	29,04	28,79	2,50	2,51	0,93	0,87	0,96	0,90	Ótimo
Vilhena	26,81	26,67	2,59	2,72	0,91	0,89	0,97	0,92	Ótimo
Santana do Araguaia	30,19	30,27	2,71	2,78	0,82	0,91	1,00	0,96	Ótimo
Campo Novo do Parecis	27,49	27,31	2,89	2,87	0,89	0,91	1,00	0,95	Ótimo
Campo Verde	25,95	26,01	2,87	2,98	0,88	0,91	1,00	0,95	Ótimo
Rondonópolis	28,78	28,77	3,12	3,20	0,95	0,91	1,00	0,95	Ótimo
Sinop	28,63	28,59	2,64	2,69	0,84	0,90	1,00	0,95	Ótimo
Coxim	28,42	28,43	3,39	3,38	0,76	0,95	1,00	0,97	Ótimo

¹ Obs: Observada; ² Est: Estimada.

O EPE manteve-se abaixo de um grau centígrado em todos os municípios analisados e o coeficiente de determinação (R²), variou de 0,86 a 0,91. Dos nove locais analisados, seis deles apresentaram índice “d” igual a um, e em todos os locais o índice “c” foi classificado como ótimo. Zanetti et al. (2006), na validação do modelo ClimaBR, também obtiveram baixos valores de EPE, e valores próximos a um no índice de concordância de Willmott (d). De acordo com os resultados, concluiu-se que o modelo proposto é capaz de gerar séries de precipitação para qualquer localidade brasileira.

Na Tabela 6 pode-se observar os valores dos indicadores estatísticos totais, de umidade relativa, de cada município. A localidade com maior média observada de umidade relativa foi o município de Ariquemes (RO), com 67,06%, e o local com menor média observada foi o município de Santana do Araguaia (PA), com 55,98%.

Tabela 6. Indicadores estatísticos totais, gerados através dos dados de umidade relativa, estimados e observados, referentes às estações meteorológicas em estudo

Localidade	Umidade Relativa								Classificação
	Média (%)		Desvio Padrão		EPE (%)	R ²	d	c	
	¹ Obs.	² Est.	Obs.	Est.					
Ariquemes	67,06	67,84	13,63	13,16	3,84	0,92	1,00	0,96	Ótimo
Cacoal	60,48	61,65	14,56	13,96	4,14	0,93	1,00	0,96	Ótimo
Vilhena	62,06	62,67	16,58	17,03	4,45	0,93	0,98	0,95	Ótimo
Santana do Araguaia	55,98	55,82	17,72	17,25	3,48	0,96	1,00	0,98	Ótimo
Campo Novo do Parecis	59,55	60,27	16,26	16,05	4,11	0,94	1,00	0,97	Ótimo
Campo Verde	61,13	60,80	19,10	19,33	4,14	0,95	1,00	0,98	Ótimo
Rondonópolis	58,10	58,63	17,41	16,82	3,71	0,96	1,00	0,98	Ótimo
Sinop	59,85	60,24	18,67	18,20	3,77	0,96	1,00	0,98	Ótimo
Coxim	59,92	60,41	16,57	16,29	2,90	0,97	1,00	0,98	Ótimo

¹ Obs: Observada; ² Est: Estimada.

O maior desvio padrão entre os dados observados foi o do município de Campo Verde (MT) (19,10) e o menor no município de Ariquemes (RO) (13,63). O EPE variou de 2,90% (Coxim - MS) a 4,45% (Vilhena - RO) e o coeficiente de determinação (R²) manteve-se acima de 0,92 em todos os municípios. Em todos os locais o índice “c” foi classificado como ótimo e com exceção do município de Vilhena (RO), todos os demais apresentaram índice “d” igual a um. Haveroth et al. (2012), na validação de uma equação para a estimativa da umidade relativa, obtiveram valores do coeficiente de determinação (R²) acima de 0,84 e do índice de concordância (d) entre 0,87 e 0,97. Com os resultados, os autores concluíram que a equação proposta estima com fidelidade a variável climatológica.

Na Figura 1 pode-se observar para os diferentes municípios, o ajuste entre os dados de temperatura e umidade relativa observados, para com os estimados. É possível observar a aderência entre os dados nas distintas localidades. Além disso, os dados de temperatura do município de Campo Novo do Parecis (MT), apresentam comportamento semelhante com o abordado por Dallacort et al. (2010).

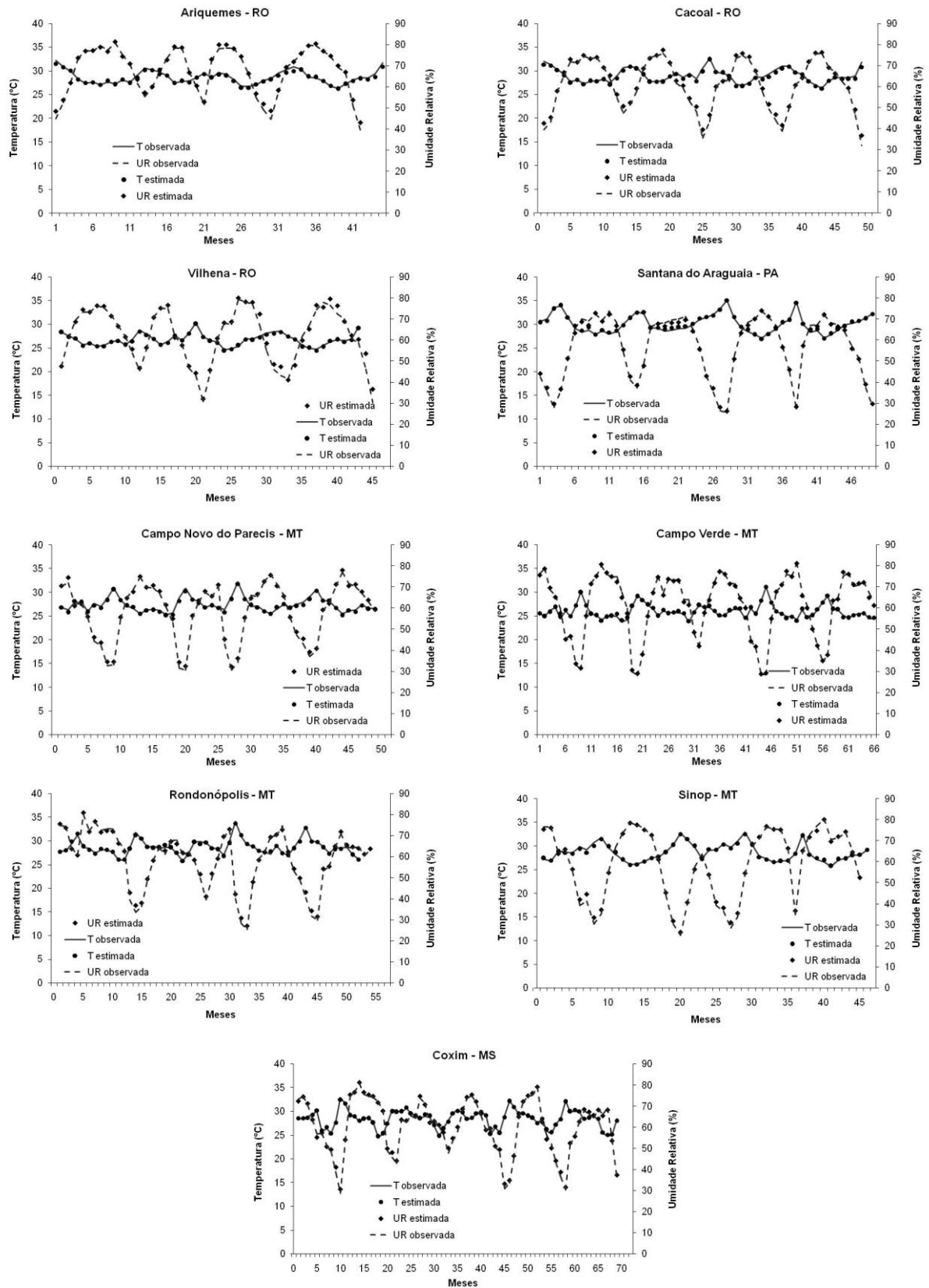


Figura 1. Ajuste entre as médias estimadas e observadas de temperatura e umidade relativa, nos municípios estudados.

O bom comportamento entre os dados estimados e observados nos diferentes locais, apresentados na Figura 1, demonstra que apesar da grande diversidade entre as estações analisadas, os dados mantiveram o mesmo comportamento. Dessa forma, conclui-se que as equações propostas podem ser aplicadas em dados de temperatura e umidade relativa, provenientes de outras estações meteorológicas.

A quantidade de decêndios estatisticamente diferentes, quando comparados pelo Teste de Tukey a 5% de significância, pode ser observada na Tabela 7. Dos 324 decêndios analisados, 2,5% apresentaram diferença na estimativa da temperatura, e 1,2%, na estimativa da umidade relativa do ar, demonstrando o bom desempenho das equações na estimativa de dados em períodos decendiais.

Tabela 7. Localidade, ano, número de decêndios analisados e número de decêndios estatisticamente diferentes, quando comparados pelo Teste de Tukey a nível de 5% de significância, em dados de temperatura e umidade relativa

Localidade	Ano analisado	Nº de decêndios	Nº de decêndios estatisticamente diferentes (Tukey 5%)	
			Temperatura	Umidade Relativa
Ariquemes	2011	36	3	1
Cacoal	2011	36	2	0
Vilhena	2011	36	0	0
Santana do Araguaia	2010	36	0	0
Campo Novo do Parecis	2011	36	1	0
Campo Verde	2011	36	0	0
Rondonópolis	2011	36	1	0
Sinop	2007	36	1	3
Coxim	2011	36	0	0

Com base nos indicadores estatísticos e na comparação das médias decendiais, pode-se afirmar que a Eq. 2, proposta para a estimativa da umidade relativa, apresentou melhor desempenho que a Eq. 1, proposta para a estimativa da temperatura. No entanto, ambas as equações propostas podem ser utilizadas na estimativa de dados de temperatura e umidade relativa média, no período entre 12 h e 22 h (UTC).

A aplicação das equações propostas (Eq.1 e Eq. 2) permite a estimativa da média da temperatura e umidade relativa, no período entre 12 h e 22 h (UTC), com a

utilização das variáveis disponíveis apenas nos horários de 12 h e 18 h (UTC). As equações visam principalmente à estimativa de dados, com base em informações oriundas de estações convencionais, uma vez que, estas não fazem o monitoramento constante das variáveis climáticas.

CONCLUSÃO

Os modelos matemáticos propostos para a estimativa da média da temperatura e umidade relativa, no período das 12 h às 22 h (UTC), apresentaram desempenho ótimo, para os municípios estudados nos estados de Rondônia, Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Ambas as equações propostas podem ser utilizadas na estimativa de dados de temperatura e umidade relativa em períodos decendiais nestes e em outros locais, devido não apresentarem dependência local.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, L. P.; DELGADO, R. C.; ALMEIDA, T. S.; WANDERLEY, H. S. Comparação de distintos métodos de estimativa diária da evapotranspiração de referência para a região de Uberaba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.2, p. 337-343, 2011.

ANTONINI, J. C. A.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; SANO, E. E. Modelo matemático para a estimativa da temperatura média do ar no Estado de Goiás. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.4, p. 331-338, 2009.

ARRAES, C. L.; ROCHA, A. M.; MORAES, R. A.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. N.; ZANATA, M. Estimativa da taxa de desmatamento do município de Bannach, Pará – Amazônia legal, utilizando imagens Landsat5/tm. **Revista de Ciências Agrárias (online)**, v.33, n.2, p. 231-243, 2010.

AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Desperdício de energia em um sistema de irrigação de alta pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p. 336-341, 1999.

BISCARO, G. A.; Meteorologia Agrícola Básica. 1. Ed. Cassilândia – MS: UNIGRAF, 2007, 87 p.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p. 89-97, 1997.

CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; XAVIER, A. C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.8, p. 871-880, 2010.

CHAVES, T. H.; RESENDE, O.; SIQUEIRA, V. C.; ULLMANN, R. Qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) durante o armazenamento em três ambientes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.5, p. 1653-6162, 2012.

COMPAGNON, A. M.; GAVA, R.; DALPASQUALE, V. A.; MARTINS, C. H. Psicro 2009 - Programa computacional para a determinação das propriedades psicrométricas do ar. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**. v.3, n.3, p. 251-269, 2010.

CONFALONIERI, U. E. C. Mudança climática global e saúde humana no Brasil. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, n.27, p. 323-349, 2008.

COSTA, A. R.; FARONI, L. D.; ALENCAR, E. R.; CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, L. G. Qualidade de grãos de milho armazenados em silo bolsa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.2, p. 200-207, 2010.

DALLACORT, R. MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; KRAUSE, W. Aptidão agroclimática do pinhão manso na região de Tangará da Serra, MT. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.3, p. 373-379, 2010.

EVANGELISTA, W.; OLIVEIRA, C. A. S.; SILVA, C. L. Variáveis climáticas e o desempenho de um pivô central em Cristalina Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.3, p. 246-252, 2010.

FARIA, F. F.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; MATARAZZO, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p. 2498-2505, 2008.

FINCO, F. D. B. A.; MOURA, L. L.; SILVA, I. G. Propriedades físicas e químicas do mel de *Apis mellifera* L. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.3, p. 706-712, 2010.

HAVEROTH, R.; PITZ, J. W.; ELI, K.; NEVES, L. O.; FERNANDES, E. Modelagem para a estimativa da umidade relativa do ar para a cidade de Ituporanga-SC. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.8, n.15, p. 2474, 2012.

OLIVEIRA, H. L.; AMENDOLA, M.; NÄÄS, I. A. Estimativa das condições de conforto térmico para a avicultura de postura usando a teoria dos conjuntos Fuzzy. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p. 300-307, 2005.

RESENDE, O.; AFONSO JUNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C.; SIQUEIRA, V. C. Qualidade do café conilon submetido à secagem em terreiro híbrido e de concreto. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.2, p. 327-335, 2011.

SILVA, J. S.; LOPES, R. C.; LOPES, D. C.; REZENDE, R. C. Princípios básicos de psicrometria. In: SILVA, J. S.; (Ed). **Secagem e armazenagem de produtos**

agrícolas. 2. ed. Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008, Cap.3, p. 37 – 62.

SOUZA, A.; FERNANDES, W. A.; ALBREZ, E. A.; GALVÍNIO, J. D. Análise de agrupamento da precipitação e da temperatura no Mato Grosso do Sul. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista, v.6, n.12, p. 109-124, 2012.

SUZUKI, M. S.; ZAMBOLIM, L.; LIBERATO, J. R. Progresso de doenças fúngicas e correlação com variáveis climáticas em mamoeiro. **Revista Summa Phytopathologica**, Viçosa, v.33, n.2, p. 167-177, 2007.

SYPERRECK, V. L. G.; KLOSOWSK, E. S.; GRECO, M.; FURLANETTO, C. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, supl., p. 603-609, 2008.

TURCO, J. E. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação de duas estações meteorológicas automatizadas, para a estimativa diária da evapotranspiração de referência obtida pelo método de Penman-Monteith. **Revista Irriga**, Botucatu, v.13, n.3, p. 339-354, 2008.

URAMOTO, K.; WALDER, J. M. M.; ZUCCHI, R. A. Flutuação populacional de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha schiner*, 1868 (*Diptera*, *Tephritidae*) no campus "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.70, n.4, p. 459-465, 2003.

WILMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v.90, n.5, p. 8995-9005, 1985.

ZACHARIAS, A. O.; CAMARGO, M. B. P.; FAZUOLI, L. C.; Modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro. **Revista Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p. 249-265, 2008.

ZANETTI, S. S.; OLIVEIRA, V. P. S.; PRUSKI, F. F. Validação do modelo ClimaBR em relação ao número de dias chuvosos e à precipitação total diária. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p. 96-102, 2006.

ARTIGO 2

Análise das condições climáticas de municípios do Estado de Mato Grosso, para secagem de grãos com ar ambiente

Preparado de acordo com as normas da Revista Acta Amazônica

Autores: Decio MOSSINI JUNIOR¹; Fabrício Schwanz da SILVA²; Rivanildo DALLACORT³; Carlos CANEPPELE⁴.

¹ Engenheiro Agrícola, Mestrando. Programa de Pós-Graduação em Ambientes e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Tangará da Serra. Rod. MT 358, km 07 – Jardim Aeroporto, CEP: 78.300-000, Tangará da Serra – MT, Brasil. deciomossinijr@hotmail.com. Autor para correspondência.

² Engenheiro Agrícola, Doutor. Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Departamento de Engenharia de Produção Agroindustrial. Rua A, s/n, COHAB São Raimundo, Caixa-postal: 92, CEP: 78390-000, Barra do Bugres – MT, Brasil. fabricio@unemat.br.

³ Engenheiro Agrícola, Doutor. Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Departamento de Agronomia. Rod. MT 358, km 07 – Jardim Aeroporto, CEP: 78.300-000, Tangará da Serra – MT, Brasil. rivanildo@unemat.br.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor. Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Departamento de Solos e Engenharia Rural, Núcleo de Tecnologia e Armazenagem. Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 s/n, Campus Universitário, Coxipó, CEP: 78060-900 – Cuiabá – MT, Brasil. caneppele@ufmt.br.

Análise das condições climáticas de municípios do Estado de Mato Grosso, para secagem de grãos com ar ambiente

Resumo - A secagem com ar ambiente consiste em promover a retirada parcial de água do produto sem a utilização de uma fonte de calor para aquecer o ar. Com base em dados climáticos dos municípios de Diamantino, Rondonópolis, Sinop e Campo Verde, calculou-se a umidade de equilíbrio de soja, milho, arroz e feijão em todos os decêndios do ano com características climáticas menos favoráveis para a secagem com ar ambiente. A umidade de equilíbrio calculada foi comparada com a umidade de comercialização e de armazenamento dos diferentes produtos agrícolas, para a identificação dos períodos com possibilidade de secagem com ar ambiente nos diferentes municípios do Estado de Mato Grosso. A secagem de soja, milho, arroz e feijão com ar ambiente, até o grau de umidade máximo permitido para a comercialização, pode ser realizada nos municípios estudados. Já a secagem de soja até 12% de umidade foi possível apenas nos municípios de Diamantino e Rondonópolis. A secagem de milho até 13% de umidade só é possível na segunda safra. A secagem de arroz é possível apenas nos municípios de Diamantino e Rondonópolis. A secagem de feijão até 13% de umidade pode ser realizada nos quatro municípios.

Palavras-chave: umidade de equilíbrio; ar natural; seca aeração.

Analysis of the climatic conditions of municipalities in the State of Mato Grosso, for drying of grains with ambient air

Abstract - Drying with ambient air consists in promoting the partial removal of water from the product without the use of a heat source to heat the air. Based on climate data from the municipalities of Diamantino, Rondonópolis, Sinop and Campo Verde, it was calculated the

equilibrium moisture of soybeans, corn, rice and beans in all periods of ten days of the year less favorable for drying with ambient air. The equilibrium moisture was calculated and compared with the storage moisture and marketing moisture of various agricultural products, to identify periods with the possibility of drying with ambient air in different municipalities of the State of Mato Grosso. The drying of soybeans, corn, rice and beans with ambient air until the maximum allowed humidity degree for marketing, can be held in all the districts studied. Already drying of soybeans to 12% moisture was possible only in the cities of Diamantino and Rondonópolis. Drying corn to 13% moisture content is possible only in the second season. Drying rice is possible only in the cities of Diamantino and Rondonópolis. The drying of beans up to 13% moisture can be held in all municipalities.

Keywords: equilibrium moisture, natural air; drought aeration.

Introdução

A secagem possui a finalidade de reduzir o teor de umidade nos produtos agrícolas, a fim de diminuir a disponibilidade de água para o desenvolvimento de fungos e bactérias, evitando assim, o surgimento de grãos ardidos e micotoxinas. Além disso, minimiza o processo de respiração e reações bioquímicas do produto, uma vez que, tais fatores provocam perda de peso, geração de calor e degeneração (Silva 2005).

Em sementes, o elevado teor de água acelera o processo de deterioração, isso em função da alta atividade metabólica das mesmas. A semente então passa a consumir suas propriedades de reserva, liberando água e energia em forma de calor, propiciando condições para o desenvolvimento de microorganismos e insetos (Peske & Villela 2003).

Segundo Garcia et al. (2004) a secagem de grãos ou sementes possibilita a antecipação da colheita, minimizando as perdas por contaminação do produto no campo e prolongando o período de armazenamento. Além disso, de acordo com Santos (2007), trata-se do método

mais econômico para a manutenção da qualidade dos produtos agrícolas no período de armazenamento.

A secagem deve ser efetuada até níveis de umidade que garantam o armazenamento seguro do produto. Estudos feitos por Harrington (1972) mostram que o grau de umidade ideal para o armazenamento de sementes está entre 10% e 13%, e que a longevidade da semente diminui pela metade a cada 5°C de aumento em sua temperatura ou a cada 1% de aumento na umidade.

De acordo com Silva et al. (2008a) a principal condição para que haja secagem é que a pressão de vapor da água da semente seja maior que a pressão de vapor do ar de secagem. Em geral, todas as sementes possuem esta característica, conhecida como higroscopicidade, que lhes dá a capacidade de perder ou ganhar água para o ambiente em que se encontram, tendendo sempre a uma umidade de equilíbrio.

Uma das formas de secagem artificial é a secagem em camada estacionária ou leito fixo. Neste modelo de secagem, o ar é insuflado pelo sistema de ventilação, movendo-se da parte inferior da célula de secagem até a camada superior de sementes, ocorrendo desta forma uma transferência de calor e massa entre o ar e o produto. A secagem inicia-se na camada de sementes mais próxima ao fundo do secador (*plenum*), e após esta camada atingir o equilíbrio higroscópico, inicia-se a secagem da próxima camada, e assim sucessivamente até que a toda a camada de sementes esteja seca (Guimarães & Baudet 2002).

Para esse tipo de secagem tem-se como alternativa a utilização de ar ambiente. Neste caso, o produto é submetido à secagem com o ar em sua forma natural, ou seja, sem que haja queima de nenhum combustível para o seu aquecimento. No entanto, para se efetuar esse tipo de secagem é necessário conhecer o potencial de secagem do ar, assim como, verificar as mudanças diárias e mensais de temperatura e umidade relativa da região (Treidl 1974).

Segundo Gonçalves (1984) a secagem com ar ambiente é viável para ser aplicada no Brasil, principalmente para pequenos e médios produtores que desejam realizar a secagem na própria fazenda, porém, existe ainda falta de conhecimentos básicos sobre o real potencial de secagem do ar nas mais distintas regiões do país. Eichelberger et al. (2009), abordam que o procedimento depende especialmente das condições psicrométricas do ar do local, sendo favorável principalmente em locais com baixa umidade relativa.

Uma das vantagens na secagem com ar ambiente é a redução na dependência de combustíveis requeridos, além da obtenção de um produto final de melhor qualidade (Lopes et al. 2002). Segundo Devilla et al. (1999) isso se dá pela diminuição da temperatura de secagem e pelo aumento no tempo de repouso, resultando assim em grãos com menor suscetibilidade a quebra.

A região centro-oeste, em especial o Estado de Mato Grosso, tem se destacado nas últimas décadas pelo volume de produção agrícola. Segundo Figueiredo (2003) o setor agrícola constitui o eixo dinâmico da economia no Estado, possuindo ampla relação com as demais atividades econômicas desenvolvidas, e proporcionando assim, o crescimento da economia em ritmo superior aos demais Estados brasileiros. No entanto, existem fatores climáticos (temperatura, umidade relativa, precipitação) que limitam a produção agrícola.

Uma marcante característica do Estado de Mato Grosso é a divisão durante o ano entre períodos secos e chuvosos. Segundo Marcuzzo et al. (2011) os meses de abril e de setembro definem o período de transição entre os meses chuvosos e secos. Sendo que no mês de maio inicia-se a estação seca, que se prolonga pelos meses de junho, julho e agosto (período de inverno no estado), com início das primeiras chuvas no mês de setembro. Desse modo, os períodos propícios para semeadura das culturas agrícolas, assim como, a implantação de alternativas como a secagem com ar ambiente, devem ser cuidadosamente definidos, com base no comportamento climático da região.

Guimarães e Baudet (2002) abordam que quando as condições ambientais impõem às sementes um grau de umidade de equilíbrio inferior ao recomendado para o armazenamento, torna-se possível a realização da secagem com o ar ambiente. Os autores recomendam a utilização de dados meteorológicos oriundos de instituições oficiais, para a análise da possibilidade de realização de secagem com ar ambiente para um determinado local.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os decêndios do ano com possibilidade de secagem de grãos de soja, milho, arroz e feijão, com ar ambiente, em municípios produtores do Estado de Mato Grosso (Diamantino, Rondonópolis, Sinop e Campo Verde), com base na umidade de equilíbrio de cada produto e no grau de umidade mínimo para a comercialização e armazenamento.

Metodologia

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Agrometeorologia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), localizado no município de Tangará da Serra (MT). Utilizou-se dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), das estações meteorológicas de Diamantino, Gleba Celeste, Rondonópolis e São Vicente. Os dados de cada estação meteorológica foram utilizados para representar os municípios de acordo com o apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Estação, altitude, localização, município representado e número de registros analisados em estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia.

Estação	Altitude (m)	Latitude Sul (°)	Longitude Oeste (°)	Local Representado	Registros (anos)
Diamantino	286	14,40	56,45	Diamantino (MT)	39
Rondonópolis	284	16,27	54,34	Rondonópolis (MT)	35
Gleba Celeste	415	12,28	55,29	Sinop (MT)	13
São Vicente	800	15,81	55,41	Campo Verde (MT)	12

Para o cálculo das médias de temperatura diárias utilizou-se a Equação 1, utilizada pelo INMET, e recomendada por Teramoto et al. (2009) para o cálculo das temperaturas médias diárias.

$$T_m = \frac{T_{12} + T_x + T_n + 2T_{24}}{5} \quad (1)$$

Em que:

T_m = Temperatura do ar média diária (°C);

T_{12} = Temperatura (°C) às 12 h (*Universal Time Coordinated*);

T_{24} = Temperatura (°C) às 24 h (*Universal Time Coordinated*);

T_x = Temperatura máxima diária (°C);

T_n = Temperatura mínima diária (°C).

Na determinação da umidade relativa média diária, utilizou-se a Equação 2, também utilizada pelo INMET.

$$UR_m = \frac{UR_{12} + UR_x + UR_n + 2UR_{24}}{5} \quad (2)$$

Em que:

UR_m = Umidade Relativa do ar média diária (%);

UR_{12} = Umidade Relativa (%) às 12 h (*Universal Time Coordinated*);

UR_{24} = Umidade Relativa (%) às 24 h (*Universal Time Coordinated*);

UR_x = Umidade Relativa máxima diária (%);

UR_n = Umidade Relativa mínima diária (%).

Os horários das variáveis climáticas aplicadas nas Equações 1 e 2 estão em UTC (*Universal Time Coordinated*) ou Tempo Universal Coordenado. Aplicam-se os horários de tal forma a fim de que as equações possam ser utilizadas em diferentes fusos horários sem a necessidade de alteração nas mesmas. Os horários 12 h e 24 h (UTC) correspondem para o Estado de Mato Grosso a 8 h e 20 h, respectivamente.

Calculou-se para cada ano o potencial adiabático do ar, referente a cada município, através da Equação 3, adaptada de Gonçalves (1984) que por sua vez, baseou-se nas equações psicrométricas de *Agricultural Engineers Yearbook* (1983).

$$PSA = \frac{\left[\frac{(0,6219 \cdot P_{su})}{(P_{atm} - P_{su})} \right] - \left[\frac{(0,6219 \cdot P_v)}{(P_{atm} - P_v)} \right]}{\left[\frac{(287 \cdot T_s)}{(P_{atm} - P_v)} \right]} \quad (3)$$

Em que:

PSA = Potencial adiabático de secagem (kg de vapor m⁻³ de ar úmido);

P_{su} = Pressão de vapor do ar saturado à temperatura de bulbo úmido (Pa);

P_{atm} = Pressão atmosférica do local (Pa);

T_s = Temperatura de bulbo seco (K);

P_v = Pressão atual de vapor (Pa).

O potencial adiabático de secagem trata-se da diferença entre a umidade absoluta do ar à determinada temperatura e umidade relativa, para com sua umidade absoluta à umidade relativa de 100%. Ou seja, quanta água em forma de vapor é possível acrescentar ao ar a determinadas condições de temperatura e umidade relativa, até que este atinja seu ponto de saturação. Dessa forma, torna-se possível a identificação da pior condição do ar para a secagem com ar ambiente. Assim, os dados médios de umidade relativa e temperatura de cada decêndio do ano menos favorável para a secagem (com menor potencial adiabático), foram

utilizados para calcular a umidade de equilíbrio para os diferentes produtos agrícolas (soja, milho, arroz e feijão), de acordo com o proposto por Gonçalves (1984) e Gonçalves & Ferreira (1988).

A pressão atmosférica do local (P_{atm}) foi calculada em função da altitude do local pela Equação 4 (Tubelis & Nascimento 1980).

$$P_{atm} = 101,13 \left[\frac{293 - 0,0065 * z}{293} \right]^{5,2568} \quad (4)$$

Em que:

P_{atm} = Pressão atmosférica do local (kPa);

z = Altitude do local em relação ao nível do mar (m).

A pressão atual de vapor foi calculada pela Equação 5, segundo ASABE (2008), citado por Compagnom et al. (2010).

$$P_v = U_r * P_{ss} \quad (5)$$

Em que:

P_v = Pressão atual de vapor (Pa);

U_r = Umidade relativa do ar (decimal);

P_{ss} = Pressão de vapor do ar saturado à temperatura de bulbo seco (Pa).

A Pressão de vapor do ar saturado à temperatura de bulbo seco foi calculada pela Equação 6, de acordo com ASABE (2008) citado por Compagnom et al. (2010).

$$P_{ss} = 22.105.649,25 * \exp \left[\frac{(-27.405,526 + 97,5413 * T_s - 0,146244 * T_s^2) + 0,00012558 * T_s^3 - 0,000000048502 * T_s^4}{(4,34903 * T_s - 0,0039381 * T_s^2)} \right] \quad (6)$$

Em que:

P_{ss} = Pressão de vapor do ar saturado a temperatura de bulbo seco (Pa);

T_s = Temperatura de bulbo seco (K).

A pressão de vapor do ar saturado à temperatura de bulbo úmido (P_{su}) também foi calculada através da Equação 6, utilizando-se no local da variável temperatura de bulbo seco (T_s) a temperatura de bulbo úmido. Esta, quando não disponível nos dados do INMET, foi obtida em função de sua relação com a entalpia e a umidade relativa do ar, através do *software* “Psicro 2009”, elaborado por Compagnon et al. (2010).

A umidade de equilíbrio foi calculada através da Equação de Henderson-Thompson (Equação 7), utilizada por Gonçalves (1984), Gonçalves & Ferreira (1988), Guimarães & Baudet (2002) e avaliada por Lehn & Pinto (2004), demonstrando bom ajuste na determinação da umidade de equilíbrio.

$$U_e = \left[\frac{(\ln(1-U_r))}{-k*(T_s+c)} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (7)$$

Em que:

U_e = Umidade de equilíbrio (base seca %);

T_s = Temperatura de bulbo seco (°C);

U_r = Umidade relativa do ar (decimal).

As variáveis “k”, “c” e “n” são constantes referentes a cada produto, expressas na Tabela 2.

Tabela 2. Constantes “k”, “c” e “n” utilizadas para o cálculo da umidade de equilíbrio de diferentes produtos agrícolas.

PRODUTO	Constantes		
	K	c	n
Arroz	$1,9187 \times 10^{-5}$	51,161	2,4451
Feijão	$2,0899 \times 10^{-5}$	254,23	1,8812
Milho	$8,6541 \times 10^{-5}$	49,810	1,8634
Soja	$30,5327 \times 10^{-5}$	134,136	1,2164

Fonte: *Agricultural Engineers Yearbook* (1983).

A equação 7 expressa o valor de umidade de equilíbrio em base seca. Para a transformação dos valores de umidade de base seca para base úmida, utilizou-se a Equação 8, segundo Silva et al. (2008b).

$$U_e (\text{b. u.}) = \left[\frac{U_e}{(100+U_e)} \right] * 100 \quad (8)$$

Em que:

$U_e (\text{b.u.})$ = Umidade de equilíbrio em base úmida (%);

U_e = Umidade de equilíbrio (base seca %).

De acordo com Guimarães & Baudet (2002), deve-se considerar que o ar ao passar pelas pás do ventilador sofre um aquecimento de 1°C a 3°C. Deste modo, considerou-se, um incremento de 2°C à temperatura do ar, sendo esta nova temperatura (no *plenum* do secador), utilizada para o cálculo da umidade de equilíbrio (Equação 7). Sabe-se ainda que a umidade relativa varia exponencialmente em função da temperatura do ar, portanto, tal modificação também foi considerada no cálculo da umidade de equilíbrio. Para o acréscimo da temperatura, e ajuste a da umidade relativa, foi utilizado o *software* “Psicro 2009”, elaborado por Compagnon et al. (2010).

Os dados de umidade de equilíbrio obtidos para cada produto agrícola foram comparados em função da umidade ideal para o armazenamento seguro no período de um ano (Tabela 3), e em função da umidade máxima permitida para a comercialização (Tabela 4), alternativa esta, adotada para o caso do produtor optar por comercializar a produção logo após a secagem. Os locais que apresentaram períodos com umidade de equilíbrio do produto, menor que a umidade necessária para o seu armazenamento seguro, ou para sua comercialização, foram classificados como aptos para a secagem com ar ambiente.

Tabela 3. Umidade segura para o armazenamento de diferentes produtos agrícolas durante o período de um ano.

PRODUTO	Umidade de armazenamento (%)
Arroz (em casca)	13,0
Feijão	13,0
Milho	13,0
Soja	12,0

Fonte: Fonseca et al. (1980) para o feijão e Silva et al. (2008b) para os demais produtos.

Tabela 4. Umidade padrão máxima permitida para a comercialização de diferentes produtos agrícolas, de acordo com as especificações brasileiras de padronização, classificação e comercialização.

PRODUTO	Umidade de comercialização (%)
Arroz (em casca)	13,0
Feijão	14,0
Milho	14,0
Soja	14,0

Fonte: Brasil (2009) para o arroz, Brasil (2008) para o feijão, Brasil (2011) para o milho e Brasil (2007) para a soja.

O potencial de secagem com ar ambiente foi avaliado para os diferentes municípios em todos os decêndios do ano, identificando assim os períodos onde há ou não a possibilidade de se realizar a secagem com ar ambiente. Em seguida, observou-se quais os períodos propícios para a secagem, e se estes, coincidem com os períodos de colheita dos diferentes produtos agrícolas (soja, milho, arroz e feijão) nos municípios do Estado (Diamantino, Sinop, Rondonópolis e Campo Verde).

Foi considerada a possibilidade de realização de secagem de com ventilação contínua (com os ventiladores do sistema de secagem ligados durante todo o dia), e com ventilação intermitente, com os ventiladores ligados durante 10 horas do dia (das 8 h às 18 h). Para tal, foram utilizadas as Equações 9 e 10, propostas por Mossini Junior et al. (2013), para calcular as médias de temperatura e umidade relativa diárias, no período entre 12 h e 22 h (UTC). Os horários 12 h e 22 h horas (UTC) correspondem a 8 h e 18 h no Estado de Mato Grosso.

$$T_{me} = \frac{(T_{12} + (2 * T_{18}))}{3} \quad (9)$$

Em que:

T_{me} = Temperatura média estimada, das 12 h às 22 h (UTC);

T_{12} = Temperatura às 12 h (UTC);

T_{18} = Temperatura às 18 h (UTC).

$$UR_{me} = \frac{(UR_{12} + (2 * UR_{18}))}{3} \quad (10)$$

Em que:

UR_{me} = Umidade relativa média estimada, das 12 h às 22 h (UTC);

UR_{12} = Umidade relativa às 12 h (UTC);

UR_{18} = Umidade relativa às 18 h (UTC).

Resultados e discussão

Os dados climáticos, dos anos com menor potencial adiabático, foram utilizados para determinar os períodos com possibilidade de realização da secagem. Na Tabela 5 está apresentado o potencial adiabático do ar (PSA), calculado para as diferentes localidades.

Tabela 5. Local, período analisado e potencial adiabático de secagem (kg de vapor m⁻³ de ar úmido) dos municípios estudados.

Local	Período analisado	¹ PSA máximo	PSA Médio	PSA Mínimo	Ano de menor PSA
Diamantino	1961-2011	0,010122	0,00364	0,00270	1983
Sinop	1972-2011	0,010088	0,00367	0,00205	1985
Rondonópolis	1995-2011	0,005632	0,00348	0,00167	2004
Campo Verde	1998-2011	0,004238	0,00260	0,00170	2009

¹ PSA: Potencial adiabático de secagem.

Observa-se que em todos os locais o PSA mínimo foi relativamente menor que o PSA médio, ficando evidente a utilização da pior situação para a determinação dos períodos

propícios para a secagem. Espera-se assim, que as condições de secagem nos locais estudados, sempre sejam iguais ou mais favoráveis que as apresentadas no presente trabalho.

Estão apresentados na Figura 1 os períodos propícios para a secagem de soja nos diferentes locais. A secagem, até a umidade padrão máxima permitida para a comercialização (14%), pode ser realizada nos municípios estudados, tanto com ventilação contínua, quanto com ventilação intermitente (com os ventiladores ligados entre 8 h e 18 h).

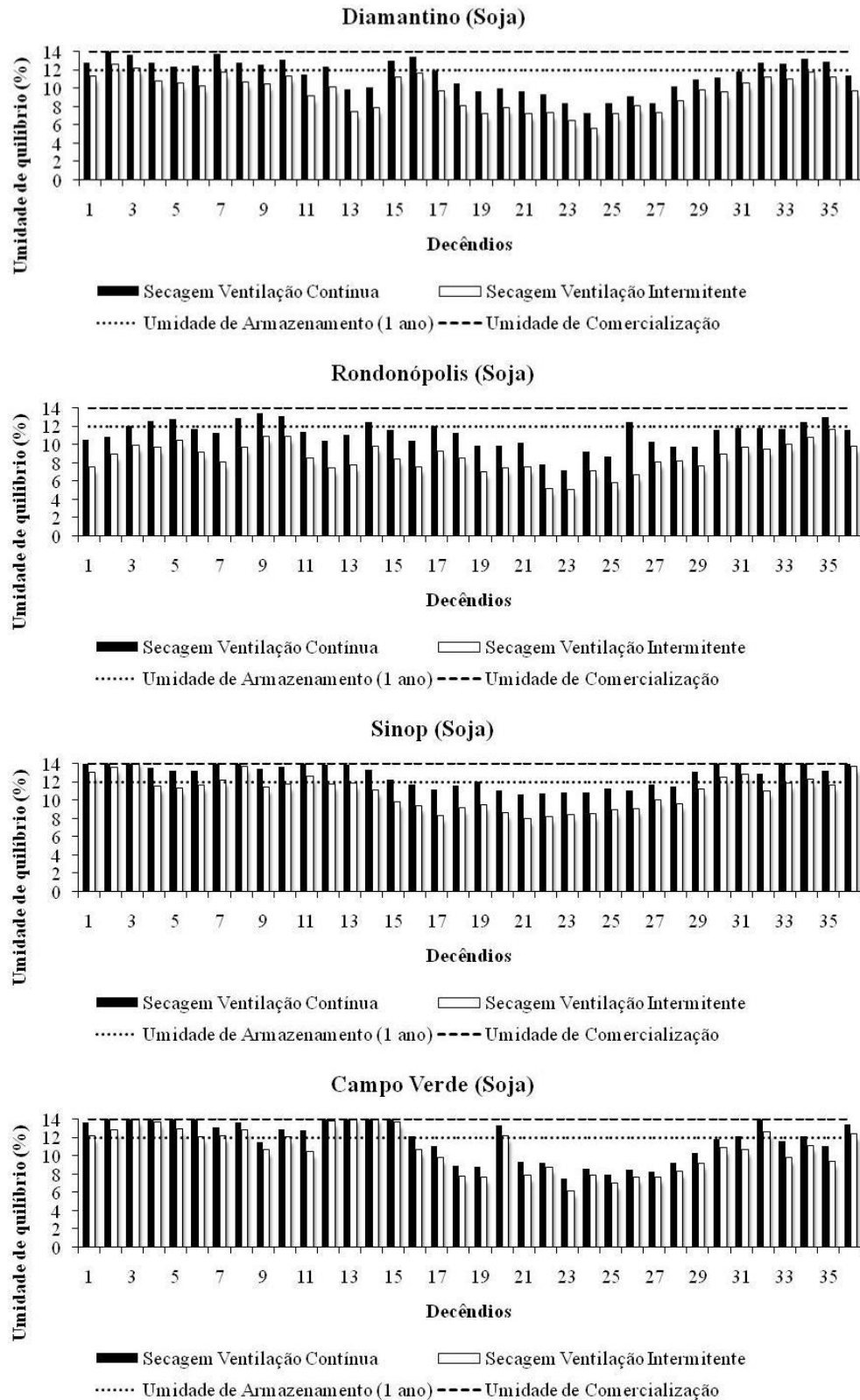


Figura 1. Períodos decenais com possibilidade de secagem de soja com ar ambiente, com ventilação contínua e intermitente, nos municípios de Diamantino, Sinop, Rondonópolis e Campo Verde.

Para os produtores que desejam armazenar o produto pelo período de um ano, recomenda-se a secagem da soja até 12% de umidade (Silva et al. 2008b). Nesse caso, os municípios de Diamantino e de Rondonópolis, foram os que apresentaram as melhores condições para a secagem.

De acordo com Santos (2005), a semeadura da soja no Estado de Mato Grosso pode variar de 01 de outubro a 31 de dezembro, sendo que as cultivares de ciclo precoce levam aproximadamente 115 dias para a colheita, e as de ciclo médio cerca de 135 dias. Assim, o período de colheita no Estado compreende-se entre o segundo e o décimo decêndio do ano.

Nesse período, os únicos locais que apresentaram aptabilidade para a secagem de soja até 12% de umidade, foram os municípios de Diamantino e de Rondonópolis, secagem esta, realizada com ventilação intermitente. No município de Rondonópolis, no sexto e sétimo decêndio há a possibilidade de realização de secagem com ventilação contínua.

Observa-se ainda, que do décimo primeiro ao décimo quarto decêndio, para as cidades de Diamantino e Rondonópolis, há a possibilidade de realização de secagem com ventilação contínua até 12% de umidade, sendo esta, uma alternativa para os produtores que semearem no fim de dezembro e utilizarem variedades de ciclo tardio.

Nas localidades de Sinop e Campo Verde não é possível a realização de secagem de soja com ar ambiente, até 12% de umidade, nesse caso, há a necessidade de fornecimento de energia em forma de calor, ao ar de secagem. Este fato pode ser explicado devido à localização e altitude dos municípios.

O município de Sinop está localizado na Amazônia brasileira. Região, que de acordo com Costa et al. (1998), possui clima quente e úmido com ocorrência de longos períodos de chuva ao longo do ano, desse modo, a alta umidade relativa encontrada na região impede que o produto atinja o nível de umidade seguro para o armazenamento.

O município de Campo Verde está localizado a 800 metros de altitude (Tabela 1). Este fator proporciona à região temperaturas mais amenas e umidade relativa maior, impedindo assim, que a secagem de soja seja realizada até 12% de umidade.

Em estudo semelhante, avaliando a possibilidade de secagem de soja com ar ambiente no município de Botucatu (SP), Gonçalves & Ferreira (1988) observaram que entre os meses de março e junho, não é possível a secagem com ventilação contínua. No entanto, no período entre 01 de março a 15 de maio, a secagem pode ser realizada abaixo de 12% de umidade, nos horários entre 8 h e 20 h.

Estão apresentados na Figura 2 os períodos com possibilidade de secagem com ar ambiente para a cultura do milho. A secagem até 14% de umidade (umidade máxima de comercialização) pode ser realizada ao longo do ano nos diferentes locais, com ventilação contínua ou intermitente, já a secagem até o nível de umidade seguro para o armazenamento no período de um ano (13%), está limitada a algumas épocas do ano.

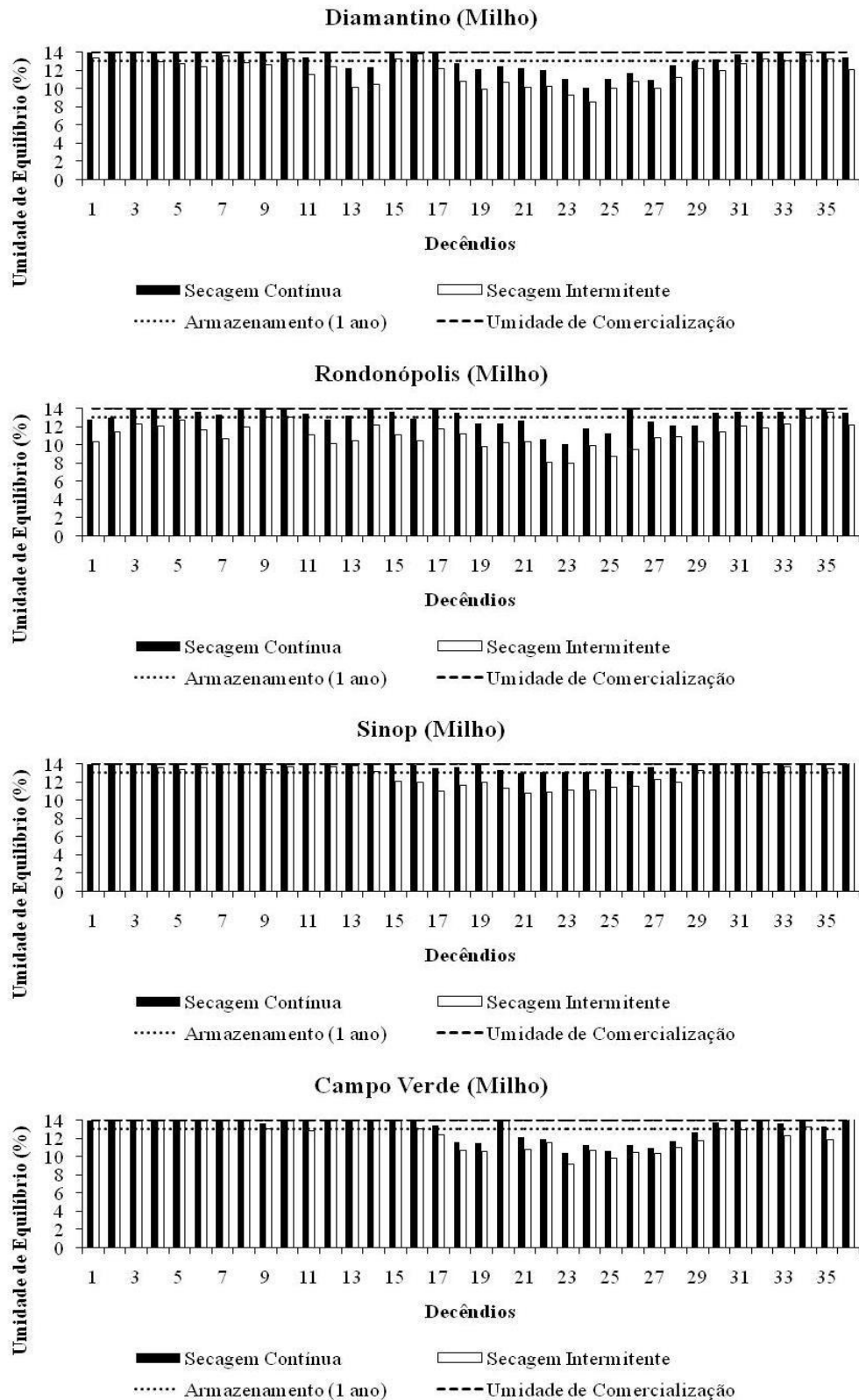


Figura 2. Períodos decenais com possibilidade de secagem de milho com ar ambiente, com ventilação contínua e intermitente, nos municípios de Diamantino, Sinop, Rondonópolis e Campo Verde.

Segundo Sans et al. (2001) a melhor época para a semeadura de milho na safra de verão no Estado de Mato Grosso é no mês de outubro. Outra alternativa de cultivo para o estado é no período de segunda safra (safrinha), implantado nos meses de fevereiro e março após a colheita da soja. No entanto, segundo Broch & Ceccon (2008), a semeadura a partir de 15 de março expõe a lavoura a maiores riscos de perdas devido à estiagem nos meses após a semeadura. Adotando o mesmo ciclo (120 dias) utilizado por Sans et al. (2001) para o zoneamento da cultura do milho safrinha no Estado de Mato Grosso, tem-se como período de colheita o intervalo entre o terceiro e o vigésimo decêndio do ano. Nesse período, nos municípios de Diamantino e Rondonópolis é possível a realização de secagem de milho com ar ambiente com ventilação intermitente até 13% de umidade. Já no município de Sinop a secagem até 13%, só é possível a partir do décimo quarto decêndio, e em Campo Verde a partir do décimo sexto decêndio. A realização de secagem até 13% de umidade, com ventilação contínua, só é possível no município de Sinop a partir do vigésimo primeiro decêndio, e para as demais localidades a partir do décimo oitavo decêndio.

Avaliando a possibilidade de secagem de milho com ar ambiente na cidade de Botucatu (SP), Gonçalves (1984) observou a impossibilidade de secagem com ventilação contínua até 13% de umidade. Porém, entre os meses de março e junho, há semanas em que, operando o sistema nos horários entre 9 h e 17 h, há a possibilidade de secagem até 12% de umidade.

A viabilidade na secagem de milho também foi observada por Eichelberger et al. (2009) na região de Passo Fundo (RS). Os autores verificaram a possibilidade de secagem de sementes de 19% para 13% de umidade, na segunda quinzena do mês de março.

Os períodos do ano favoráveis para a secagem de arroz nos diferentes municípios estudados estão apresentados na Figura 3.

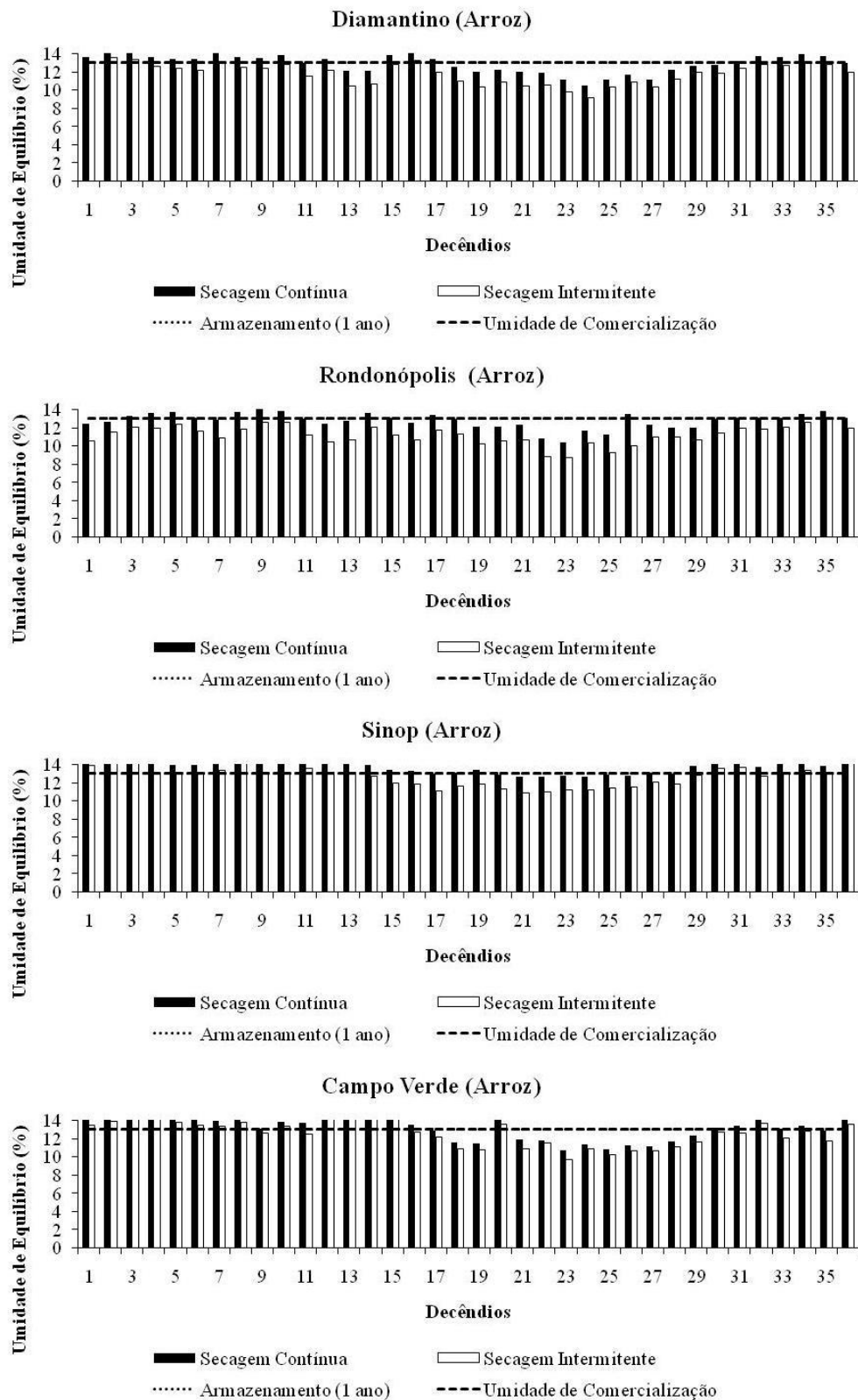


Figura 3. Períodos decenais com possibilidade de secagem de arroz com ar ambiente, com ventilação contínua e intermitente, nos municípios de Diamantino, Sinop, Rondonópolis e Campo Verde.

O grau de umidade de armazenamento e de comercialização do arroz é de 13% (Silva et al. 2008b e Brasil 2009), desse modo, observa-se que nos municípios de Diamantino e Rondonópolis a secagem com ventilação intermitente pode ser realizada durante o ano todo, já nos demais locais, a secagem fica limitada a alguns períodos do ano.

Segundo Silva et al. (1997) a cultura do arroz é de grande importância econômica e social para o Estado de Mato Grosso. Pode ser implantada nos meses de outubro a dezembro, sendo as precipitações pluviais, o principal fator limitante para a produção.

Com ciclo de até 150 dias (Balbinot Junior et al. 2003) o período de colheita no estado varia entre o quarto e o décimo terceiro decêndio, sendo possível então, a secagem com ventilação contínua nos municípios de Diamantino e Rondonópolis, a partir do décimo primeiro decêndio, e com ventilação intermitente durante todo o período de colheita. Já nos municípios de Sinop e Campo Verde, não é possível a realização de secagem de arroz com ar ambiente, tanto com ventilação contínua, quanto com ventilação intermitente.

Os resultados observados para os municípios de Sinop e Campo Verde corroboram com os encontrados por Gonçalves & Ferreira (1984), que verificaram a impossibilidade da secagem de arroz de forma contínua no município de Botucatu (SP). No entanto, os autores observaram a possibilidade de secagem de arroz até 13% de umidade, nos meses de março e abril nos horários entre 8 h e 20 h.

Rangel et al. (1997) verificaram a possibilidade de secagem em sementes de arroz no município de Pelotas (RS). Os autores secaram sementes de arroz de 19,7% a 11,5% de umidade, e concluíram que o material apresentou melhor rendimento de engenho, quando comparado a sementes secas com ar aquecido, mantendo sua qualidade fisiológica durante 180 dias de armazenamento.

Os períodos com possibilidade de realização de secagem de feijão nos diferentes locais do Estado de Mato Grosso, estão apresentados na Figura 4.

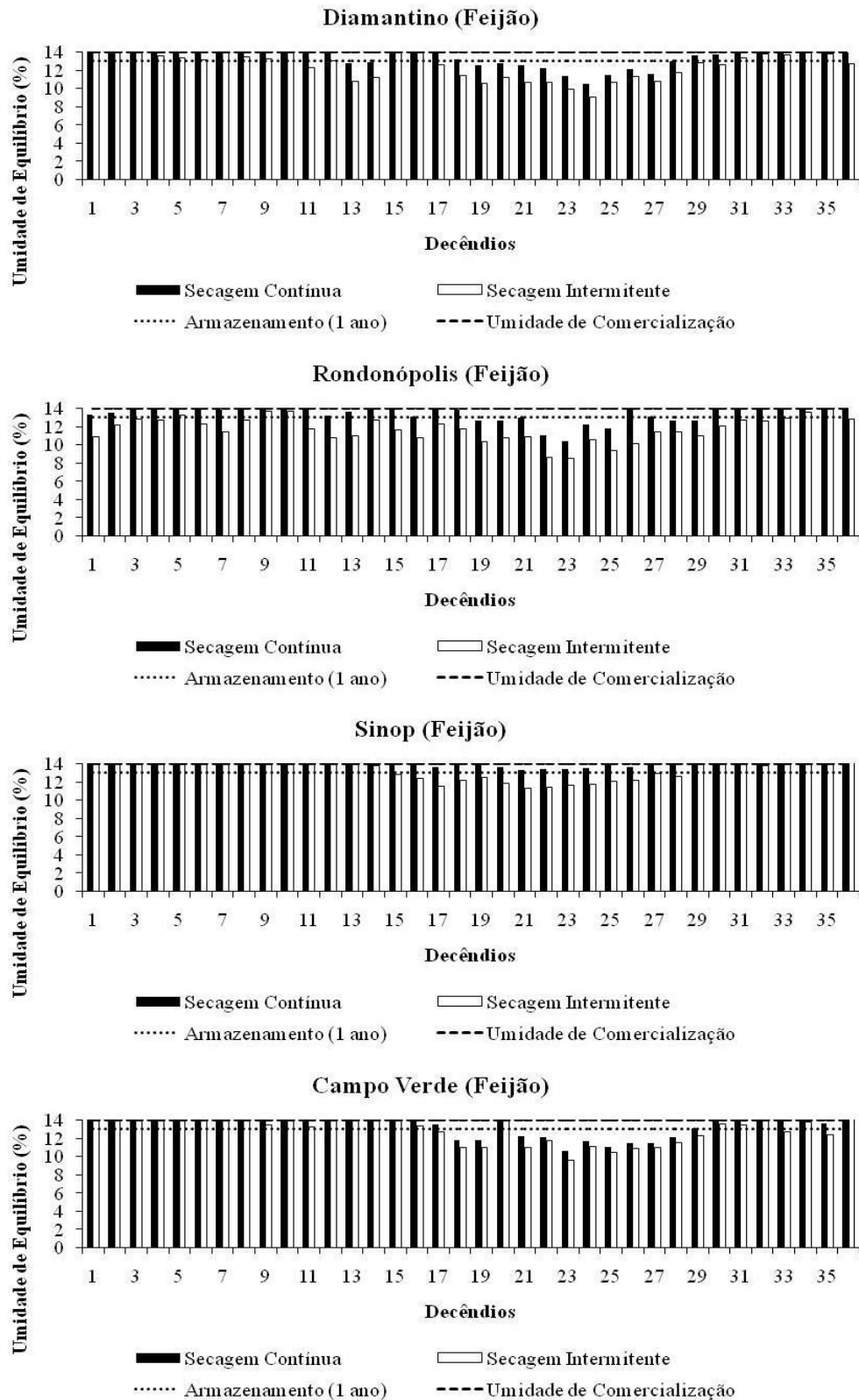


Figura 4. Períodos decenciais com possibilidade de secagem de feijão com ar ambiente, com ventilação contínua e intermitente, nos municípios de Diamantino, Sinop, Rondonópolis e Campo Verde.

A secagem até 14% de umidade (umidade máxima permitida para a comercialização) pode ser realizada em todos os locais do estado, tanto com ventilação contínua, quanto com ventilação intermitente. No entanto, até 13% de umidade, a secagem fica limitada a alguns períodos do ano.

Para o Estado de Mato Grosso recomenda-se a semeadura do feijão de 01 de janeiro a 28 de fevereiro, sendo que em média, as variedades levam cerca de 90 dias para estarem em condições de colheita (Santos 2005). Dessa forma, o período de colheita no estado varia do décimo primeiro ao décimo nono decêndio.

O município de Diamantino apresenta condições favoráveis de secagem de feijão até 13% de umidade, a partir do décimo primeiro decêndio, porém, no décimo quarto e décimo sexto decêndio não é possível a realização da secagem.

No município de Sinop a secagem até 13% de umidade só é possível com ventilação intermitente, a partir do décimo quinto decêndio.

Em Rondonópolis a secagem até 13% pode ser realizada a partir do décimo primeiro decêndio, com ventilação intermitente. E em Campo Verde apenas a partir do décimo sétimo decêndio do ano.

Gonçalves & Ferreira (1988) verificaram que a secagem de feijão com ar ambiente, não é viável tecnicamente no município de Botucatu (SP), pois a umidade de equilíbrio do feijão mostrou-se estar acima de 13% entre os meses de março e junho.

A secagem com ar ambiente é uma prática de baixo impacto ecológico e que pode ser aplicada a municípios do Estado de Mato Grosso, sendo em especial destinada a produtores que desejam beneficiar e armazenar o produto na própria propriedade. Porém, a implantação do sistema deve ser acompanhada de um bom planejamento das atividades de semeadura e colheita, e o sistema só deve estar em funcionamento quando a umidade de equilíbrio do produto for inferior a sua umidade atual. Além disso, segundo Guimarães & Baudet (2002),

no momento da projeção dos sistemas de secagem deve-se atentar para o tempo de secagem da camada superior da célula de secagem, a fim de se evitar a deterioração do produto.

Conclusão

Os resultados encontrados no presente trabalho permitem concluir que:

A secagem de soja, milho e feijão com ar ambiente, até o grau de umidade máximo permitido para a comercialização, pode ser realizada nos municípios estudados;

A secagem de soja até 12% de umidade é possível nos municípios de Diamantino e Rondonópolis;

A secagem de milho até 13% de umidade só é possível na segunda safra (safrinha);

A secagem de arroz é possível nos municípios de Diamantino e Rondonópolis;

A secagem de feijão até 13% de umidade pode ser realizada nos municípios estudados.

Referências

- AGRICULTURAL ENGINEERS YEARBOOK. Saint Joseph. *American Society of Agricultural Engineers*. 30 edição, p. 853, 1983.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; FLECK, N. G.; MENEZES, V. G.; AGOSTINETTO, D. Competitividade de variedades de arroz irrigado com cultivar simuladora de arroz sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.1, p. 53-59, 2003.
- BRASIL. Instrução normativa número 6, de 16 de fevereiro de 2009. Regulamento técnico do arroz. *Ministério da agricultura pecuária e abastecimento*. Diário oficial da união, Brasília, DF, 18 de fevereiro de 2009, seção 1, p. 22.
- BRASIL. Instrução normativa número 12, de 28 de março de 2008. Referencial fotográfico para a classificação do feijão. *Ministério da agricultura pecuária e abastecimento*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 31 de março de 2008, p. 95.

BRASIL. Instrução normativa número 60, de 22 de dezembro de 2011. Regulamento técnico do milho. *Ministério da agricultura pecuária e abastecimento*. Diário oficial da união, Brasília, DF, 23 de dezembro de 2011, seção 1, p. 15.

BRASIL. Instrução normativa número 11, de 15 de maio de 2007. Regulamento técnico da soja. *Ministério da agricultura pecuária e abastecimento*. Diário oficial da união, Brasília, DF, 16 de maio de 2007, seção 1, p. 13-21.

BROCH, D.L.; CECCON, G. *Produção de milho safrinha com integração lavoura e pecuária*. 2008. Artigo em Hipertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/safrinha/index.htm>. Acesso em: 20/06/2012.

COMPAGNON, A. M.; GAVA, R.; DALPASQUALE, V. A.; MARTINS, C. H. Psicro 2009 - Programa computacional para a determinação das propriedades psicrométricas do ar. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*. v.3, n.3, p. 251-269, 2010.

COSTA, R. F.; FEITOSA, J. R. P.; FISCH, G.; SOUZA, S. S.; NOBRE, C. A. Variabilidade diária de precipitação em regiões de floresta e pastagem na Amazônia. *Acta Amazônica*, n.28, v.4, p. 395-408, 1998.

DEVILLA, I. A.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M.; DAMASCENO, G. S.; REIS, F. P. Qualidade de grãos de milho submetidos ao processo de seca-aeração. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande. v.3, n.2, p. 211-215, 1999.

EICHELBERGER, L.; PORTELLA, J. A.; GUTKOUSKI, L. C.; SANTIN, J. A. Secagem de sementes de milho com ar natural forçado. *Pesquisa Agropecuária Gaucha*, Porto Alegre. v.15, n.2, p. 159-169, 2009.

FIGUEIREDO, M. G. *Agricultura e estrutura produtiva do Estado de Mato Grosso: uma análise insumo-produto*. 2003. 188 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo.

FONSECA, J. R.; FREIRE, A. B.; FREIRE, M. S.; ZIMMERMANN, F. J. P. Conservação de sementes de feijão sob três sistemas de armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*. v.2, n.1, p. 19-28, 1980.

GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. *Revista Ciência Rural*. v.34, n.2, p. 603-608, 2004.

GONÇALVES, V. A. Potencial de secagem do milho a granel com ar natural em Botucatu-SP. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.13, n.1, p. 141-166, 1984.

GONÇALVES, V. A.; FERREIRA, W. A. Potencial de secagem de grãos com ar natural em Botucatu-SP, comparação entre arroz, feijão, milho, soja e sorgo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.18, n.1, p. 151-156, 1988.

GUIMARÃES, D.; BAUDET, L. *Simulação de secagem de grãos e sementes*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, p. 214, 2002.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T. T. *Seed biology*. New York: Academic. v.3, p. 145-245, 1972.

LEHN, D. N.; PINTO, L. A. A. Isotermas de equilíbrio e curvas de secagem para arroz em casca em silos de armazenagem. *Revista Engenharia na Agricultura*, Viçosa – MG. v.12, n.3, p. 177-191, 2004.

LOPES, R. P.; SILVA, J. S.; RUFFATO, R.; SENA JR, D. S. Consumo de energia em dois sistemas de secagem de café. *Revista Ciência Agrotecnológica*, Lavras. v.26, n.6, p. 1266-1274, 2002.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v.16, n.4, p. 154-167, 2011.

MOSSINI JUNIOR, D.; SILVA, F. S.; DALLACORT, R.; CARVALHO, M. A. C.; MOSSINI, A. Modelo matemático para a estimativa da temperatura e umidade relativa média diurna do ar. *Revista Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v.9, n.16, p. 1479-1494, 2013.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A. Secagem de sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M.; (Ed). *Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. 1. ed. Pelotas – RS: Editora Rua, 2003, Cap.5, p. 281 – 319.

RANGEL, M. A. S.; ZIMMER, G. J.; VILLELA, F. A. Secagem estacionária de arroz com ar ambiente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.10, p. 20-36, 1997.

SANTOS, G. L. Resposta técnica. *Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas*. SENAI – RS, Departamento regional, 2005.

SANTOS, R. R. *Análise de sistema de secagem de café, utilizando-se bomba de calor e gás liquefeito de petróleo – GLP*. 2007. 112 f. Dissertação (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG.

SANS, L. M. A.; ASSAD, E. D.; GUIMARÃES, D. P.; AVELLAR, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho na região centro-oeste do Brasil e para o Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v.9, n.3, p. 527-535, 2001.

SILVA, L. C. Secagem de grãos. *Revista Grãos Brasil: da semente ao consumo*. v.1, n.14, p. 10-14, 2005.

SILVA^a, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L.; NOGUEIRA, R. M. Secagem e secadores. In: SILVA, J. S; (Ed). *Secagem e armazenagem de produtos agrícolas*. 2. ed. Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008, Cap.5, p. 109 – 145.

SILVA^b, J. S.; BERBERT, P. A.; RUFATO, S.; AFONSO, A. D. L. Indicadores da qualidade dos grãos. In: SILVA, J. S; (Ed). *Secagem e armazenagem de produtos agrícolas*. 2. ed. Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008, Cap.4, p. 63 - 107.

SILVA, S. C.; MEIRELES, E. J. L. ASSAD, E. D.; XAVIER, L. S.; CUNHA, M. A. C. Caracterização do risco climático para a cultura do arroz de terras altas no Estado de Mato Grosso. *EMBRAPA - Centro Nacional de Arroz e Feijão*, Goiânia – GO. 18 p, 1997.

TERAMOTO, E. T.; CARVALHO, L. G.; DANTAS, A. A. A. Comparação entre valores de temperatura média do ar de estação convencional com valores obtidos em estação automática e análise de equações para a estimativa de médias da temperatura do ar em lavras, MG. *Revista Ciencia Agrotecnológica*, Lavras, v.33, p. 1789-1803, 2009.

TREIDL, R. A. Corn drying in Canada using ambient air. *Canadian agricultural engineering*. v.16, n.2, 1974.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. *Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras*, São Paulo: Nobel, 1980, 374 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deve-se considerar que a secagem quando realizada sem o aquecimento do ar, demanda maior tempo para a remoção da água do grão, até níveis seguros para o armazenamento, quando comparado a sistemas de secagem que utilizam ar aquecido. A não utilização de energia para o aquecimento do ar pode ser viável para um determinado local, porém deve-se sempre buscar a otimização na projeção dos sistemas quanto à economia de energia, manutenção da qualidade do produto e preservação do meio ambiente.