



SIMEAA

Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Anais do III Simpósio e XV Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

**“PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS
QUALIDADE E SEGURANÇA ALIMENTAR”**

25 a 29 de Setembro

Universidade Federal de Viçosa

2018, Volume 2

Universidade Federal de Viçosa

Reitora

Nilda de Fátima Ferreira Soares

Vice-Reitor

João Carlos Cardoso Galvão

Diretor do Centro de Ciências Agrárias

Rubens Alves de Oliveira

Chefe do Departamento de Engenharia Agrícola

Francisco de Assis de Carvalho Pinto

Coordenador do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental

Roberto Precci Lopes

O conteúdo destes anais é de exclusiva responsabilidade dos seus autores.

Comissão Coordenadora

Prof.Dr. Luis César da Silva – DEA/UFV – Coordenação Geral
Juliana Soares Zeymer – DEA/UFV – Co-coordenação

Comissão Organizadora

Débora Rosário
João Victor Nogueira
Luna Lilas
Marcella de Freitas
Felipe Belz
Gustavo Berger
Gabriel Cunha
Isabela Mageste
Davi Salvador
Délcia dos Santos
Leticia Fonseca
Ana Carolina Sabino
Laura Parma
Jean Carlos
Thayne Botelho

Apoio

Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental – DEA/UFV
Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFV

Avaliadores de Painéis/Resumos

Raquel Rodrigues Santos
Argemiro Teixeira Leite Filho
Guilherme Mapa
Luan Peroni Venancio
David Bruno de Sousa Teixeira
José Darlon N. Alves
Leticia Tavares
Marcus Vinicius de Assis Silva
Lucas de Arruda Viana
Rodrigo Nogueira Martins
Wilson de Almeida O. Junior
Juliana Zeymer
Diego Bispo
Pablo Baratto
Erli Pinto dos Santos

Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração das seguintes instituições:

Centro de Ciências Agrárias (CCA)

Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)

PROCER

Supermercado Vilela Avenida

Pizza em Pedaco

Noa Noa

Funarbe

Romer Labs

SUMÁRIO:

AGRICULTURA FAMILIAR E SEGURANÇA ALIMENTAR: UMA ANÁLISE DO PNAE NO MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE.....	01
ANÁLISE COLORIMÉTRICA DA CASCA DE MANGA UBÁ EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO.....	04
ANÁLISE COLORIMÉTRICA DA POLPA DE MANGA “UBA” EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO.....	07
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CÂMERAS TERMOGRÁFICAS PARA AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DA COBERTURA DE PROTÓTIPOS AVÍCOLAS.....	10
ANÁLISE DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA COUVE CHINESA (<i>BRASSICA PEKINENSIS</i>) UTILIZANDO PAPEL RECICLADO NA COBERTURA DO SOLO.....	13
BALANÇO HÍDRICO PARA A CULTURA DO CAFÉ NA CIDADE DE PATOS DE MINAS-MG NO ANO DE 2016.....	16
DESENVOLVIMENTO DE SEMEADORA A TAXA VARIÁVEL PARA AGRICULTURA FAMILIAR.....	19
DETERMINAÇÃO DO PERÍODO DE IRRIGAÇÃO EM ÁREAS CULTIVADAS COM SOJA EM RIO VERDE-GO.....	22
DETERMINAÇÃO E ESTUDO DE FATORES INERENTES À INTENÇÃO DE COMPRA DO CAFÉ ORGÂNICO.....	25
DIFERENTES TIPOLOGIAS DE GLOBO NEGRO PARA AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO E UMIDADE.....	28
DIMENSIONAMENTO DE CÂMARAS FRIAS PARA ARMAZENAGEM DE FRUTAS.....	31
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ESTIMADA COM REDES NEURAIS ARTIFICIAIS.....	34
ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO E UMIDADE EM PROTÓTIPOS DE GALPÕES AVÍCOLAS.....	37
MARS: ALTERNATIVA PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA.....	40
MODELAGEM DA SECAGEM EM INFRAVERMELHO DE CASCA DE MANGA UBÁ VERDE.....	43
MONITORAMENTO DOS DANOS E ABALOS NA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇURCAR POR MEIO DE RUN CHARTS.....	46
NECESSIDADE HÍDRICA DA CANA-DE-AÇUCAR NO MUNICÍPIO DE FRUTAL-MG.....	49
PRODUÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO COM RESÍDUOS DE LATICÍNIO.....	52
PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA DESSORÇÃO DE ÁGUA DE SEMENTES DE AZEVÉM.....	55
SECAGEM DE CASCA DE MANGA UBÁ VERDE EM INFRAVERMELHO.....	58
TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM PROTÓTIPOS DE GALPÕES AVÍCOLAS.....	61
TEMPERATURA SUPERFICIAL DE COBERTURA DE PROTÓTIPOS DE AVIÁRIOS AFERIDAS	

COM DIFERENTES TERMÔMETROS DIGITAIS INFRAVERMELHOS.....	64
USO DA FERRAMENTA CFD PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE DUAS CONFIGURAÇÕES DE PLACAS SOLARES.....	67
VALIDAÇÃO DE UM DATALOGGER DE TEMPERATURA EM PROTÓTIPOS DE INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO ANIMAL.....	70

Apresentação

O III SIMEAA – Simpósio e XIV Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental, com a temática: **“Processamento de Produtos Agrícolas: Qualidade e Segurança Alimentar”** foi realizado nos dias 25 a 29 de setembro de 2018 na Universidade Federal de Viçosa – Campus Viçosa. A equipe organizadora é formada por acadêmicos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, membros do CAEEA – Centro Acadêmico de Engenharia Agrícola e Ambiental, PET EAA – Programa de Educação Tutorial do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, e Agrijúnior – Empresa Júnior de Engenharia Agrícola e Ambiental. A equipe contou com a orientação do docente Luís César da Silva, Engenheiro Agrícola (UFV, 1995), Mestrado em Engenharia Agrícola (UFV, 1990) e Doutorado Engenharia Agrícola (UFV / Kansas State University, 2002). Luis César é docente do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – Campus de Viçosa, e tem como áreas de interesse: Engenharia de Processamento de Produtos Agrícolas e Modelagem e Simulação de Sistemas Agroindústrias.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

AGRICULTURA FAMILIAR E SEGURANÇA ALIMENTAR: UMA ANÁLISE DO PNAE NO MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE

Rosária Cal Bastos¹, Amélia Carla Sobrinho Bifano², Maria das Dores S. Loreto³

¹ Mestre em Economia Doméstica, Técnica-Administrativa do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, UFV-MG, E-mail: rosaria.bastos@ufv.br ; ² Doutora em Engenharia de Produção, Professora do Depto de Economia Doméstica – Universidade Federal de Viçosa, UFV-MG, E-mail: abifano@ufv.br; ³ Doutora em Economia Rural, Professora do Depto de Economia Doméstica – Universidade Federal de Viçosa, UFV-MG, mdora@ufv.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho é analisar operacionalização do fornecimento dos gêneros alimentícios da agricultura familiar como um processo para garantir a segurança alimentar e nutricional dos alunos da rede pública, identificando as limitações e potencialidades do PNAE no município de Coimbra, MG. Este trabalho utilizou-se da pesquisa qualitativa, valendo-se do estudo de caso. As informações foram obtidas por meio de questionário, pesquisa documental, entrevista semiestruturada e observação direta. Os resultados encontrados apontaram as limitações e potencialidades do PNAE. Limitações como burocracia, regularidade, preço, logística, certificação dos produtos, falta de profissional da nutrição, há ainda muito o que avançar. E como potencialidades, tem-se a promoção do desenvolvimento socioeconômico local; criação de novos mercados locais; aumento da produção e diversificação de alimentos *in natura*; geração de renda para os Agricultores Familiares. Conclui-se que há resultados positivos tanto do ponto de vista dos agricultores familiares como da geração da segurança alimentar e nutricional da população local envolvido pelo projeto. Entretanto, existem muitos desafios a serem enfrentado para que a o projeto de compras de alimentos da agricultura familiar desempenhe um papel importante na garantia da segurança alimentar, tais como falta da participação da Engenharia Agrícola na área de armazenamento e processamento dos alimentos para redução de perdas, produção de alimentos orgânicos etc.

Palavras-Chave: alimentação escolar, limitações, política pública, potencialidades

INTRODUÇÃO

No Brasil, diversas políticas públicas foram formuladas no sentido de garantir os direitos sociais fundamentais tanto para melhorar as condições de vida de todos os cidadãos quanto para estimular o desenvolvimento do país (SANTOS, 2012). Nesse contexto, a Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PNSAN), desde 2001, vem sendo aprimorada e desenvolvida ao longo de sua existência, com o intuito de reduzir à pobreza e garantir que todos tenham acesso a quantidade suficiente e com regularidade a alimentos saudáveis. Assim, a PNSAN, a partir de seu Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), instituído pela Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009, que contempla o Projeto de Aquisição de Gêneros Alimentícios da Agricultura Familiar (PAGAAF), constitui uma das ações do Governo para promover o acesso do pequeno agricultor familiar a condições mínimas para a fixação dele no campo, a partir da garantia de venda dos produtos excedentes, além de garantir uma alimentação saudável e adequada aos alunos da rede pública de ensino. O PAGAAF, no âmbito do PNAE, determina que no mínimo 30% dos produtos destinados à alimentação escolar sejam adquiridos da agricultura familiar, além de buscar a segurança alimentar e nutricional nas escolas públicas, amplia as oportunidades de comercialização dos produtos da agricultura familiar.

Nesse contexto, a SAN está se consolidando no município de Coimbra-MG, localizado na

Zona da Mata Mineira, no qual o PAGAAF, inserido no PNAE gerou uma nova dinâmica em relação à segurança alimentar para uma parcela da população em situação de fragilidade social, como para à ampliação das condições de reprodução social dos agricultores familiares que participam do projeto.

Diante destas considerações, o presente artigo tem como objetivo analisar operacionalização do fornecimento dos gêneros alimentícios da agricultura familiar como um processo para garantir a segurança alimentar e nutricional dos alunos da rede pública, identificando as limitações e potencialidades do PAGAAF inserido no PNAE no município de Coimbra, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se da pesquisa descritiva, com enfoque qualitativo dentro do contexto do estudo de caso, valendo-se, contudo, de dados quantitativos. Os dados e as informações foram obtidos por meio de pesquisa documental, questionários, entrevistas semiestruturadas e observação direta. O questionário e a observação foram efetivados, no período de janeiro a dezembro de 2016, em cinco agricultores familiares que participam do projeto. Já a entrevista foi realizada por meio de contato direto com as Entidades Executoras (EEs), representadas pela Secretaria Municipal de Educação e Escola Estadual do município de Coimbra, e a Entidade de apoio, a EMATER-MG, envolvidas no PAGAAF, no âmbito do PNAE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se refere a operacionalização do PAGAAF efetivada no município de Coimbra, MG, constatou-se que há uma dinâmica de implementação diferenciada se comparando os critérios analisados, entre as EEs, municipal e estadual.

Avaliando a aplicação de pelo menos 30% do total de recursos transferidos pelo FNDE para o PNAE na aquisição de alimentos da agricultura familiar do município, observou-se que a média de transferência durante o período totalizou 34,75% para os municípios e 21,51% para os Estados (Figura 1). Observa as dificuldades das Escolas Estaduais em atingir a meta dos 30% exigidos e a EE Municipal apresenta média correspondente a 34,75% de aquisições de alimentos do sistema agrícola

familiar.

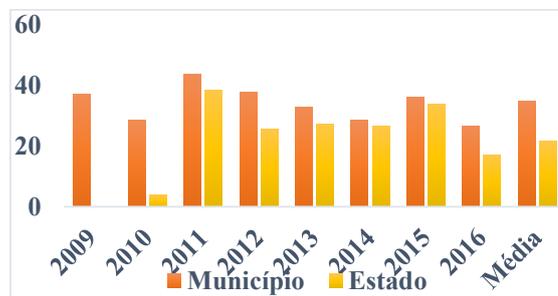


Figura 1 – Relação percentual dos investimentos na aquisição dos alimentos pelas Entidades Executoras (Municipal e Estadual) do município de Coimbra, MG, entre 2009 a 2016.

Essas dificuldades são resultantes da falta do recurso financeiro e de alguns alimentos necessários para merenda escolar nos quais os agricultores não tem escala de produção para fornecer e suprir a demanda.

Quanto ao elo entre a Agricultura Familiar e a Segurança Alimentar por meio do PAGAAF, foram apresentados os principais produtos fornecidos às escolas do município, segundo análise dos documentos fornecidos pelas EEs. Evidenciou-se que a agricultura familiar do município é muito heterogênea em relação aos seus produtos. Os produtos estão divididos em três grupos de comercialização, alimentos *in natura*, processados e orgânicos (Quadro 1).

PRODUTOS FORNECIDOS	ENTIDADES EXECUTORAS	
	Municipal	Estadual
Hortaliças	alface, almeirão, brócolis, cebolinha, couve, couve-flor, repolho e salsa.	alface, brócolis, cebolinha, couve, couve-flor, repolho e salsa.
<i>In natura</i> Legumes	abóbora, batata, beterraba, cebola, cenoura, inhame, mandioca, moranga, pimentão e tomate.	beterraba, cenoura, inhame, mandioca, moranga, pepino, pimentão e tomate.
Grãos	feijão	feijão
Frutas	banana, goiaba*, limão e mexerica.	banana, laranja e limão.
Processado	fubá	
Orgânico	-	-

Quadro 1. Produtos fornecidos as escolas,



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa

diretamente da agricultura familiar (2009 a 2016).

Observa-se, portanto, que os alimentos fornecidos pelos agricultores familiares são produtos típicos, que pode-se dimensionar a importância da agricultura familiar na dieta alimentar e Segurança Alimentar e Nutricional da população atendida, como o feijão, o milho, a mandioca, os legumes e as frutas. Segundo Conti, Bazotti e Radomsky (2015), a agricultura familiar está voltada, primordialmente, para o abastecimento interno, o que reforça a sua consonância com os objetivos da Segurança Alimentar e Nutricional.

Na percepção dos agricultores familiares, o PAGAAF representa para eles mais um canal de comercialização e mercado para seus produtos, o que para eles é necessário devido ao estrangulamento que a comercialização representa para os pequenos agricultores, no processo de produção e vende seus produtos agrícolas. Isso implica que o agricultor inserido no programa governamental, o caso do PNAE, se beneficie com a garantia de comercialização de seus produtos, a um preço justo ao do mercado, aumento da produção e que seja fonte de renda regular, proporcionando melhorias na qualidade de vida dele e de sua família. Esse resultado vai ao encontro dos estudos de Triches e Baccarin (2016), destacando que as compras públicas são um avanço no sentido de facilitarem e flexibilizarem as legislações em prol da dinamização da economia local e regional, com ampliação de canais de comercialização para os agricultores familiares.

Uma questão que, na visão dos agricultores, tem se tornado um fator limitante no trabalho dos agricultores familiares na comercialização dos seus produtos com a escola e outros mercados é a questão da **pós-colheita**, principalmente na armazenagem e conservação dos produtos. Os produtores têm que entregar seus alimentos frescos e de boa qualidade, todos os dias e em pequenas quantidades, o que tem ocasionado alguns problemas na produção, na comercialização e na qualidade de vida dos agricultores e sua família. Observa-se nos relatos que os agricultores familiares têm que gerenciar sua produção, enfatizando os principais aspectos que interferem na qualidade dos alimentos, como entrega mais rápidas, transporte, armazenagem, distribuição, período de conservação e comercialização dos produtos.

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados apontaram a burocracia, regularidade, preço, logística, certificação dos produtos, falta de profissional da nutrição, como limitações. E como potencialidades, tem-se a promoção do desenvolvimento socioeconômico local; criação de novos mercados locais; aumento da produção e diversificação de alimentos in natura; geração de renda para os Agricultores Familiares; promoção da visibilidade do trabalho da Mulher Rural.

Conclui-se que há resultados positivos tanto do ponto de vista dos agricultores familiares como da geração da segurança alimentar e nutricional da população local envolvido pelo projeto. Entretanto, existem muitos desafios a serem enfrentado para que a o projeto de compras de alimentos da agricultura familiar desempenhe um papel importante na garantia da segurança alimentar, tais como falta da participação da Engenharia Agrícola na área de armazenamento e processamento dos alimentos para redução de perdas, produção de alimentos orgânicos etc.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica. Diário Oficial da União, 17 jun. 2009.

CONTI, Irio Luiz; BAZOTTI, Angelita; RADOMSKY, Guilherme FW. Agricultura familiar e segurança alimentar e nutricional: um estudo sobre a relação produção-consumo nos municípios de Toledo (PR) e contagem (MG). Extensão Rural, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 56-86, 2015.

SANTOS, André Rodrigues et al. Agricultura familiar e Segurança Alimentar e Nutricional: análise dos resultados do programa de aquisição de alimentos (PAA doação simultânea) nos estados da Bahia e Minas Gerais. Cadernos Gestão Social, v. 3, n. 1, p. 9-24, 2012.

TRICHES, R. M. & BACCARIN, J. G. Interações entre alimentação escolar e agricultura familiar para o desenvolvimento local. In: TEO, C. R. P. A.; TRICHES, R. M. (Orgs.). Alimentação escolar - construindo interfaces entre saúde, educação e desenvolvimento. Chapecó, SC: Argos, 2016. p. 89-110.



ANÁLISE COLORIMÉTRICA DA CASCA DE MANGA *UBÁ* EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO

Marcos Eduardo Viana de Araujo¹, Juliana Soares Zeymer², Renata Cássia Campos³, Igor Lopes de Faria⁴, Paulo Cesar Corrêa⁵

¹Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola – UFV. E-mail: marcos.rav@hotmail.com; ²Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola – UFV. E-mail: juliana.zeymer@ufv.br; ³Engenheira de Alimentos, Doutoranda em Engenharia Agrícola-UFV. E-mail: renata.eal@hotmail.com; ⁴Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. E-mail: igor.faria@ufv.br; ⁵Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. E-mail: copace@ufv.br

RESUMO: O amadurecimento pós-colheita é um processo de suma importância na cadeia produtiva da manga, e torna imprescindível a busca por informações por meio de análises não destrutivas dessa característica. Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi analisar as propriedades colorimétricas de manga *Ubá* em diferentes estágios de maturação pós-colheita. Para análise dos índices colorimétricos, foram utilizadas mangas da variedade *Ubá* em quatro níveis de maturação (verde, verdoenga; semi-madura e madura), apresentando teores de água iniciais de 0,274, 0,315, 0,282 e 0,273 kg_a kg_{ms}⁻¹, respectivamente. A cor das frutas foi avaliada pela leitura direta de refletância das coordenadas L*, a* e b*, dos índices colorimétricos: croma (C*) e ângulo hue (H*), além da diferença total de cor (ΔE) e do índice de escurecimento (BI). A manga *Ubá* apresentou aumento das coordenadas colorimétricas L*, a* e b* ao longo do amadurecimento, bem como dos índices colorimétricos: croma e ângulo hue. A equação para índice de escurecimento em produtos processados não apresentou aplicação para a casca da manga ao longo do amadurecimento. A diferença de cor entre os estágios de maturação e a maturação verde aumenta ao longo do amadurecimento.

Palavras-Chave: amadurecimento, avaliação não destrutiva, escurecimento, *Mangifera indica*, pós-colheita

INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta tropical amplamente apreciada por suas características sensoriais e nutricionais (Oliveira et al., 2018). É comumente processada em forma de polpas e néctares. A variedade *Ubá* é muito difundida no sudeste do Brasil e tem sido utilizada pelas indústrias por apresentar características-chave adequadas para fins de processamento, como

fibras curtas, finas e moles, bem como altos rendimentos de celulose (Faraoni et al., 2009).

O amadurecimento pós-colheita é um processo chave que afeta a qualidade dos frutos durante a distribuição, o que é importante especialmente para longas cadeias de suprimento. A capacidade de monitorar as mudanças na qualidade dos frutos durante a cadeia de manuseio pós-colheita, especialmente por meio de métodos de avaliação não destrutivos, como a análise colorimétrica, pode ajudar a garantir um produto *premium* na comercialização (Fukuda et al., 2014).

A cor da casca da manga, é primordial no que diz respeito à aceitação do consumidor, e foi considerada um dos principais indicadores de qualidade para essa fruta. Além disso, esse parâmetro pode ser utilizado como ferramenta para descrever as cultivares de manga, ou para prever os estágios de maturação (Nordey et al., 2014).

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi analisar as propriedades colorimétricas de manga *Ubá* em diferentes estágios de maturação pós-colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (Centreinar), localizado na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Para análise dos índices colorimétricos, foram utilizadas mangas da variedade *Ubá* (*Mangifera indica* L.) em quatro níveis de maturação (verde, verdoenga; semi-madura e madura), apresentando teores de água iniciais de 2,74, 3,15, 2,82 e 2,73 kg_a kg_{ms}⁻¹, respectivamente.

A cor das frutas foi avaliada com o auxílio de um colorímetro tristímulo em quatro repetições,

com leitura direta de refletância das coordenadas L^* (luminosidade), a^* (tonalidades vermelha/verde) e b^* (tonalidades amarela/azul), empregando-se a escala CIE (Figura 1) e iluminante $10^\circ/D65$.

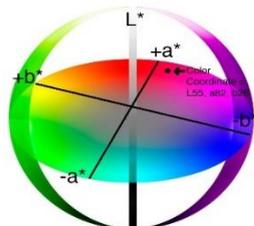


Figura 1. Espaço de cor CIE $L^* a^* b^*$.

A partir dos valores de L^* , a^* e b^* , foram calculados os índices colorimétricos: croma (C^*), que definem a intensidade e a pureza de uma cor (Equação 1) e ângulo hue (H^*), que define a tonalidade da cor (Equação 2). A diferença total de cor (ΔE) (Equação 3) foi calculada levando em consideração o nível de maturação verde.

$$C^* = \left[(a^*)^2 + (b^*)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2)$$

$$\Delta E = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

em que,

ΔE – diferença total de cor

C^* – croma;

H^* – ângulo hue;

L^* , a^* e b^* – coordenadas colorimétricas;

Foi calculado também o índice de escurecimento (BI) (Equação 4) das mangas. Esta equação é utilizada em experimentos na área de alimentos processados (Saricoban & Yilmaz, 2010), para a avaliação indireta da ação das reações químicas que provocam a mudança de cor durante o processamento.

$$BI = \frac{[100(x - 0,31)]}{0,172} \quad (4)$$

em que,

$$x = \frac{(a^* + 1,75 L^*)}{(5,645 L^* + a^* - 3,012 b^*)} \quad (5)$$

em que,

BI – índice de escurecimento;

L^* , a^* e b^* – coordenadas colorimétricas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos valores referentes às coordenadas colorimétricas para os quatro níveis de maturação de manga *Ubá* podem ser observados na tabela 1. Observa-se que nos estágios de maturação semi-madura e madura as frutas tenderam a apresentar maiores valores de luminosidade se comparados aos estágios verde e verdoenga. Esse resultado indica que ao longo do amadurecimento, a manga torna-se mais clara, uma vez que a coordenada L^* varia de 0 – preto a 100 – branco.

Tabela 1. Valores médios das coordenadas colorimétricas L^* , a^* e b^* de manga *Ubá* em diferentes níveis de amadurecimento.

Maturação	L^*	a^*	b^*
Verde	65,80	-9,72	45,22
Verdoenga	50,22	-5,92	32,64
Semi-madura	70,53	11,56	54,80
Madura	74,54	19,94	61,17

A coordenada a^* apresentou valores negativos para os níveis verde e verdoenga (Tabela 1). Esse resultado já era esperado, uma vez que valores negativos dessa coordenada indicam cores próximas a verde. Os valores positivos dessa coordenada apresentados pelos outros níveis de maturação, demonstram que durante o amadurecimento, essa variedade de manga tende a ficar avermelhada. A coordenada b^* apresentou maiores valores nos últimos estágios de maturação, indicando o fenômeno de amarelecimento da casca da manga ao longo de sua maturação. Pela análise das coordenadas colorimétricas, pode-se notar que as mangas da variedade *Ubá* tendem a ficar com coloração amarela intensa, com traços avermelhados, uma vez que os valores de b^* predominam sobre os de a^* .

Os valores de croma (C^*), ângulo hue (H^*) e índice de escurecimento (BI) obtidos nas análises podem ser observados da tabela 2. Observa-se um aumento do índice C^* ao longo do amadurecimento. Esse resultado indica uma intensificação da cor da casca da manga com o amadurecimento. Resultados semelhantes foram encontrados por Passos et al. (2008), ao avaliarem a utilização de revestimentos à base de alginato na conservação pós-colheita de manga *Tommy Atkins*.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental

Departamento de Engenharia Agrícola

Universidade Federal de Viçosa

Tabela 2. Índices colorimétricos: croma (C*), ângulo hue (H*) e índice de escurecimento (BI) de manga *Ubá* em diferentes níveis de amadurecimento.

Maturação	C*	H*	BI
Verde	46,25	-77,87	91,59
Verdoenga	33,17	-79,72	85,60
Semi-madura	56,00	78,09	140,57
Madura	64,34	71,95	160,69

A inclinação negativa do ângulo hue (H*) dos níveis de maturação verde e verdoenga, enfatizam a cor esverdeada apresentada pelas frutas nesses estágios de maturação. As demais maturações apresentam inclinação positiva, na faixa de tonalidade entre o amarelo (90°) e o vermelho (0°), com maior tendência ao amarelo. Os resultados encontrados são próximos aos encontrados por Silva et al. (2011) que ao avaliarem os índices de cor de manga *Ubá* semi-madura tratada com carbureto, obtiveram valores entre 115 e 80.

O índice de escurecimento apresentou maiores valores para os níveis madura e semi-madura. Esse valor indica maior escurecimento nesses níveis de maturação. Esse resultado é contrário ao observado pela análise da coordenada L*. Tal resultado pode indicar ineficiência da equação para representar o escurecimento da casca da manga ao longo do amadurecimento. Isso pode ser atribuído ao fato da equação de índice de escurecimento ter sido criada, para representação de fenômenos químicos que ocorrem durante o processamento.

Como esperado, a maior diferença de cor foi observada entre os níveis madura e verde (**Tabela 3**). A diferença de cor entre os frutos é resultado das diferenças observadas nas coordenadas colorimétricas apresentadas anteriormente.

Tabela 3. Diferença de cor entre os diferentes níveis de maturação de manga *Ubá*.

Diferença de cor		
Verdoenga / verde	Semi-madura / verde	Madura / verde
20,38	23,81	34,79

CONCLUSÕES

A manga *Ubá* apresenta aumento das coordenadas colorimétricas L*, a* e b* ao longo do amadurecimento, bem como dos índices colorimétricos: croma e ângulo hue.

A equação para índice de escurecimento em produtos processados não apresentou aplicação para a casca da manga ao longo do amadurecimento.

A diferença de cor entre os estádios de maturação e a maturação verde aumenta ao longo do amadurecimento.

REFERÊNCIAS

- PASSOS, M. C. L. M. S.; LIMA, M. A. C. L.; AMARIZ, A.; RIBEIRO, T. P.; TRINDADE, D. C. G.; ANTÃO, T. S. UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTOS À BASE DE ALGINATO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANGA "TOMMY ATKINS". In: Jornada de Iniciação Científica, 2008, Petrolina – PE, **Anais...** Jornada de Iniciação Científica, 2008, v.1, p. 181-187.
- SARICOBAN, C.; YILMAZ, M. T. MODELLING THE EFFECTS OF PROCESSING FACTORS ON THE CHANGES IN COLOUR PARAMETERS OF COOKED MEATBALLS USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY. **World Applied Sciences Journal**, v. 9, p. 14-22, 2010.
- NORDEY, T.; JOAS, J.; DAVIRIEUX, F.; GÉNARD, M.; LÉCHAUDEL, M. NON-DESTRUCTIVE PREDICTION OF COLOR AND PIGMENT CONTENTS IN MANGO PEEL. **Scientia Horticulturae**, v. 171, p. 37-44, 2014.
- FUKUDA, S.; YASUNAGA, E.; NAGLE, M.; YUGE, K.; SARSDUD, V.; SPREER, W.; MULLER, J. MODELLING THE RELATIONSHIP BETWEEN PEEL COLOUR AND THE QUALITY OF FRESH MANGO FRUIT USING RANDOM FORESTS. **Journal of Food Engineering**, v. 131, p. 7-17, 2014.
- FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. CARACTERIZAÇÃO DA MANGA ORGÂNICA CULTIVAR UBÁ. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, p. 9-14, 2009.
- OLIVEIRA, A. N.; PAULA, D. A.; OLIVEIRA, E. D.; SARAIVA, S. H.; STINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M. OPTIMIZATION OF PECTIN EXTRACTION FROM UBÁ MANGO PEEL THROUGH SURFACE RESPONSE METHODOLOGY. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 113, p. 395-402, 2018.



ANÁLISE COLORIMÉTRICA DA POLPA DE MANGA “UBÁ” EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

Igor Lopes de Faria¹, Juliana Soares Zeymer², Renata Cássia Campos³, Marcos Eduardo Viana de Araujo⁴, Paulo Cesar Corrêa⁵

¹Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista do Programa de Educação Tutorial em Engenharia Agrícola e Ambiental (SESu/MEC). E-mail: igor.faria@ufv.br; ²Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: juliana.zeymer@ufv.br; ³Engenheira de Alimentos, Doutoranda em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: renata.eal@hotmail.com; ⁴Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: marcos.rav@hotmail.com; ⁵Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: copace@ufv.br

RESUMO: A coloração dos frutos é um importante atributo de qualidade, não só por contribuir para uma boa aparência, mas também, por influenciar a preferência do consumidor. Durante o amadurecimento, a maioria dos frutos sofre mudanças na cor. Objetivou-se neste estudo analisar as propriedades colorimétricas da polpa de manga “Ubá” (*Mangifera indica* L.) em diferentes estádios de maturação pós-colheita. A análise dos índices foi realizada em mangas com quatro graus de maturação diferentes (verde, verdoenga, semi-madura e madura). A cor das frutas foi avaliada pela leitura direta de refletância das coordenadas L^* , a^* e b^* e pelo cálculo dos índices colorimétricos croma (C^*), ângulo hue (h^*), diferença total de cor (ΔE) e índice de escurecimento (BI). A manga “Ubá” apresentou uma diminuição da coordenada colorimétrica L^* e um aumento das coordenadas a^* e b^* , bem como um aumento do índice croma e uma diminuição do ângulo hue ao longo do amadurecimento. A equação do índice de escurecimento em produtos processados apresentou aplicação satisfatória para a polpa de manga “Ubá” ao longo do processo de amadurecimento. A diferença total de cor entre os estádios de maturação e a maturação verde aumentou ao longo do amadurecimento.

Palavras-Chave: amadurecimento, avaliação não destrutiva, escurecimento, *Mangifera indica* L., pós-colheita

INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma das frutas tropicais mais cultivadas no mundo, utilizada tanto para o consumo in natura quanto para o processamento industrial (Rocha et al., 2012). Em Minas Gerais, especificamente na Zona da Mata, destaca-se a cultivar “Ubá”, que é encontrada crescendo espontaneamente em praticamente todos os municípios da região (Silva et al., 2012).

A manga “Ubá” geralmente amadurece de novembro a janeiro, a maturação desuniforme em uma mesma planta exige colheita

escalonada, que pode prolongar-se por até um mês (Silva et al., 2011).

A coloração dos frutos é um importante atributo de qualidade, não só por contribuir para uma boa aparência, mas também, por influenciar a preferência do consumidor. Durante o amadurecimento, a maioria dos frutos sofre mudanças na cor, principalmente na casca. Desta forma, a cor se torna um atributo importante na determinação do estágio de maturação (Motta et al., 2015).

A colorimetria é uma técnica utilizada com frequência na avaliação de produtos agrícolas e alimentícios. Uma das vantagens da colorimetria é que se trata de uma análise não destrutiva, que no caso da avaliação de estádios de maturação de frutas permite determinar características sem remoções de amostras ou uso de materiais (Motta et al., 2015).

Objetivou-se neste estudo analisar as propriedades colorimétricas da polpa de manga “Ubá” em diferentes estádios de maturação pós-colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade de Produtos Agrícolas, pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (Centreinar), localizado na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

A análise dos índices colorimétricos foi realizada em mangas da variedade “Ubá” (*Mangifera indica* L.) em quatro graus de maturação diferentes (verde, verdoenga, semi-madura e madura), com teor de água inicial de 2,74, 3,15, 2,82 e 2,73 $kg_a kg_{ms}^{-1}$, respectivamente.

A cor das frutas foi avaliada com o auxílio de um colorímetro tristímulo, em quatro repetições para cada grau de maturação, pela leitura direta de refletância das coordenadas L^* (luminosidade), a^* (tonalidades verde/vermelha) e b^* (tonalidades azul/amarela), empregando-se a escala CIE (**Figura 1**) e iluminante $10^\circ/D65$.

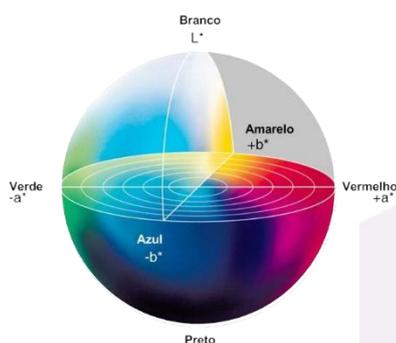


Figura 1. Espaço de cor CIE (L^* , a^* e b^*) (Santos, 2012).

A partir dos valores de L^* , a^* e b^* , foram calculados os índices colorimétricos croma (C^*), que define a intensidade e a pureza de uma cor (**Eq. 1**) e o ângulo hue (h^*), que define a tonalidade da cor (**Eq. 2**).

A diferença total de cor (ΔE) (**Eq. 3**) foi calculada levando-se em consideração o nível de maturação verde.

$$C^* = \left[(a^*)^2 + (b^*)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\Delta E = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Eq. 3})$$

em que,

C^* – croma;

h^* – ângulo hue;

ΔE – diferença total de cor;

L^* , a^* e b^* – coordenadas colorimétricas.

Também foi calculado o índice de escurecimento (BI) (**Eq. 4**) das amostras. Esta equação é utilizada em experimentos na área de alimentos processados (Saricoban e Yilmaz, 2010) para a avaliação indireta da ação das reações químicas que provocam a mudança de cor durante o processamento.

$$BI = \frac{[100(x - 0,31)]}{0,172} \quad (\text{Eq. 4})$$

em que,

$$x = \frac{(a^* + 1,75 L^*)}{(5,645 L^* + a^* - 3,012 b^*)} \quad (\text{Eq. 5})$$

onde,

BI – índice de escurecimento;

L^* , a^* e b^* – coordenadas colorimétricas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos valores das quatro repetições referentes às coordenadas colorimétricas para os quatro graus de maturação de manga “Ubá” estão apresentados na **Tabela 1**. Observa-se que, quanto mais avançado o grau de maturação, ocorre um decréscimo nos valores de L^* , apresentando pequenas oscilações na tendência deste decréscimo devido ao amadurecimento não uniforme das amostras. Este resultado já era esperado, pois indica que ao longo do amadurecimento, a polpa de manga torna-se mais escura, uma vez que a coordenada L^* varia de 0 (preto) a 100 (branco).

Tabela 1. Valores médios das coordenadas colorimétricas L^* , a^* e b^* de manga “Ubá” em diferentes graus de maturação.

Maturação	L^*	a^*	b^*
Verde	86,17	8,38	64,42
Verdoenga	72,79	19,54	78,50
Semi-madura	77,80	21,62	81,79
Madura	73,37	24,72	80,17

Fontes (2002), analisando néctar de manga, observou uma diminuição no valor de L^* com o processamento térmico e atribuiu tal comportamento à presença de reações sensíveis ao calor, associada à degradação de pigmentos termolábeis, resultando na formação de compostos escuros que podem reduzir a luminosidade.

Como esperado, quanto mais avançado o grau de maturação, maior o valor da coordenada a^* (**Tabela 1**). Este resultado indica cores próximas a vermelho. O aumento no valor de a^* é decorrente da formação de compostos em razão do amadurecimento da fruta.

A coordenada b^* também apresentou maiores valores, de acordo com seu grau de maturação, indicando tonalidades amareladas. Benevides et al., (2008), analisando a polpa de manga “Ubá”, observaram que os valores elevados de b^* indicam a prevalência dos carotenóides sobre outros pigmentos. Pela análise das coordenadas colorimétricas, pode-se notar que as mangas da variedade “Ubá” tendem a apresentar coloração na polpa com predominância da cor amarela sobre a vermelha, resultando na cor amarelo-alaranjado, característica da polpa de manga Ubá.

Estão apresentados na **Tabela 2** os valores de croma (C^*), ângulo hue (h^*) e índice de escurecimento (BI) calculados. Observa-se um aumento do índice C^* consonante com o

processo de amadurecimento. Este resultado indica uma intensificação da cor da polpa da manga com a maturação. Resultados semelhantes foram encontrados por Passos et al. (2008), ao avaliarem a utilização de revestimentos à base de alginato na conservação pós-colheita de manga variedade "Tommy Atkins"

Tabela 2. Índices colorimétricos: croma (C*), ângulo hue (h*) e índice de escurecimento (BI) de manga "Ubá" em diferentes graus de maturação.

Maturação	C*	h*	BI
Verde	64,96	82,59	127,45
Verdoenga	80,90	76,02	260,08
Semi-madura	84,60	75,19	247,50
Madura	83,89	72,86	270,69

A inclinação do ângulo hue (h*) dos estádios de maturação apresentaram valores positivos, na faixa de tonalidade entre o vermelho (0°) e amarelo (90°), com maior tendência ao amarelo. Os resultados encontrados são próximos aos encontrados por Silva et al. (2011) que ao avaliarem os índices colorimétricos de manga "Ubá" semi-madura tratada com carbureto, obtiveram valores entre 80 e 115.

Os índices de escurecimento (BI) apresentaram maiores valores para os graus de maturação mais avançados, ocorrendo uma pequena variação na maturação semi-madura, devido ao amadurecimento não uniforme das amostras. Esses valores indicam maior escurecimento quanto mais avançado for o grau de maturação das frutas. Este resultado é compatível ao observado pela análise da coordenada L*.

Como esperado, a maior diferença total de cor (ΔE) foi entre os graus madura e verde (**Tabela 3**), entretanto os valores de ΔE variaram dentro de uma faixa estreita, o que indica que a cor da polpa de manga "Ubá" varia relativamente pouco durante o processo de amadurecimento.

Tabela 3. Diferença total de cor entre os diferentes graus de maturação de manga "Ubá".

Diferença total de cor (ΔE)		
Verdoenga / verde	Semi-madura / verde	Madura / verde
22,40	23,29	26,06

A diferença total de cor entre as frutas é resultado das diferenças observadas nas coordenadas colorimétricas apresentadas.

CONCLUSÕES

A manga "Ubá" apresenta uma diminuição da coordenada colorimétrica L* e um aumento das coordenadas a* e b*, bem como um aumento do índice croma e uma diminuição do ângulo hue ao longo do amadurecimento.

A equação do índice de escurecimento em produtos processados apresentou aplicação satisfatória para a polpa de manga "Ubá" ao longo do processo de amadurecimento.

A diferença total de cor entre os estádios de maturação e a maturação verde aumenta ao longo do amadurecimento.

REFERÊNCIAS

- BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 571–578, 2008.
- FONTES, E.A.F. **Cinética de alterações químicas e sensoriais em néctar de manga (*Mangifera indica* L. var. "Ubá") durante tratamento térmico**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 112p., 2002.
- MOTTA, J. D.; QUEIROZ, A. J. DE M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. DE; SOUSA, K. DOS S. M. DE. Índice de cor e sua correlação com parâmetros físicos e físico-químicos de goiaba, manga e mamão. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 74–82, 2015.
- PASSOS, M. C. L. M. S.; LIMA, M. A. C. L.; AMARIZ, A.; RIBEIRO, T. P.; TRINDADE, D. C. G.; ANTÃO, T. S. Utilização de revestimentos à base de alginato na conservação pós-colheita de manga "Tommy Atkins". In: Jornada de Iniciação Científica, 2008, Petrolina, **Anais...** Jornada de Iniciação Científica, 2008, v.1, p. 181-187.
- ROCHA, A.; SALOMÃO, L. C. C.; SALOMÃO, T. M. F.; CRUZ, C. D.; SIQUEIRA, D. L. DE. Genetic diversity of "Ubá" mango tree using ISSR markers. **Molecular Biotechnology**, v. 50, n. 2, p. 108–113, 2012.
- SANTOS, C. **Análise de características para detecção de nudez em imagens**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 69 p., 2012.
- SARICOBAN, C.; YILMAZ, M. T. Modelling the effects of processing factors on the changes in colour parameters of cooked meatballs using response surface methodology. **World Applied Sciences Journal**, v. 9, n. 1, p. 14–22, 2010.
- SILVA, D. F. P. DA; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R.; SIQUEIRA, D. L.; ROCHA, A. Anticipation of "Ubá" mango ripening with preharvest ethephon application. **Ciência Rural**, v. 41, n. 1, p. 63–69, 2011.
- SILVA, D. F. P. DA; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; STRUIVING, T. B. Amadurecimento de manga "Ubá" com etileno e carbureto de cálcio na pós-colheita. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, p. 213–220, 2012.



ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CÂMERAS TERMOGRÁFICAS PARA AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DA COBERTURA DE PROTÓTIPOS AVÍCOLAS

Karen Macêdo¹, Fernanda Sousa², Karen Silva³, Natalia Alzate⁴, Carlos Souza⁵

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.macedo@ufv.br; ²Professora do Departamento de Engenharia Agrícola – UFV. E-mail: fernanda.sousa@ufv.br; ³Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.pereira@ufv.br; ⁴Discente de graduação em Engenharia Agrônômica – Universidad de Caldas. Mobilidade Acadêmica: Prática Institucional. E-mail: natalia.alzate@ufv.br; ⁵Estudante de Doutorado em Engenharia Agrícola – UFV. E-mail: carlosgutembergjr@hotmail.com

RESUMO: Dada a importância do conforto térmico animal na produção, proporcionado principalmente pelas características estruturais das instalações e dos aspectos climáticos locais, como por exemplo, a temperatura do ar e dos materiais na instalação, objetivou-se com esse trabalho mensurar e comparar a temperatura superficial da cobertura de fibrocimento em protótipos de galpões avícolas. O experimento foi realizado na área experimental do AMBIAGRO – Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais, na Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais. Os dados foram coletados ao longo do dia, por 12 horas, das 6 às 18 horas, a partir de dois tipos de câmeras termográficas distintas. Foram observados maiores valores de temperatura superficial da cobertura nos dados coletados com a câmera Flir One Android (adaptador para smartfone), em relação a Pistola Flir One TG165, que apresentou menores valores de temperatura, além de baixa resolução das imagens obtidas.

Palavras-Chave: ambiência, câmeras termográficas, cobertura, conforto térmico

INTRODUÇÃO

A produção de frangos de corte, atualmente representa 1,5% do PIB no Brasil, gerando 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos. Do total da carne que é produzida, 70% são destinados ao mercado interno, e os 30% restantes embarcados para mais de 150 países (ABPA, 2018).

Deve-se salientar que a avicultura brasileira é destaque mundial como uma das mais desenvolvidas atualmente, graças às pesquisas e aos investimentos, nas diversas

áreas correlacionadas à sua produção, incluindo os programas de bem-estar dos animais (ABPA, 2018).

A preocupação com a condição térmica das instalações, principalmente da cobertura, é fundamental para proporcionar conforto térmico e conseqüentemente bem-estar animal, uma vez que o calor é um tipo de energia que pode ser transferido de um corpo para o outro, através da irradiação, quando há diferença de temperatura entre eles.

Para a análise de temperatura destes objetos irradiantes presentes nas instalações, têm sido utilizados diversos instrumentos de medição, como por exemplo: termômetros infravermelhos e câmeras termográficas. Estes dispositivos permitem efetuar medições sem contato direto. A tecnologia infravermelha tem avançado consideravelmente nas últimas décadas devido às suas características não destrutiva e não invasiva para mensurar a temperatura das superfícies (Pedra, 2011).

Diante disso, buscou-se com este trabalho realizar uma análise comparativa entre a qualidade da imagem fornecida por dois diferentes tipos de câmeras termográficas e avaliar os valores de temperatura superficial da cobertura de protótipos de galpões avícolas obtidos a partir desses dois equipamentos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em protótipos de galpões avícolas localizados na área experimental do AMBIAGRO – Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais, na Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais (Figura 1). A cobertura dos telhados é composta por telhas onduladas de fibrocimento. Os protótipos possuem as seguintes dimensões: 3 m de

comprimento; 2,5 m de largura e 1,0 m e 1,5 metros de altura do telhado, sendo respectivamente na lateral mais baixa e no ponto central mais alto.



Figura 1. Vista da área experimental do Ambiagro e dos protótipos utilizados no experimento.

Os dados de temperatura foram aferidos em um único ponto central da superfície externa da telha a cada 3 horas por um período total de 12 horas ao longo do dia, das 6:00 às 18:00 horas.

Os dois diferentes tipos de câmeras termográficas utilizadas para tomada de dados da temperatura superficial externa da cobertura foram: Flir One Android Celular (Câmera 1) e Flir Pistola TG165 (Câmera 2), conforme apresentados na figura 2.



Figura 2. Câmeras termográficas utilizadas, Flir One Android (Câmera 1) e Flir Pistola TG165 (Câmera 2).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições para cada uma das câmeras testadas e calculadas as médias horárias dos valores de temperatura superficial das coberturas dos três protótipos obtidas pelas imagens capturadas com os dois equipamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados climáticos médios horários de temperatura e umidade relativa do ar disponibilizados pelo INMET–Instituto Nacional de Meteorologia, para o local mais próximo à área experimental no dia de realização da coleta de dados são apresentados na Tabela 1, não sendo observada precipitação nesse dia.

Tabela 1. Dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Horário	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
6:00	12,0	95
9:00	21,6	64
12:00	25,6	50
15:00	28,0	38
18:00	22,9	57

Os valores máximos de temperatura superficial da cobertura obtidos através das imagens capturadas pelas câmeras foram observados às 15:00 horas para a câmera 1, chegando a 54°C e para a câmera 2, chegando a quase 50°C (Tabela 2). Os valores mínimos de temperatura superficial do telhado foram observados às 6:00 horas para ambas as câmeras, sendo 8,8°C para a câmera 1 e 6,3°C para a câmera 2.

Tabela 2. Temperatura superficial média (°C) do telhado dos protótipos mensurada com os dois diferentes sensores nos diferentes horários

Horário	Câmera 1	Câmera 2
6:00	8,80	6,30
9:00	33,70	28,60
12:00	52,70	48,60
15:00	54,10	49,30
18:00	23,00	19,60

Em todos os horários observados os valores de temperatura obtidos com a câmera 1 foram numericamente superiores aos valores de temperatura obtidos com a câmera 2.

Os valores de temperatura superficial da cobertura dos protótipos apresentaram o mesmo comportamento da radiação solar e dos dados obtidos pela estação meteorológica mais próxima (Tabela 1). Sendo os maiores valores observados às 15:00 e os menores nos momentos quando não havia radiação solar direta incidindo sobre o telhado, às 6:00 e às 18:00 (Figura 3).

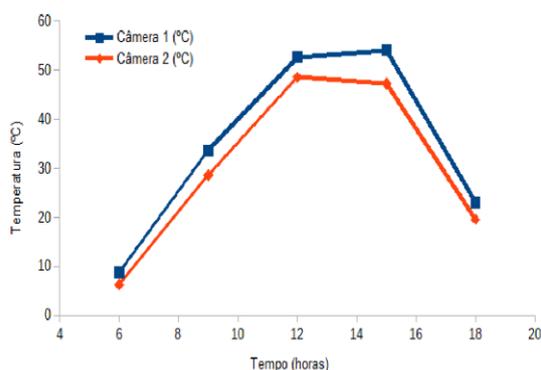


Figura 3. Comportamento da temperatura superficial do telhado, mensurada com as diferentes câmeras termográficas em diferentes horários.

A variação nos valores de temperatura do telhado também pode explicada pela presença de ondulações na telha, por provocarem faixas com sombra que resultam em diferentes faixas de absorção de luz e calor.

Com relação a qualidade das imagens também foi observada que a câmera 1 possui uma melhor resolução, quando comparada com a câmera 2, conforme pode ser observado nas Figuras 4 e 5.



Figura 4. Imagem obtida pela Câmera Termográfica Flir One Android (Câmera 1).

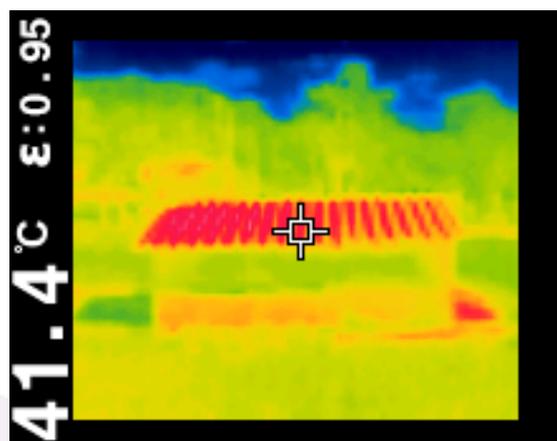


Figura 5. Imagem obtida pela câmera termográfica Flir TG165 (Câmera 2).

CONCLUSÕES

As duas câmeras apresentaram diferentes medições de temperatura superficial da cobertura, sendo que os valores obtidos pela câmera 1 foram superiores aos valores obtidos pela câmera 2 em todos os horários analisados.

A incidência de radiação solar interfere nas aferições das duas câmeras, sendo quanto maior, maior é a diferença entre as medições.

A câmera 2 tem menor eficiência, quando comparada a câmera 1 em termos de qualidade de imagem.

AGRADECIMENTOS

Capes, Fapemig, CNPq e Funarbe.

REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual de Atividades 2017**.176p. 2018

PEDRA, S.A. **Potencialidades da termografia infravermelha aplicada ao design do conforto térmico de alvenaria estrutural**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade do Estado de Minas Gerais. 2011. 100f.



Análise da evapotranspiração da couve chinesa (*Brassica pekinensis*) utilizando papel reciclado na cobertura do solo

Thiago Ferreira Rodrigues¹, Gustavo Henrique da Silva², Lucas Maltoni Andrade³, Francisco Charles dos Santos Silva⁴, Fernando França da Cunha⁵

¹Discente de graduação em Agronomia - UFV. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. E-mail: thiagof.agro@outlook.com;

²Discente de pós-graduação em Engenharia Agrícola - UFV. e-mail: dasilva.h.gustavo@gmail.com; ³Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. E-mail: lucas.maltoni.ufv@gmail.com; ⁴Técnico de laboratório da Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: fcsantossilva-ma@hotmail.com; ⁵Docente do Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental- UFV. e-mail: fernando.cunha@ufv.br;

RESUMO: O aumento na produtividade agrícola, aliado a otimização dos recursos hídricos, pode ser alcançada por meio de simples mudanças no processo produtivo. Como é o caso da cobertura do solo com papel reciclado, evitando que a radiação e o vento promovam o aumento da evaporação da água no solo. Assim, o presente trabalho buscou avaliar a influência da cobertura de papel, na evapotranspiração da cultura, ao longo do ciclo de cultivo da couve chinesa (*Brassica rapa L. ssp. pekinensis*). O experimento foi realizado em lisímetros volumétricos, localizados na Área Experimental de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Viçosa, sendo estabelecido o delineamento em blocos casualizados, com 4 tratamentos e 4 repetições. Assim, conclui-se que o uso do papel reciclado na cobertura do solo, apresentou bons resultados na redução das perdas de água por evaporação.

Palavras-Chave: Balanço hídrico, greenseeker, lisímetro, ndvl, sustentabilidade

INTRODUÇÃO

Dentre os principais desafios do século XXI, destaca-se o aumento na produção de alimentos de forma sustentável. Segundo relatório da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), caso não ocorra mudanças na gestão dos recursos hídricos, até 2030, o planeta poderá enfrentar um déficit de água de 40%, o que poderia acarretar em enormes riscos para a segurança alimentar mundial.

Desta forma, torna-se inadiável o desenvolvimento de tecnologias capazes de otimizar o uso da água na agricultura irrigada, visto que 70% da água doce consumida no mundo é destinada para o setor (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura, 2001).

A cobertura do solo com filme plástico é uma técnica que bloqueia o vento e a radiação de atingir diretamente o solo, principais responsáveis pela evaporação de água (YANG et al., 2015). Com isso, diminui a evapotranspiração (ET), junção dos fenômenos de evaporação e transpiração (Huo et al., 2012). O problema é que a maioria dos filmes plástico comerciais são constituídos de polietileno, composto químico não biodegradável. Logo, todo o material deve ser retirado do solo após o fim do ciclo da cultura. Entretanto, se observa uma baixa taxa de recuperação do plástico (Liu et al., 2014). Uma alternativa seria a substituição do filme plástico por papel reciclado, visto que por ser constituído de celulose, material facilmente biodegradável, o papel pode ser incorporado ao solo, após término do cultivo, não apresentando riscos ambientais. No entanto, tem-se levantado questionamentos sobre a eficiência deste material em reduzir a evaporação, já que a celulose é hidrofílica, não apresentando a característica de impermeabilidade, enquanto o polietileno é hidrofóbico.

Com isso, o presente estudo objetivou avaliar a evapotranspiração da cultura (ET_c), ao longo do desenvolvimento da couve chinesa (*Brassica rapa L. ssp. pekinensis*), por meio do método direto do lisímetro volumétrico, no sistema solo coberto com papel reciclado, frente ao solo descoberto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Área Experimental de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa - UFV, localizado no município de Viçosa-MG

(20° 45' S, 42° 52' W e altitude de 663 m). Foi realizado apenas um ciclo de cultivo no ano 2018 (inverno/primavera). O experimento foi implantado em lisímetros volumétrico, sendo o método mais preciso para medida direta da evapotranspiração (Bernardo, 1995). Os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos casualizados com 4 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: cultura com cobertura de papel reciclado (CCPR), cultura sem cobertura (CSC), grama (G) e papel reciclado sem cultura (PRSC). Lembrando que a mesma cultura do lisímetro, foi implantada no seu entorno, com o intuito de uniformizar o microclima.

Para a determinação da evapotranspiração da cultura, foi utilizado o balanço hídrico entre a lâmina aplicada na irrigação e o volume drenado pelo lisímetro, empregando a **equação 1**:

$$ET_c = \frac{VI - VD}{A} \quad (1)$$

Onde:

- VI** – Volume irrigado de água, litros;
- VD** – Volume drenado de água, litros;
- A** – Área de exposição do lisímetro, m²;

Os resultados dos tratamentos CCP, CSC e PSC foram comparados a evapotranspiração de referência (ET_o), obtida pela média de ET_c dos lisímetros com grama e submetidos a análise estatística pelo teste de identidade de modelos, ao nível de 5% de probabilidade.

Os lisímetros possuem as dimensões de 1,1 m por 1,53 m e 0,6 m de profundidade, tendo uma área de exposição de 1,68 m². As mudas de couve chinesa foram produzidas em bandeja de poliestireno expandido, com 128 células. O transplante das mudas ocorreu 37 dias após emergência, sendo plantadas no espaçamento 0,5 m X 0,5 m, com 6 plantas por lisímetro. Os Graus Dias foram calculados com base na temperatura basal das Brássicas igual a 10 °C (Zanini, 2015). A adubação foi realizada conforme Ribeiro et al. (1999).

A estimativa da produtividade da couve chinesa foi realizada por meio do equipamento Greenseeker Trimble®. Este equipamento baseia-se no fato da

planta bem nutrida e produtiva, absorver bem a radiação na faixa do vermelho (650 nm) e refletir o infravermelho próximo (770 nm). Com isso, o aparelho fornece o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Conforme Grohs et al. (2009) demonstrou na **equação 2**:

$$NDVI = \frac{pnir - pr}{pnir + pr} \quad (2)$$

Onde:

NDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada;

pnir - Reflectância no infravermelho (770 nm);

pr - Reflectância no vermelho (650 nm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 1** estão representados os valores da evapotranspiração acumulada, nos diferentes tratamentos, ao longo do ciclo. Lembrando que no caso do papel sem cultura é considerado apenas a evaporação.

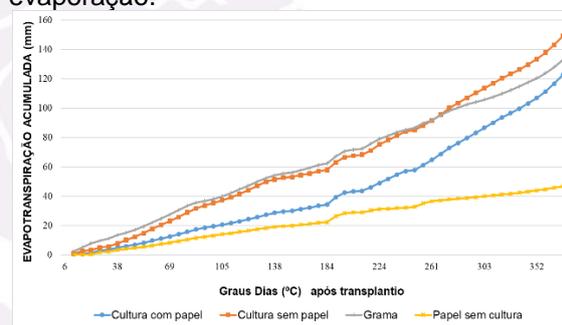


Figura 1. Evapotranspiração acumulada ao longo do ciclo de desenvolvimento, com base nos Graus Dias após transplante.

O uso do papel reciclado na cobertura do solo apresentou bons resultados, tendo uma ET_c ao final do ciclo de 122,79 mm, frente aos 149,25 mm da cultura sem cobertura de papel, uma diferença de 26,46 mm, o que representa uma economia de 264,6 m³ de água por hectare de couve chinesa, ao longo do ciclo. Tais valores são bem próximos aos encontrados por Monteiro et al. (2013) utilizando filme plástico para a cobertura do solo.

Ao realizar o teste de Identidade de Modelos, notou-se que apenas o tratamento cultura com papel apresentou diferença significativa na evapotranspiração da cultura, visto que no tratamento apenas papel não existe o fenômeno de transpiração da cultura (**Tabela 1**).

Tabela 1. Teste de Identidade de Modelos

Tratamento	Equação	R ²	T. I. Modelos
Cultura	$Y = -11,0307 + 2,5119X$	R ² = 0,9857	A
Grama	$Y = -2,1795 + 2,2141X$	R ² = 0,9979	A
Cultura Papel	$Y = -16,458 + 2,0311X$	R ² = 0,9442	B
Papel	$Y = -2,5556 + 0,8684X$	R ² = 0,9954	C

Equações seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Identidade de Modelos (P<0,05).

O equipamento Greenseeker não apresentou resultados satisfatórios na estimativa da produtividade, durante o estágio inicial das plantas, a nível de comparação entre os tratamentos. Isso porque o equipamento realiza medidas não apenas da área vegetal, mas de todo o entorno. Assim, os valores obtidos nos tratamentos com e sem papel, sofreram forte influência do solo ou do papel reciclado, já que ao utilizar o equipamento para medir o papel reciclado e o solo, ambos sem cultura, obteve os valores de 0,15 e 0,35, respectivamente (**Figura 2**).

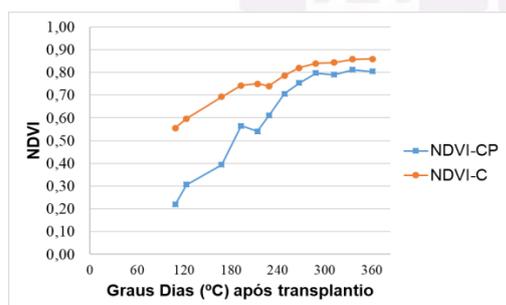


Figura 2. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) conforme o desenvolvimento das plantas de couve chinesa. Nos tratamentos cultura com papel (CP) e cultura sem papel (C).

CONCLUSÕES

O uso do papel reciclado na cobertura do solo, apresentou bons resultados na redução das perdas de água por evaporação.

Durante os estágios iniciais das culturas, a estimativa da produtividade por meio dos valores de NDVI ficaram

comprometidas, por conta da influência dos componentes papel reciclado ou solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BERNARDO, S. MANUAL DE IRRIGAÇÃO. Viçosa: UFV, 1995. 656p.

GROHS, D. S.; BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M.; POLETO, N. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor greenseeker. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n.1, p.101-112, 2009.

HUO, Z.; FENG, S.; KANG, S.; E DAI, X. ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODELS FOR REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN NA ARID AREA OF NORTHWEST CHINA. **Journal of arid environments**, v. 82, p. 81-90, 2012.

LIU, E. K.; HE, W. Q.; YAN, C. R. 'White revolution' to 'white pollution'— agricultural plastic film mulch in China. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 9, p. 91–101, 2014.

MONTEIRO, R. O. C.; COELHO, R. D.; MONTEIRO, P. F. C.; WHOPMANS, J.; LENNARTZ, B. Water consumption and soil moisture distribution in melon crop with mulching and in a protected environment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n.2, p. 555-564, 2013.

ONU – Organização das Nações Unidas. Até 2030 planeta pode enfrentar déficit de água de até 40%, alerta relatório da ONU. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/ate-2030-planeta-podeenfrentar-deficit-de-agua-de-ate-40-alerta-relatorioda-onu/>>. Acesso em 10 de setembro de 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **A ética do uso da água doce: um levantamento**. Brasília: UNESCO, 2001, 80p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

YANG, N. et al. Plastic Film Mulching for WaterEfficient Agricultural Applications and Degradable Films Materials Development Research. **Materials and Manufacturing Processes**, v. 30, n. 2, p. 143– 154, 2015.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

ZANINI, P. P. G. Curvas de crescimento de
brócolis híbrido de cabeça única. 2015.
Bachelor's Thesis. Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.



III SIMEAA



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

BALANÇO HÍDRICO PARA A CULTURA DO CAFÉ NA CIDADE DE PATOS DE MINAS-MG NO ANO DE 2016

Patrick Ágton de Oliveira¹, Santos Henrique Brant Dias², Gabriel França Silva³, Samuel Silveira de Oliveira⁴

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: patrick.agton@ufv.br; ²Doutorando em Agronomia - UEPG. E-mail: santosdiasagro@gmail.com; ³Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: gabriel.f.silva@ufv.br; ⁴Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: samuel.s.oliveira@ufv.br

RESUMO: Estudos relacionados a práticas de irrigação e seus consequentes benefícios, em climas tropicais brasileiros, é de grande importância para a produtividade e qualidade do grão de café. Este trabalho teve como objetivo modelar a necessidade hídrica da cultura do café para o município de Patos de Minas no triângulo mineiro, no período de janeiro a dezembro de 2016. Os resultados obtidos demonstram que há um déficit hídrico significativo para a cultura naquele ano e que práticas de manejo de irrigação são de fundamental importância para o cultivo da mesma.

Palavras-Chave: arábica, coeficiente de cultura, necessidade hídrica, irrigação, drenagem.

Fazendo uso do coeficiente de cultura (K_c), juntamente com a frequência de molhamento, pode-se determinar a lâmina necessária para atender ao saldo encontrado no balanço hídrico proposto (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

A prática de irrigação do café tem crescido no país nos últimos tempos, sendo seu principal objetivo o aumento de produtividade e qualidade, oriundo da racionalização da irrigação da cultura e a visível economia de recursos; como energia e água.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o balanço hídrico do café arábica, na cidade de Patos de Minas, no triângulo mineiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O balanço hídrico para a cultura do café foi realizado para as condições climáticas do município de Patos de Minas, Minas Gerais (18° 34' 44" S, 46° 31' 04" O), altitude de 832 metros, entre os meses de janeiro a dezembro do ano de 2016.

Obtenção e tratamento dos dados

Os dados climáticos foram obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (BDMEP, 2017; INMET, 2017).

Para preenchimento de possíveis falhas de dados e cálculo da evapotranspiração, utilizou-se o software CLIMA® do IAPAR (FARIA et al., 2002), no qual utiliza os dados completos e históricos da estação para realizar o preenchimento de falhas com a média histórica do dia da falha presente.

Com os dados de ETo diária em mãos,

INTRODUÇÃO

Cada vez mais a necessidade de racionalizar a utilização da água e, ainda, aumentar a produtividade na agricultura se consolida. Sendo assim, há grande necessidade de estudos que se prontificam a solucionar e otimizar o manejo de irrigação hoje em dia.

Sendo a água considerada um fator limitante e a visível má distribuição de chuvas no Brasil, a equalização da distribuição de forma artificial (irrigação) se torna imprescindível e necessária.

A evapotranspiração de referência (ET) é a variável chave quando se pensa na realização do balanço hídrico para o manejo da irrigação, calculada por meio da equação de Penman - Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998), método estabelecido como padrão pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), sendo base para realização de técnicas de manejo de irrigação.

definiu-se um K_c médio para o café arábica de 0,875, conforme metodologia GESAI, definindo a Evapotranspiração de Cultura (ET_c).

Após tal procedimento, calculou-se o saldo hídrico mensal comparando a ET_c e a precipitação. Além disso, calculou-se o déficit hídrico da cultura anulando os valores de precipitação excessiva, considerando que não seria utilizada pela cultura.

Os dados foram plotados em tabelas e gráficos, afim de avaliar a precipitação, ET_c, e saldo hídrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a Tabela 1, pode-se notar que a evapotranspiração de referência apresentou pouca variação, consequentemente, o mesmo ocorreu com a ET_c. Observa-se que o ano de 2016 exibiu precipitação normal de 1.223,6 mm e evaporação total de 1.548,91 mm, contabilizando um déficit de 325,3 mm.

Tabela 1 – Precipitação, ET_c e Saldo Hídrico acumulado mensal (mm) para o ano de 2016.

MÊS	PREC	ET _c	SALDO
JAN	414,6	115,17	299,43
FEV	86,8	142,12	-55,32
MAR	91,9	123,2	-31,3
ABR	10,1	130,35	-120,25
MAI	21,2	109,56	-88,36
JUN	3,8	95,15	-91,35
JUL	0,9	120,78	-119,88
AGO	5,6	139,26	-133,66
SET	27,3	152,68	-125,38
OUT	83,6	151,69	-68,09
NOV	198,8	125,18	73,62
DEZ	279	143,77	135,23
TOTAL	1223,6	1548,91	-325,31

Percebe-se uma distribuição bastante irregular de chuvas durante todo o ano de 2016; sendo que em janeiro choveu cerca de 34% em relação ao ano. Já dezembro exibiu 23% de chuva; e em compensação, em julho a precipitação foi de apenas 0,1%.

Pelo fato das chuvas estarem mal distribuídas durante o ano, a ET_c não variou muito, ou seja, a evapotranspiração regular ocasionou déficit de 325,31 mm no final do ano.

Sendo assim, é possível perceber a grande necessidade do uso de técnicas de manejo de

irrigação para a cultura em questão e a região de plantio.

A figura 1 mostra o comportamento da precipitação e da evapotranspiração média diária da cultura.

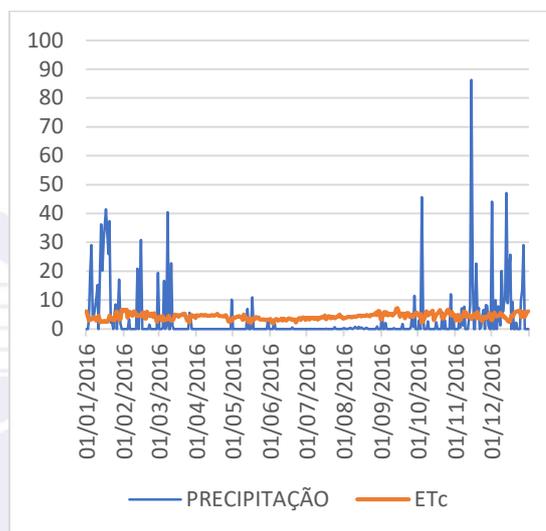


Figura 1 – Distribuição de Precipitação e ET_c acumulada nos meses do ano (mm).

CONCLUSÕES

Através do saldo hídrico negativo, fica claro a necessidade de manejo de irrigação para a equalização do suprimento hídrico da cultura.

Como a região de Patos de Minas apresenta clima tropical, com irregularidade de precipitação e meses apresentando alto volume de chuva e outros valores baixos de precipitação, isso interfere diretamente na produtividade do café e, consequentemente, no decréscimo da qualidade do produto final.

A concentração de chuvas nos meses de janeiro e dezembro faz com que técnicas de irrigação sejam de importância fundamental para uma melhora na produtividade e qualidade do produto, além de uma melhor infiltração das chuvas e abastecimento dos lençóis freáticos na área irrigada.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.

BDMEP. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 10 set. 2018.



Simposio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.;
MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**.
Viçosa: Ed. UFV, 2006.

FARIA, R. T. DE et al. CLIMA-programa
computacional para organização e análise de
dados meteorológicos. **Boletim Técnico**
IAPAR, Londrina. n. 66, p. 29, 2002.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**.
Dados meteorológicos. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 10 set.
2018.



III SIMEAA



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

DESENVOLVIMENTO DE SEMEADORA A TAXA VARIÁVEL PARA AGRICULTURA FAMILIAR

Neuller Alves Pereira¹, Andre Luiz de F. Coelho², Daniel M. De Queiroz³,
Domingos Sárvio M. Valente⁴

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: neuller.pereira@gmail.com; ² Eng° Mecânico, Doutorando, Depto. Engenharia Agrícola, UFV. E-mail: andre.coelho@ufv.br; ³Eng° Agrícola e Ambiental, Professor, Departamento Engenharia Agrícola/UFV; ⁴ Eng° Agrícola e Ambiental, Professor, Departamento Engenharia Agrícola/UFV

RESUMO: A existência de máquinas agrícolas com capacidade de aplicação a taxa variável é uma realidade na agricultura moderna. Devido à presença de componentes importados e complexos, o custo de aquisição dessas máquinas é elevado, o que dificulta a sua utilização em pequenas propriedades rurais. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de dosagem de semente à taxa variável para uma semeadora. O sistema foi desenvolvido e instalado em uma semeadora manual com dosador mecânico de sementes graúdas. Os testes foram realizados com sementes de milho, utilizando disco com 28 furos, e adotando lotação de 40000, 50000, 60000 e 70000 plantas/ha, espaçamento entre linhas de 0,7 m e velocidade deslocamento de 1m/s. O sistema desenvolvido foi eficiente no controle de velocidade do motor elétrico, garantindo a lotação de plantas desejada. Durante os testes realizados, a variação percentual média da razão de semeadura ficou entre 8,18 e 13,5 %.

Palavras-Chave: agricultura de precisão, computador de placa única, modulo GNSS, sistema embarcado

INTRODUÇÃO

O gerenciamento da produção agrícola utilizando as técnicas da agricultura de precisão é uma realidade no cenário nacional e internacional. Estas técnicas buscam explorar as variabilidades espaciais e temporais existentes e que afetam a produção (Switon & Lowenberg-Deboer, 1998). No mercado, estão disponíveis para o agricultor diversas marcas e modelos de máquinas agrícolas capazes de realizar aplicação à taxa variável. Porém, estas máquinas possuem,

normalmente, tecnologias importadas e complexas, elevando o seu custo de aquisição. Motivo este que dificulta a adoção da agricultura de precisão em propriedades rurais de menor porte (De Oliveira, 2016). Para reverter esta situação, o desenvolvimento de máquinas e sistemas de baixo custo é uma solução. A utilização de computadores de placa única, módulos GNSS de baixo custo (sistema global de navegação por satélites) ou outros componentes de baixo custo tem sido utilizados em diversos desenvolvimentos. Olesen et al. (2016) propõe a utilização do computador de placa única Beablebone Black e um módulo GNSS para fornecer informações de posição necessárias para o controle de um veículo aéreo não tributado. Neste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de desenvolver um sistema de dosagem de sementes à taxa variável utilizando componentes de baixo custo.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema desenvolvido foi instalado em uma semeadora manual com roda marca Knapik. O dosador de semente utilizado neste trabalho foi o de sementes graúdas, que utiliza o princípio da dosagem mecânica da semente por discos alveolados horizontais com ação da gravidade. O sistema de acionamento mecânico do disco dosador por meio da roda da semeadora foi removido. No eixo do disco dosador foi instalado um motor elétrico de corrente contínua 12 V. O motor era acoplado a uma caixa de redução. O acionamento e controle de velocidade do motor elétrico foram realizados pelo computador de placa única Beablebone Black, utilizando um controlador de velocidade por modulação da largura de pulso. Um programa para o controle de velocidade foi desenvolvido em linguagem



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa

Python, versão 3.6, com interface gráfica gerada pela ferramenta PyQt5. O programa foi executado pela Beablebone Black, com sistema operacional Debian 8.6 acoplada a tela LCD 800 x 480 pixel 7" sensível ao toque. Uma bateria 12 V 60 Ah foi utilizada como fonte de energia elétrica para funcionamento do motor elétrico e da Beablebone Black.

A partir da lotação de plantas desejada por hectare (pop) e do espaçamento entre linhas (esp), foi implementado a Equação 1, para calcular a razão de semeadura teórica (dt).

$$d \text{ ————— (Equação 1)}$$

em que, pg é o poder germinativo das sementes, dado informando pelo usuário ao programa. A Equação (2) foi utilizada para calcular a velocidade angular do motor de acionamento do disco dosador (ω), em rpm, em função da razão de semeadura (d), da velocidade de deslocamento da semeadora (v), em m/s, do número de furos do disco utilizado no mecanismo dosador (N), e da relação de transmissão do mecanismo dosador (1:3,3). O número de furos do disco era informado pelo usuário na interface do programa.

$$\text{————— (Equação 2)}$$

Um encoder rotativo, com resolução de 20 pulsos por revolução, foi acoplado ao eixo da roda da semeadora para medir a velocidade deslocamento do equipamento. Um segundo encoder rotativo foi utilizado para mensurar a velocidade angular real do motor, permitindo o controle de velocidade do motor em malha fechada.

Para o teste do sistema desenvolvido utilizou-se sementes de milho selecionadas, com o disco perfurado de 28 furos instalado no dosador de sementes. Os testes foram realizados com lotação 40.000, 50.000, 60.000 e 70.000 plantas/ha, adotando espaçamento 0,7 m, e mantendo a velocidade de deslocamento em torno de 1 m/s. As sementes foram dosadas sobre o solo, a fim de facilitar o seu recolhimento para contagem. Para cada lotação foi realizada a deposição de semente sobre o solo, percorrendo-se 35 metros. A dosagem sobre o solo foi realizada a fim de facilitar o recolhimento das sementes para

contagem, conforme metodologia utilizada por Canova et al. (2007).

Foram contabilizadas as sementes dosadas (n) a cada 5 metros, para cálculo da razão de semeadura real (d_r), conforme a Equação 3.

$$\text{— (Equação 3)}$$

A variação percentual da razão de semeadura (vp) foi calculada comparando a razão de semeadura teórica e a razão de semeadura real, conforme a Equação 4.

$$\frac{|d - r|}{r} \text{ (Equação 4)}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A semeadora manual com o sistema desenvolvido instalado, composto pelo painel de operação, motor elétrico, bateria e encoders rotativos, é apresentada na Figura 1. Na Figura 2 é destacado o painel de operação com o software sendo executado pela Beablebone Black e apresentado na tela LCD 7" sensível ao toque. Dos botões físicos existentes, um deles foi conectado a Beablebone Black para habilitar e desabilitar o funcionamento do mecanismo dosador.

Nos testes realizados, a variação percentual média da razão de semeadura ficou entre 8,18 % e 13,5 %, conforme resultados apresentados na Tabela 1. Segundo Casão Júnior et al. (2002), variações percentuais inferiores a 10 % representam boa distribuição de sementes. Variações percentuais entre 10,1 e 20 %, e acima de 20 % correspondem a uma distribuição regular e ruim, respectivamente.

As variações percentuais encontrados nos testes podem estar relacionadas ao sistema desenvolvido para dosagem de sementes a taxa variável e a fatores associados ao projeto da semeadora. Um fator determinante é a trajetória da semente dentro do tubo condutor, podendo favorecer a ocorrência de repiques, que altera o tempo de chegada ao solo e afeta a uniformidade de distribuição (Silva et al, 2000).

Figuras e Tabelas

TABELA 1. Resultados do teste de distribuição de sementes

Lotação (plantas /ha)	Razão de semeadura teórica (sementes /m)	Razão de semeadura real (sementes /m)	Varição percentual * (%)
40.000	3,29	3,43	13,50% A
50.000	4,12	4,46	8,18% B
60.000	4,94	5,51	11,63% C
70.000	5,76	6,37	10,62% D

* Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas linhas não diferem. Tukey 5%.



FIGURA 1. Semeadora manual com o sistema de aplicação a taxa variável instalado.



FIGURA 3. Painel de operação contendo a Beablebone Black acoplada a tela LCD 7" e os botões físicos.

CONCLUSÕES

Um sistema de dosagem de sementes a taxa variável de baixo custo foi desenvolvido e instalado em uma semeadora de baixo custo. Nos testes realizados, o sistema desenvolvido foi eficiente para calcular e controlar a

velocidade angular do disco dosador, em função da velocidade de deslocamento, da lotação desejada e do espaçamento. A menor e maior variação percentual média da razão de semeadura foi 8,18 e 13,5 %.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA/UFV), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à FAPEMIG (Fundo de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio financeiro para desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Canova, R., Silva, R.P., Furlani, C.E. A., Cortez, J. W. Distribuição de sementes por uma semeadora-adubadora em função de alterações no mecanismo dosador e de diferentes velocidades de deslocamento. **Engenharia na Agricultura**, v. 15, n. 03, p. 299-306, 2007.
- Casão Junior, R.; Siqueira, R.; Araújo, A.G.; Ralish, R. **Dinâmica de semeadoras diretas em Primeiro de Maio - PR**. Londrina: IAPAR, 2000. 14p.
- de Oliveira, R. P. Apoio à Decisão na Adoção da Agricultura de Precisão: A Tecnologia da Informação em Apoio ao Conhecimento Agronômico. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v.2, p. 89-109, 2016.
- Fisher, D. and Y. Huang. Mobile Open-Source Plant-Canopy Monitoring System. **Modern Instrumentation**, v.6, n.1, p. 1-13, 2017.
- Olesen, D.; Jakobsen, J.; Benzon, H. H.; Knudsen, P. GNSS Software Receiver for UAVs. **European Journal of Navigation**, 2016.
- Silva, J. G., Kluthcouski, J., Silveira, P. M. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 1, p. 7-12, 2000.
- Swinton, S.M.; Lowenberg-Deboer, J. Evaluating the profitability of site-specific farming, **Journal of Production Agriculture**, v.11, n.4, p. 439-446, 1998.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

Determinação do período de irrigação em áreas cultivadas com soja em Rio Verde - GO

Samuel Silveira de Oliveira¹, Gabriel França Silva², Patrick Ágton de Oliveira³, Santos Henrique Brant Dias⁴

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: samuel.s.oliveira@ufv.com.br; ²Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: gabriel.f.silva@ufv.com.br; ³Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: patrick.agton@ufv.com.br; ⁴Doutorando em Agronomia - UEPG. E-mail: santosdiasagro@gmail.com

RESUMO: Estudos pautados na economia de água estão em alta, pois a exigência mundial é a de produção ecologicamente sustentável, que utilize o mínimo e apenas necessário de água. Sendo assim, o balanço hídrico é utilizado como parâmetro para a determinação da irrigação de culturas. Analisou-se o regime de chuvas de Rio Verde – GO no período de um ano a fim de se estabelecer a irrigação das áreas cultivadas com soja, visto que a região sofre com períodos de estiagem. A partir do balanço hídrico, pode-se definir o período de irrigação.

Palavras-Chave: balanço hídrico, irrigação, soja.

INTRODUÇÃO

Tendo em vista que os dados meteorológicos auxiliam no manejo da agricultura integrada, a previsão do tempo contribui para o aumento e estabilização da produção.

A precipitação é um fator limitante para o crescimento das culturas de modo geral. Dessa forma, a má distribuição das chuvas no Brasil, em especial na região Centro-Oeste, tem afetado a produção, devido a longos períodos de seca, algumas vezes inviabilizando a produção agrícola.

Rio Verde é uma cidade do interior do estado de Goiás e se destaca pela produção de soja, onde atuam a cooperativa agrícola Comigo e empresas agroindustriais como Cargill, Brejeiro e Grupo Cereal. Vale ressaltar que a região é a maior produtora de soja no âmbito nacional.

A evapotranspiração de referência (ET_o) é a variável chave quando se pensa em realização de balanço hídrico para manejo de irrigação, calculada por meio da equação de

Penman - Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998), método estabelecido como padrão pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), é a base para realização de técnicas de manejo de irrigação e realização de balanços hídricos.

Utilizando também o coeficiente de cultura (K_c) juntamente com a frequência de molhamento, é possível realizar o cálculo para obter a lamina necessária para que a demanda hídrica da planta seja atendida (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Atualmente tem crescido o interesse pela utilização de técnicas de irrigação em áreas cultivadas com soja, visando uma maior produção por área utilizada. Tal demanda tem aumentado o número de trabalhos com a intenção de avaliar os resultados da utilização de tais técnicas na produtividade das culturas oleaginosas.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a distribuição das chuvas na cidade de Rio Verde – GO, simulando e comparando com a demanda hídrica da cultura de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O balanço hídrico para a cultura da soja foi realizado para as condições climáticas do município de Rio Verde, Goiás (17° 47' 50" Sul, 50° 54' 0" Oeste), altitude de 739 metros, entre os meses de janeiro a dezembro do ano de 2017.

Obtenção e tratamento dos dados

Os dados climáticos foram obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (BDMEP, 2017; INMET, 2017).

Para preenchimento de possíveis falhas de

dados e cálculo da evapotranspiração utilizou-se o software CLIMA® do IAPAR (FARIA et al., 2002). Que utiliza os dados completos e históricos da estação para realizar o preenchimento de falhas com a média histórica do dia da falha presente.

Com os dados de ETo diária em mãos, definiu-se um Kc médio para a soja de 0,85 conforme metodologia GESAI, definindo a Evapotranspiração de Cultura (ETc).

Em seguida, calculou-se o Saldo hídrico mensal comparando a ETc e a Precipitação. Além disso, calculou-se o Déficit Hídrico da cultura anulando os valores de Precipitação excessiva, considerando que não seria utilizada pela cultura.

Os dados foram plotados em tabelas e gráficos avaliando a precipitação, ETc, e Saldo Hídrico, exibindo seus valores totais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a tabela 1 que para o ano de 2017, classificado como ano de precipitação normal, a precipitação total da região foi de 1415,50 milímetros e uma evapotranspiração total de 866,30 milímetros. A evapotranspiração de referência pouco variou entre os meses analisados devido ao clima da região, conseqüentemente a Evapotranspiração da cultura também variou muito pouco.

Tabela 1 – Precipitação, ETc e Saldo Hídrico médio mensal (mm/dia) para o ano de 2016.

Mês	Prec	Etc	SALDO
Jan	9,68	2,12	7,56
Fev	6,41	2,59	3,82
Mar	10,36	2,39	7,97
Abr	0,34	2,66	-2,32
Mai	0,46	1,87	-1,41
Jun	0,92	1,62	-0,70
Jul	0	2,12	-2,12
Ag	0,81	2,33	-1,52
Set	0,45	2,88	-2,43
Out	4,59	2,87	1,72
Nov	5,75	2,45	3,30

Dez	6,53	2,52	4,01
Total	46,30	28,42	17,94

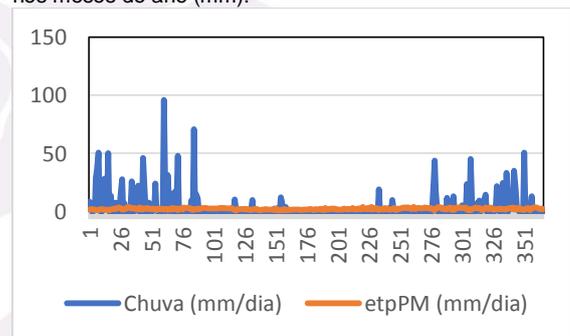
Apesar do saldo positivo para o ano de 2017, percebemos pela análise da tabela a má distribuição das precipitações característica da região, que apresentando um período seco bem definido entre abril e setembro.

Percebemos também a alta concentração das precipitações durante o mês de março, aproximadamente 22% do total precipitado.

Apesar do saldo positivo para o ano de 2017 notamos pela análise da tabela que houve um saldo negativo para seis meses durante o ano. Esse resultado evidencia a importância do uso de técnicas de irrigação para obter uma boa produtividade da cultura durante os meses em questão.

A figura 1 mostra o comportamento da precipitação e da evapotranspiração média diária da cultura.

Figura 1 – Distribuição de Precipitação e ETc acumulada nos meses do ano (mm).



Como pode ser observado na Figura acima, a concentração de chuvas em determinadas épocas evidencia a necessidade de um investimento em irrigação para obtenção de altas produtividades.

Desde que todas as outras limitantes como fertilidade, pragas e doenças estejam controladas e a cultura permita um retorno econômico pelo aumento de produtividade.

CONCLUSÕES

Apesar de o Saldo Hídrico ser positivo para o ano de 2017, a água proveniente das chuvas não é totalmente utilizada pela cultura, sendo perdida principalmente por percolação ou por escoamento superficial.

A região apresenta uma distribuição hídrica ruim ao longo do ano, sendo que nos meses de abril a setembro a precipitação é quase



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa

inexistente, o que interfere na produtividade da soja cultivada.

A concentração de chuvas acentuada em certos meses do ano indica a necessidade de uso de práticas de manejo visando à preservação do solo, e redução de processos como a erosão e lixiviação no perfil de solo. Além disso, essas práticas também contribuem para a produtividade da soja.

AGRADECIMENTOS

Ao GESAI pelas contribuições à realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.

BDMEP. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: Ed. UFV, 2006.

FARIA, R. T. DE et al. CLIMA-programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Boletim Técnico IAPAR**, Londrina. n. 66, p. 29, 2002.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Dados meteorológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Embrapa Soja. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 2 fev. 2017



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

DETERMINAÇÃO E ESTUDO DE FATORES INERENTES À INTENÇÃO DE COMPRA DO CAFÉ ORGÂNICO

Wilson de Almeida Orlando Junior¹, Samuel R. Altoé², José I. Ribeiro³, Elder S. A. Cerqueira⁴, Nilce M.M. Cerqueira⁵

¹Engº Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: wilson.almeida@ufv.br; ²Engº de produção, Gerencia de Suprimentos e Bens e Serviços, PETROBRAS, Vitória- ES; ³Engº Agrônomo, Prof., Dpto. Estatística – UFV; ⁴Engº Agrimensor, Prof., Dpto. Engenharia de Transportes e Geodésia – UFBA; ⁵Pedagoga, Prof. Educação, Instituto Educacional Mazarello – IEM, BA

RESUMO: A conscientização da população sobre uma alimentação saudável promove a valorização de produtos orgânicos. Além disso, o café, produto nobre do agronegócio, está diariamente na vida de milhares de pessoas. Sendo assim, este trabalho visou identificar e estudar os principais fatores inerentes à comercialização de café orgânico. Tiveram-se como objetivos específicos a qualificação e quantificação dos níveis desses principais fatores. O referencial teórico se baseia na produção, comercialização e vantagens competitivas do café orgânico, no comportamento do consumidor e em técnicas estatísticas. A metodologia é constituída de um estudo qualitativo para a identificação dos principais fatores, a *Focus Group*, e dos estudos quantitativos para estudo desses fatores, como a Regressão Logística para estudar o preço, e o método de fatorial fracionado de Plackett-Burman para estudar os outros fatores. A realização desse trabalho foi apoiada por questionários estruturados a fim de coletar os dados de forma objetiva. Também se fez uso do Diagrama de Ishikawa para estruturar os fatores e relacioná-los ao efeito principal. Após analisar os fatores pelo método de Plackett-Burman, constatou-se que todos foram significativos ($P < 0,01$). Os melhores níveis para a intenção de compra identificados na pesquisa são: o Selo de Produto Orgânico ao invés de Produto Sem Agrotóxico, o tipo de café tradicional no lugar do solúvel e o fato de não ser necessário haver degustação para garantir a compra.

Palavras-Chave: *Focus Group*, Regressão Logística, Plackett-Burman.

INTRODUÇÃO

O café, produto nobre do agronegócio e da pauta de exportações do Brasil, vem assumindo importância cada vez maior como

alimento ligado à saúde e a qualidade de vida. A procura por alimentos saudáveis é uma realidade em todo o mundo. Esses alimentos saudáveis são isentos de resíduos e demais contaminantes químicos capazes de colocar em risco a saúde humana e a conservação do meio ambiente. Nessa perspectiva, o cultivo de café sem o uso de agrotóxicos, além de preservar o solo, a biodiversidade da lavoura e poupar a saúde dos trabalhadores, é uma alternativa à competição no mercado de café commodity, onde não há diferenciação de marca, mas que ainda compõe a maior parte da produção nacional (THEODORO, 2001). Para chamar a atenção do consumidor a esse produto é necessário identificar e estudar os principais fatores que podem influenciar a sua compra. Mas, a percepção das características do café orgânico pelos consumidores é afetada por atributos sensoriais, os quais interagem com a psicologia, com o comportamento do consumidor e com fatores cognitivos. Além disso, o contexto em que o indivíduo está inserido afeta a interação dos fatores influenciando a aceitação do produto (CARDELLO, 1995; KOTLER, 2003). Essa aceitação por parte do consumidor é o objetivo final que se propõe o desenvolvimento, a inovação de um produto e a escolha de sua estratégia de marketing (NGAPO et al., 2003). É por esse motivo que avaliar o comportamento do consumidor e tentar decifrar suas necessidades são tarefas tão importantes. Neste sentido, objetivou-se identificar e estudar os principais fatores inerentes à comercialização de café orgânico. Tiveram-se como objetivos específicos a qualificação e quantificação dos níveis desses principais fatores.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada visando utilizar técnicas estatísticas aos dados coletados, baseado em ferramentas qualitativas para



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa

definir as variáveis e fatores que seriam foco do estudo. A pesquisa foi classificada como exploratória e composta por três etapas: na primeira foi realizado o *focus group* e *Brainstorm* com entrevistas qualitativas não estruturadas aplicadas a pessoas pré-selecionadas que possuíam conhecimento na área de café ou marketing, isso para identificação dos atributos que foram considerados na pesquisa; na segunda foi realizada uma pesquisa com questionário estruturado a fim de obter as margens de preço para o produto; e na terceira, foi feito levantamento de campo utilizando-se entrevista pessoal e formulários estruturados para coleta dos dados junto à amostra. De posse desses dados realizou-se o Experimento Fatorial Fracionado de Plackett-Burman, resolução III. Para a Análise dos dados utilizou-se o Software MINITAB 14

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas sessões de *focus group* chegou-se a conclusão que o principal fator de compra seria o preço, e sugeriam que fosse realizado um estudo específico para este. Os outros oito fatores apontados foram: selo da embalagem, tipo de café, tipo da embalagem, tipo de propaganda, peso, degustação, local da degustação e cor da embalagem. Então, seguindo os conselhos dos especialistas, foi realizada uma pesquisa para se estimar os níveis de preço para o café orgânico. Nesta pesquisa foi utilizada a técnica estatística de Regressão Logística, onde a variável dependente seria a probabilidade de compra (probabilidade de comprar e probabilidade de não comprar) a um dado nível de acréscimo no preço do café. A fim de ajustar os dados para a aplicação da Regressão Logística Binária, separou-se um estrato de 38 indivíduos do total de 107 que haviam participado do experimento. Escolheu-se esse número, pois, esse foi o total de pessoas que estavam interessadas em comprar o produto. Escolheu-se a Regressão Logística Binária com a função de ligação "logit" para analisar os dados. Utilizou-se como variável dependente a probabilidade de uma pessoa comprar o café a um dado aumento na variável independente, nível de acréscimo do preço. Os coeficientes da Regressão se mostraram significativos a um nível de 1%. Sendo que a probabilidade de compra varia negativamente com o acréscimo do preço. O teste G, que mostra o quanto os coeficientes estão próximo de zero, indica um P-valor menor

do que 1% o que torna o teste bom. O teste de "goodness-of-fit", com Person e Deviance, indica um P-valor variando de 0,73 a 0,49, mostrando que os dados se ajustaram bem ao modelo. A função de distribuição de probabilidade estimada e o gráfico que mostra a relação dos valores observados e esperados estão na Figura 1. A partir do Diagrama de Ishikawa e do estudo da Regressão Logística Binária, pode-se construir a estrutura do Fatorial de Plackett-Burman. Nesta pesquisa optou-se pelo uso da abordagem plena com a construção de um questionário estruturado contendo oito fatores com dois níveis cada um, sendo que cada nível poderia receber uma nota entre zero e cinco. Antes de se aplicar o questionário à pessoa, perguntava-se sobre o seu hábito de compra de café, pois, somente compradores de café são alvo da pesquisa. Assim, a amostra foi não probabilística e contou com seis entrevistados. Pela análise dos dados observou-se que todos os fatores foram significativos a um nível de 1% ($P < 0,01$). Com os resultados gerados, os produtores e comerciantes de café orgânico podem adequar o seu produto às demandas e exigências do mercado com estratégias de marketing diferenciadas, tanto ao preço, cujo acréscimo não deve ultrapassar 25% em relação ao produto tradicional, quanto aos outros fatores que são mostrados na Tabela 1 por ordem de influência na intenção de compra, além do efeito proporcionado. O efeito, mostrado na Tabela 1, indica o quanto a intenção de compra aumenta quando se passa do nível "pior" para o nível "melhor" de um fator. Então, ao passar o selo de produto sem agrotóxico para o selo de produto orgânico, a intenção de compra aumenta, em média, 15,8%.

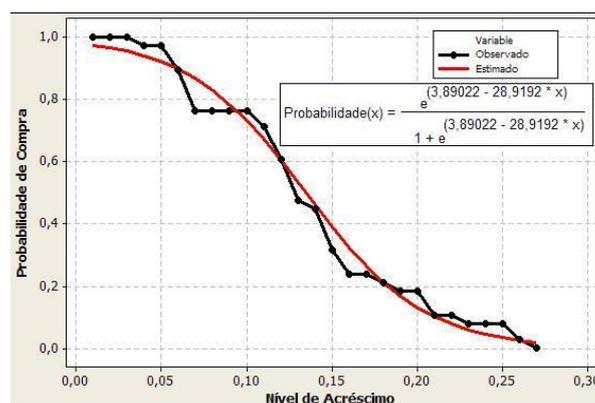


Figura 1. Gráfico dos valores estimados e observados e a função de probabilidade.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

Tabela 1. Itens para uma estratégia de marketing.

Imp.	Fator	Melhor nível	Pior nível	Efeito %
1º	Selo	orgânico	sem agrotóxico	15,80
2º	Tipo do Café	tradicional	solúvel	12,35
3º	Deg.	não tenha feito	tenha feito	12,35
4º	Tipo de Emb.	a vácuo	tradicional	6,86
5º	Cor da Emb.	marrom	verde	4,65
6º	Prop.	TV	rádio	2,84
7º	Peso	250g	500g	2,12
8º	Local de Deg.	mercado	outros	0,71

Imp.: importância; Deg.: degustação; Emb.: embalagem; Prop.: propaganda;

CONCLUSÕES

Identificou-se pelo *Focus Group* nove principais fatores que são levados em consideração pelos entrevistados ao comprar café orgânico. O preço foi o principal fator levado em consideração pelos entrevistados. A metodologia utilizada da Regressão Logística Binária estimou uma função que descrevesse a tendência da compra do café orgânico com base em seu aumento de preço. A Regressão Logística Binária mostra que se o preço do café tradicional, ao ser transformado em orgânico, tivesse seu preço aumentado em 10%, a probabilidade dos consumidores continuarem comprando o café cai para 75% e se o aumento fosse de 25%, essa probabilidade cai para quase zero por cento. O Experimento Fatorial Fracionado de Plackett-Burman, que identifica os principais fatores e a quantidade que cada fator proporciona à intenção de compra do café orgânico, realizado para os outros oito fatores foram significativos ($P < 0,01$). O Experimento Fatorial Fracionado de Plackett-Burman apontou que quando passar o selo do produto sem agrotóxico para o selo de produto orgânico, a intenção de compra aumenta, em média, 15,8%. O Experimento Fatorial

Fracionado de Plackett-Burman mostrou que o fator que possui o menor efeito na intenção de compra é o Local de Degustação, com apenas 0,71% de influência.

REFERÊNCIAS

- CARDELLO, A. V. **Sensory evaluation and food packaging**. Cereal Foods World, v. 40, n. 7, p. 502-504, 1995.
- KOTLER, P; ARMSTRONG, G. **Princípios de Marketing**. 9ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- NGAPO, T. M.; DRANSFIELD, E.; MARTIN, J. E.; MAGNUSSON, M.; BREDAHL, L.; NUTE, G. R. **Consumer perceptions: pork and pig production**. In: DELLA LUCIA, Suzana Maria. **Conjoint Analysis no estudo de mercado de café orgânico**. Viçosa: UFV, 2005. (Tese de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). 86p.
- THEODORO, Vanessa Cristina de Almeida. **Caracterização de sistemas de produção de café orgânico, em conversão e convencional**. Lavras: UFLA, 2001. 214p (Dissertação de Mestrado em Agronomia/Fitotecnia).



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa

DIFERENTES TIPOLOGIAS DE GLOBO NEGRO PARA AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO E UMIDADE

Karen Pereira¹, Fernanda Sousa², Karen Macêdo³, Natália Ramirez⁴, Alex Silva⁵

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.pereira@ufv.br; ²Professora do Departamento de Engenharia Agrícola – UFV. E-mail: fernanda.sousa@ufv.br; ³Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.macedo@ufv.br; ⁴Discente de graduação em Engenharia Agrônômica – Universidade de Caldas. Mobilidade Acadêmica: Prática Institucional. E-mail: natalia.alzate@ufv.br; ⁵Professor Instituto de Zootecnia – UFRRJ. E-mail: alexlopes@zootecnista.com.br

RESUMO: O estresse térmico é capaz de causar uma série de problemas na produção animal. O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) possibilita um indicativo desse estresse térmico, contudo o globo padrão utilizado apresenta custo elevado e por isso não necessários modelos de baixo custo que apresentem a mesma eficiência do padrão. Com essa pesquisa objetivou-se analisar comparativamente, dois globos negros confeccionados de policloreto de vinil (PVC), um com 0,15 m de diâmetro e outro com 0,035 m de diâmetro, com o padrão de cobre para cálculos de ITGU. As análises foram realizadas durante um dia em intervalos de três horas (das 6 às 18 horas). Os globos foram posicionados em ambiente aberto na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO), no Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG. O ITGU não obteve diferenças estatísticas significativas nos horários de 6 e 18 horas. Concluindo-se que, quando comparados os tipos de globos negros, não houve diferença nos valores de ITGU, todos mantiveram valores elevados para o que pode ser explicado pela maior incidência de radiação solar nesses períodos.

Palavras-Chave: ambiência, conforto térmico, ITGU

INTRODUÇÃO

Atualmente é muito comum a utilização dos índices de conforto térmico para avaliar as condições de ambiência nas instalações de produção animal. Segundo Moraes et al. (2011), deve-se realizar o estudo bioclimatológico de uma instalação para assim poder avaliar a interação animal-ambiente-

instalação, para assegurar o bem-estar dos animais e possibilitar uma elevada produtividade dos mesmos.

Existe uma série de índices usados para determinar o conforto térmico em uma instalação, sendo o mais utilizado, o Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU).

Para se determinar a temperatura usa-se a o globo negro, um instrumento constituído de uma esfera oca de cobre, com dimensões de 0,15m de diâmetro e 0,5mm de espessura, a esfera é pintada com duas camadas de tinta preta fosca para maximar a radiação solar no interior do mesmo (CAMPOS, 1986).

Em pesquisas científicas os globos negros de cobre são utilizados para a determinação do índice de conforto térmico, porém este instrumento é comumente encontrado no mercado a elevados custos fazendo-se necessário o uso de métodos alternativos e mais baratos que possibilitem determinar estimativa dos valores de ITGU (SOUZA et al., 2002).

Além do preço acessível com relação ao globo negro de cobre, o globo de PVC, tem apresentado correlação satisfatória com o globo padrão de cobre com base nos valores obtidos pelo índice do ITGU.

Diante do exposto, e tendo-se em vista a grande utilização dos globos negros, para aferir conforto térmico de um dado ambiente, objetivou-se com esse trabalho, avaliar a precisão de diferentes tipologias de globos negros e com dimensões diferentes, comparados com o padrão de cobre.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados experimentais utilizados nesta pesquisa foram coletados na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas

Agroindustriais (AMBIAGRO), no Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa, Minas Gerais.

Na mesma área foram posicionados os três diferentes tipos de globos negros (Figura 1) com três repetições de cada tipologia, um globo negro grande de plástico (PVC), com diâmetro de 0,15 metros, outro globo negro pequeno de plástico (PVC), com diâmetro de 0,035 metros, ambos revestidos com uma camada de spray na cor preto fosco, e um globo negro padrão de cobre.



Figura 1. Disposição dos globos testados.

As coletas dos dados utilizados no cálculo do ITGU foram realizadas no dia 1 de setembro de 2018, nos horários de 6:00, 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00 horas.

Para o cálculo do ITGU dos três globos negros, utilizou-se a equação proposta por Buffington et al. (1981), em que:

$$ITGU = T_g + 0,36 T_o + 41,5$$

Onde: T_g : Temperatura de globo negro em °C e T_o : temperatura do ponto de orvalho.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições para cada tipologia de

globo negro testado. A fim de testar a equivalência entre os valores obtidos, os dados provenientes dos diferentes tipos de globos negros foram submetidos à análise pelo procedimento UNIVARIATE do SAS e comparados entre si através do teste "t de Sudent" para a hipótese de nulidade ($h_0=0$), considerando-se diferença estatística quando $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados climáticos, de temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura do ponto de orvalho foram obtidos da estação meteorológica de Viçosa, MG, para o dia e local de realização do experimento (Tabela 1).

Tabela 1. Dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia, Viçosa, MG

Horário	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa (%)	Temp. do Ponto de Orvalho (°C)
6:00	12,0	95	11,3
9:00	21,6	64	14,4
12:00	25,6	50	14,3
15:00	28,0	38	12,5
18:00	22,9	57	14,0

Os valores médios de ITGU calculados para os três globos variaram entre cerca de 55 e 92 para os três tipos analisados, sendo os maiores valores observados nos horários de 12 e 15:00 horas (Tabela 2).

Tabela 2. P-valor dos valores de ITGU

Horário	Globo de Cobre	Globo Maior	Globo Menor
6:00	55,72	55,75	55,77
9:00	79,73	83,88	75,88
12:00	87,25	79,85	82,85
15:00	91,14	92,20	80,70
18:00	67,37	66,74	66,24

Observa-se pela Tabela 1 que quando se considera os mesmos horários, os três globos apresentaram valores de ITGU muito semelhantes.

O resultado da análise estatística dos dados encontra-se apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. *P*-valor dos valores de ITGU para os diferentes tipos de globo negro analisados

	Globo de Cobre	Globo Maior	Globo Menor
Globo de Cobre	-	0,7855	0,095
Globo Maior	0,7855	-	0,279
Globo Menor	0,0955	0,279	-

$P > 0,05$ indica que não existe diferença estatística significativa entre as médias.

Todos os globos testados apresentaram valores de ITGU estatisticamente iguais ($P < 0,05$), principalmente nos horários onde não ocorre influência da radiação solar, às 6:00 e as 18:00 horas, como pode ser observado pelo comportamento dos valores de ITGU apresentado na Figura 1.

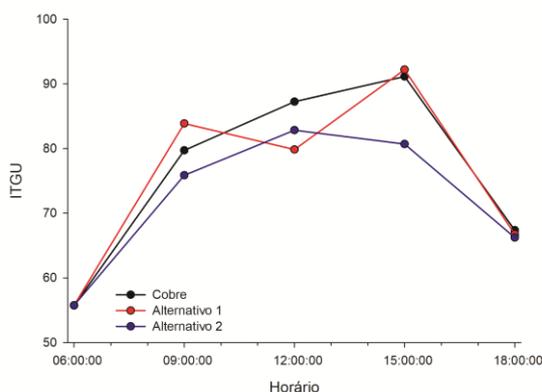


Figura 1. Comportamento dos valores de ITGU calculados para os diferentes tipos de globo negro utilizados em diferentes horários.

O comportamento dos dados de ITGU indicam que os três tipos de globo fornecem dados praticamente idênticos nos horários em que não há incidência de radiação solar significativa, às 6:00 e as 18:00 horas.

Pela análise estatística pode-se dizer os globos confeccionados com materiais alternativos com custo reduzido, como o PVC, podem ser utilizados com confiança, uma vez que não houve diferença estatística significativa entre eles e o globo padrão de cobre.

Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo foram observados por Camerini et al. (2011) que também concluíram que os modelos alternativos de globo negro testados representaram opções satisfatórias

em relação ao globo padrão, devido a precisão e exatidão que apresentaram.

CONCLUSÕES

Ambos os modelos de globo negro de PVC testados mostram-se uma alternativa viável em substituição ao globo negro padrão de cobre.

AGRADECIMENTOS

Capes, Fapemig, CNPq e Funarbe.

REFERÊNCIAS

BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transaction of the ASAE*, v. 24, p. 711-14, 1981.

CAMERINI, N. L.; MENDES, L. B.; MOTA, J. K.M.; NASCIMENTO, J.W.B.; FURTADO, D. A. Avaliação de instrumentos agrometeorológicos alternativos para o monitoramento da ambiência em galpões avícolas. *Engenharia na Agricultura*, v. 19, n. 2, 2011.

CAMPOS, A.T. **Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões em condições de verão para Viçosa-MG.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.

MORAES, S.R.P.; OLIVEIRA A.L.R.; SIMÃO, P.S.; RODRIGUES, J.S. Eficiência bioclimatológica dos termômetros construídos com luminária plástica e bola de pingue-pongue, em comparação ao globo negro padrão - outono e primavera. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer* - Goiânia, v.7, n.12. 2011.

SOUZA, C.F.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; FERREIRA, W.P.M.; SILVA, R.S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.26, n.1, p.157-164, jan./fev., 2002.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

DIMENSIONAMENTO DE CÂMARAS FRIAS PARA ARMAZENAGEM DE FRUTAS

Talissa de Fátima Pereira Ireno¹, Luís César da Silva², Gessica Gazola Teixeira³

¹ Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista PET. E-mail: talissa.ireno@ufv.br; ² Docente do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: silvaluisc@ufv.br; ³ Discente de graduação em Engenharia de Alimentos – UFES – Campus Alegre

RESUMO: O crescente consumo de frutas demanda o aprimoramento de cadeias produtivas, o que dentre outros fatores, requer projetos adequados das instalações de armazenagem sob refrigeração. Visando atender a essa demanda foi implementado “*Expert Refrigerera*” empregando o Visual Basic for Applications – VBA, disponível no ambiente do programa Microsoft Excel[®]. Na avaliação do “*Expert Refrigerera*” foram analisados quatro cenários, considerando a armazenagem de maçã e de pêssego em câmaras frias com isolante térmico poliestireno expandido – EPS nas espessuras de 50 e 250 mm. Foi constatado que o aumento da espessura reduziu em 23,0% a carga térmica total a ser removida diariamente em virtude do decréscimo da carga térmica de transmissão em aproximadamente 78,0%.

Palavras-Chave: maçã, pêssego, refrigeração, poliestireno expandido.

INTRODUÇÃO

Estima-se que as perdas de frutas e hortaliças no Brasil alcancem 40%, o que corresponde aproximadamente 14 milhões de toneladas (Cenci et.al, 1997; Silva, 2000; Rinaldi, 2011).

Essas perdas decorrem devido à perecibilidade desses produtos, bem como, das condições climáticas, que aceleram o amadurecimento e a senescência, e conseqüentemente, levam à perdas quantitativas e qualitativas (Silva, 2000; Girardi, 2004; Ferreira Neto, 2006).

Para minimizar essas perdas é recomendado o armazenamento em câmara fria, que para ser devidamente projetada,

requer dentre outros fatores a consideração das: - especificações acerca do produto como: (i) natureza do produto; (ii) frequência de entrada e saída dos produtos durante a semana; (iii) planos de produção e colheita; (iv) temperatura dos produtos ao entrar nas câmaras; (v) quantidade diária de produtos a serem mantidos resfriados; (vi) especificação de embalagens; e das - condições de estocagem como: (a) temperatura interna da câmara; (b) umidade relativa interna; (c) duração do período de estocagem; (d) método de movimentação das cargas; e (e) método de empilhamento (CHAGAS, 2006).

Deste modo, foi definido como objetivo deste trabalho o desenvolvimento de um “*expert system*” para o auxílio no dimensionamento de câmaras frias para armazenagem de frutas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliação do “*expert system*” implementado foi conduzida à experimentação e comparação de quatro cenários (**Tabela 1**) relativos ao dimensionamento de câmaras frias para o armazenamento de maçã e pêssego, empregando o isolante térmico poliestireno expandido – EPS nas espessuras de 50 e 250 mm.

Tabela 1. Cenários de avaliação.

Cenários	Produto	Isolante
M50	Maçã	EPS 50 mm
M250	Maçã	EPS 250 mm
P50	Pêssego	EPS 50 mm
P250	Pêssego	EPS 250 mm

O estabelecimento do plano mensal de recebimento das frutas foi ponderado segundo os períodos de sazonalidades



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa

tipificados como forte, médio e fraco (**Tabela 2**), para os quais foi estimada a recepção de 1.000 t, 600 t e 300 t, respectivamente. Empregou-se ponderação semelhante na definição do plano anual de expedição.

Tabela 2. Sazonalidade de maçãs e pêssegos.

Meses	Maçã	Pêssego
Janeiro	Médio	Médio
Fevereiro	Forte	Fraco
Março	Forte	Fraco
Abril	Forte	Fraco
Maio	Forte	Fraco
Junho	Médio	Fraco
Julho	Médio	Fraco
Agosto	Médio	Fraco
Setembro	Médio	Fraco
Outubro	Fraco	Médio
Novembro	Fraco	Médio
Dezembro	Fraco	Forte

Adaptado de CEAGESP.

O dimensionamento do ambiente de armazenagem partiu de um layout pré-definido, em que faces leste e oeste têm comprimento fixo, enquanto as faces norte e sul têm comprimento variável, a depender da quantidade de produto a ser armazenada.

A fileira de pilhas de caixas, junto à face norte, possui três pilhas a mais em relação as demais fileiras, com o objetivo de estabelecer o corredor de acesso à câmara. A área de circulação na câmara tem largura mínima de 3,0 m, a distância das pilhas da parede é de 0,25 m e entre as pilhas 0,50 m.

Em relação às embalagens optou-se por caixa de madeira com comprimento de 1,20 m, largura 1,00 m e altura 0,80 m. A altura das pilhas foi fixada em quatro caixas, e o número de fileiras igual a dez.

O isolante térmico considerado nos dimensionamentos foi poliestireno expandido (EPS) com as espessuras de 50 mm e 250 mm, sendo estes colocados junto à: (i) paredes - construídas em argamassa, tijolo, concreto e asfalto; (ii) piso - concreto em duas camadas; e (iii) teto - concreto e asfalto.

Para os quatro cenários foi considerada a temperatura e umidade relativa do ar ambiente iguais a 25°C e 60%, respectivamente, e localização da câmara a altitude ao nível do mar. Quanto às condições no interior da câmara para maçã a temperatura e umidade relativa foram 1,5 °C e 90%, e para pêssego -0,25 °C e 90%,

respectivamente.

Foi considerado que na câmara trabalham duas pessoas com jornada de 6 hora.dia⁻¹ e utilizam uma empilhadeira a gás com potência de 30,0 kW durante 4 h.dia⁻¹. Para a circulação do ar no interior da câmara foi considerado o uso de dois ventiladores de 3,0 kW operando 24 h.dia⁻¹. Para o sistema iluminação, intensidade 150 lux, foi considerada o uso de lâmpadas fluorescente com potência de 34,0 W e fluxo luminoso de 2.040 lm operando 10 h.dia⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A recepção anual de maçã foi estimada em 7.900 t com estoque máximo em julho igual a 1.055 t. Para o pêssego a recepção anual foi de 5.200 t, e o estoque máximo de 985 t em outubro.

Segundo dimensionamento por meio do “*Expert Refrigerera*” foi definido a necessidade 1.816 caixas para armazenagem de maçãs em uma câmara com comprimento (faces norte e sul) de 48,6 m, largura 19,75 m (faces leste e oeste), pé direito de 4,2 m e áreas total 959,85 m² e útil 544,80 m². De forma semelhante para o pêssego foi demanda 1.816 caixas e as dimensões da câmara foram comprimento 50,60 m, largura 19,75 m, pé direito de 4,20 m e áreas total 999,35 m² e útil 568,80 m².

As cargas térmicas calculadas para o armazenamento de maçã e pêssego são apresentadas nas **Tabelas 3 e 4**, respectivamente.

Conforme a **Tabela 4** ao empregar o isolante EPS de 250 mm na armazenagem de maçã a demanda de carga térmica a ser removida do interior da câmara decresceu de 8.502,8 para 6.541,0 MJ.h⁻¹, equivalendo à redução de 23,0%. Este fato está associado à redução da perda de carga térmica por transmissão, que reduziu em 78,0% ao se observar o decréscimo de 2.500,0 para 549,9 MJ.h⁻¹. Ao analisar as informações quanto ao armazenamento de pêssego (**Tabela 5**) empregando-se o isolante EPS de 250 mm a carga térmica total decresceu em 2.198,80 MJ.h⁻¹ (24,5%), o que se deve a redução da carga térmica por transmissão em 78,2%.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

Tabela 3. Resultados dos cálculos de carga térmica para o armazenamento de maçã

Cenário	Isolante térmico EPS50		Isolante térmico EPS250	
	Carga térmica MJ/24h	Distribuição percentual (%)	Carga térmica MJ/24h	Distribuição percentual (%)
Transmissão	2.500,0	29,4	549,9	8,4
Produto	5.235,3	61,6	5.235,3	79,9
Iluminação	86,4	1,0	86,4	1,3
Infiltração	264,4	3,1	264,4	4,0
Ocupação	11,7	0,1	11,7	0,2
Motores	405,0	4,8	405,0	6,2
Total	8.502,8		6.541,0	

Tabela 4. Resultados dos cálculos de carga térmica para o armazenamento de pêssego

Cenário	Isolante térmico EPS50		Isolante térmico EPS250	
	Carga térmica MJ/24h	Distribuição percentual (%)	Carga térmica MJ/24h	Distribuição percentual (%)
Transmissão	2.810,5	31,41	611,6	9,06
Produto	5.367,6	59,98	5.367,7	79,52
Iluminação	89,9	1,01	89,9	1,33
Infiltração	264,3	2,95	264,3	3,92
Ocupação	11,7	0,13	11,7	0,17
Motores	405,0	4,52	405,0	6,00
Total	8.949,00		6.750,20	

CONCLUSÕES

O *expert system* apresentou aplicabilidade no dimensionamento e cálculo das cargas térmicas.

Os cenários para maçã e pêssego apresentaram resultados semelhantes quanto às dimensões das câmaras devido aos valores próximos de massa específica.

Para carga térmica os valores para pêssego foram maiores em razão da maior carga térmica associada ao produto.

Quanto ao EPS, o aumento da espessura de 50 e 250 mm levou o decréscimo da carga térmica de transmissão em aproximadamente 78,0%.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Educação Tutorial (PET), apoiado pelo SESu/MEC.

REFERÊNCIAS

CHAGAS, J. A. C.; **Projeto e construção de câmaras frigoríficas**. Joinville, SC: YORK Refrigeration, 2006. 14 p.

CENCI, S. A.; SOARES, A. G.; FREIRE JUNIOR, M. **Manual de perdas pós-colheita em frutos e hortaliças**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997. 29p.

FERREIRA NETO, Josué et al. Avaliação das câmaras frias usadas para o armazenamento de frutas e hortaliças no entreposto terminal de São Paulo (CEAGESP): CEAGESP, **Eng. Agric.**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 832-839, Dez. 2006.

GIRARDI, C. L. **Maçã: pós-colheita**. Série: Frutas do Brasil, 39. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 109 p. (Frutas do Brasil, 39).

RINALDI, M. M. **Perdas pós-colheita devem ser consideradas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011.

SILVA, J. de S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas: Armazenagem de frutas e hortaliças**. Viçosa-MG: UFV. Ed.: Aprenda fácil, 1ª Edição. 2000. 502p.



EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ESTIMADA COM REDES NEURAS ARTIFICIAIS

Lucas Borges Ferreira¹, Thiago Ferreira Rodrigues², Thallita de Sousa Ferreira³, Fernando França da Cunha⁴

¹Discente de doutorado em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: contato.lucasbf@gmail.com; ²Discente de graduação em Agronomia - UFV E-mail: thiagof.agro@outlook.com; ³Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: thallita.ferreira@ufv.br; ⁴Professor Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: fernando.cunha@ufv.br

RESUMO: A estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), utilizada na determinação das necessidades hídricas da cultura, constitui uma tarefa desafiadora em situações em que os dados meteorológicos disponíveis são limitados. Neste contexto, utilizando-se apenas dados medidos de temperatura do ar, objetivou-se avaliar o desempenho de redes neurais artificiais (RNAs), frente a equação de Hargreaves-Samani (HS), original e calibrada, para a estimativa da ET_o diária em Paracatu-MG. Para o desenvolvimento e avaliação dos modelos em estudo, a ET_o estimada pela equação de Penman-Monteith (PM) foi utilizada como padrão. A implementação da RNA foi realizada com auxílio das bibliotecas Keras e TensorFlow para a linguagem de programação Python. A performance dos modelos foi avaliada com base nos indicadores estatísticos raiz do erro quadrático médio (RMSE), viés médio (MBE) e coeficiente de determinação (R²). A equação de HS em sua forma original apresentou desempenho inferior à sua versão calibrada e a RNA. A RNA desenvolvida apresentou desempenho superior à equação de Hargreaves-Samani, original e calibrada, com menores valores de erro e maior R², constituindo uma alternativa para estimativa da ET_o em Paracatu-MG quando apenas dados de temperatura do ar estiverem disponíveis.

Palavras-Chave: agrometeorologia, machine learning, manejo da irrigação

INTRODUÇÃO

A irrigação constitui uma importante ferramenta para a produção agrícola no país. No entanto, devido a necessidade de se fazer uma adequada gestão da água, o manejo da irrigação insere-se como fator de elevada importância para a agricultura irrigada. Neste contexto, a estimativa da evapotranspiração de

referência (ET_o), utilizada na determinação das necessidades hídricas da cultura, constitui uma tarefa desafiadora em situações em que os dados meteorológicos disponíveis são limitados (Ferreira et al., 2018).

A fim de oferecer uma alternativa para a estimativa da ET_o em condições de limitada disponibilidade de dados meteorológicos, diversos estudos foram conduzidos (Mehdizadeh et al., 2017; Silva et al., 2018). Sendo que nos últimos anos modelos de machine learning têm apresentado performances superiores aos modelos tradicionalmente utilizados (Mehdizadeh et al., 2017). Dentre estes modelos, as redes neurais artificiais (RNAs) representam um dos algoritmos mais clássicos utilizados (Kumar et al., 2011)

Neste contexto, objetivou-se avaliar o desempenho de RNAs, frente a equação de Hargreaves-Samani (HS), original e calibrada, para a estimativa da ET_o diária em Paracatu-MG utilizando apenas dados medidos de temperatura do ar.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados diários, disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), referentes ao período de 2001 a 2015 de uma estação meteorológica situada em Paracatu-BA. O conjunto de dados foi composto por temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa, insolação e velocidade do vento a 10 m de altura. A velocidade do vento foi convertida para 2 m e a insolação foi utilizada para cálculo da radiação solar, conforme Allen et al. (1998). Esta base de dados foi dividida em dois subconjuntos, treinamento (2001 a 2010) e teste (2011 a 2015), o primeiro foi utilizado para desenvolver/calibrar os modelos em estudo e o segundo para avaliação da performance dos

mesmos.

Para o desenvolvimento e avaliação dos modelos em estudo, a ETo estimada pela equação de Penman-Monteith (PM) foi utilizada como padrão, conforme recomendado por Allen et al. (1998).

As RNAs são modelos matemáticos inspirados no sistema nervoso humano. Este algoritmo apresenta elevada capacidade para modelar sistemas complexos e não lineares. Para mais detalhes sobre o emprego desta técnica na estimativa da ETo consultar Kumar et al. (2011).

Foi desenvolvido um modelo RNA utilizando dados de temperatura máxima e mínima do ar e radiação solar no topo da atmosfera, esta última calculada com base no dia do ano latitude do local de estudo (Allen et al., 1998). A implementação da RNA foi realizada com auxílio das bibliotecas Keras e TensorFlow para a linguagem de programação Python. O treinamento da RNA foi realizado por meio do algoritmo Adam e o ajuste do número de neurônios, função de ativação e taxa de aprendizado foi realizado por meio de tentativa e erro. O modelo final foi composto por 1 camada escondida de 10 neurônios e uma camada de saída com 1 neurônio. Os neurônios da camada escondida utilizaram a função de ativação tangente hiperbólica e o da camada de saída utilizou a função identidade.

A fim de servir como base para comparação, a equação de Hargreaves-Samani (HS) (Allen et al., 1998) foi também utilizada para estimativa da ETo, em sua forma original e calibrada. Esta equação utiliza os mesmos dados de entrada empregados no desenvolvimento da RNA. A calibração foi realizada com base em regressão linear simples, conforme recomendações de Allen et al. (1998). Para isto, a ETo estimada pela equação de HS foi considerada como variável independente e a ETo estimada pela equação de PM como variável dependente.

A performance dos modelos foi avaliada com base nos indicadores estatísticos raiz do erro quadrático médio (RMSE), viés médio (MBE) e coeficiente de determinação (R^2), conforme as equações a seguir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (P_i - O_i)^2} \quad (1)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum (P_i - O_i) \quad (2)$$

$$R^2 = \left[\frac{\sum (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{(\sum (P_i - \bar{P})^2)(\sum (O_i - \bar{O})^2)}} \right]^2 \quad (3)$$

Em que,

RMSE: raiz do erro quadrático médio, mm d⁻¹; MBE: viés médio, mm d⁻¹; R²: coeficiente de determinação, adimensional; P_i: valor predito pelo modelo, mm d⁻¹; O_i: valor observado, mm d⁻¹; \bar{P} : média dos valores preditos pelo modelo, mm d⁻¹; \bar{O} : média dos valores observados, mm d⁻¹; n: número de pares de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação de HS em sua forma original apresentou desempenho inferior à sua versão calibrada e a RNA desenvolvida, com maiores valores de RMSE e MBE (Tabela 1). Após a calibração houve ligeiro ganho de desempenho, reduzindo o valor de RMSE em cerca de 7%, além de reduzir o valor, em módulo, do MBE. A calibração é uma medida importante para adequar os modelos empíricos às condições diferentes daquelas onde foram desenvolvidos, como sugerido por Allen et al. (1998).

Tabela 1. Indicadores estatísticos para os modelos de estimativa da ETo avaliados.

Modelo	RMSE	MBE	R ²
HS	0,87	0,35	0,65
HS cal	0,81	-0,14	0,65
RNA	0,62	-0,11	0,80

HS - Hargreaves-Samani; HS cal - Hargreaves-Samani calibrado; RNA - rede neural artificial.

Em relação a RNA desenvolvida, observou-se que esta foi capaz de apresentar menores valores de erro e maior R². Ressalta-se que o valor de R² obtido pela mesma foi cerca de 23% superior à equação de HS. Com base na figura 1, é possível perceber que houve uma maior concordância entre os valores de ETo estimados pela RNA e os valores tidos como padrão, quando comparado a equação de HS. Isto demonstra a alta capacidade das RNAs em modelar problemas complexos (Yassin et al., 2016; Antonopoulos & Antonopoulos, 2017)

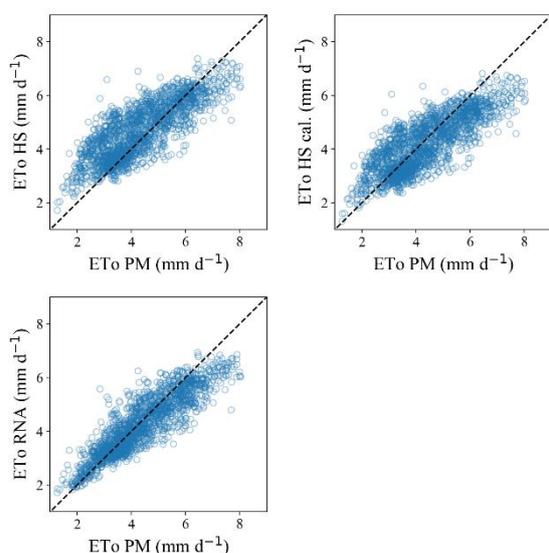


Figura 1. Valores de ET₀ estimados pelos modelos em estudo em relação aos estimados pela equação de Penman-Monteith.

CONCLUSÕES

A rede neural artificial desenvolvida apresenta desempenho superior à equação de Hargreaves-Samani, original e calibrada, para estimativa da ET₀ diária em Paracatu-MG.

A calibração da equação de HS propicia melhores estimativas da ET₀.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMUTH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements.** FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, 1998. 300 p.

ANTONOPOULOS, V. Z.; ANTONOPOULOS, A. V. DAILY REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATES BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TECHNIQUE AND EMPIRICAL EQUATIONS USING LIMITED INPUT CLIMATE VARIABLES. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 132, p. 86-96, 2017.

FERREIRA, L. B.; DUARTE, A. B.; ARAÚJO, E. D.; FERREIRA, T. S.; CUNHA, F. F. EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ESTIMADA A PARTIR DA TEMPERATURA DO AR USANDO A TÉCNICA DE REGRESSÃO MARS.

Bioscience Journal, Uberlândia, v. 34, n. 3, p. 674-682, 2018.

KUMAR, M.; RAGHUWANSHI, N. S.; SINGH, R. ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS APPROACH IN EVAPOTRANSPIRATION MODELING: A REVIEW. **Irrigation Science**, v. 29, n. 1, p. 11-25, 2011.

MEHDIZADEH, S., BEHMANESH, J., KHALILI, K. USING MARS, SVM, GEP AND EMPIRICAL EQUATIONS FOR ESTIMATION OF MONTHLY MEAN REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 139, p. 103-114, 2017.

SILVA, G. H. D., DIAS, S. H., FERREIRA, L. B., SANTOS, J. É., CUNHA, F. F. D. PERFORMANCE OF DIFFERENT METHODS FOR REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION IN JAÍBA, BRAZIL. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 83-89, 2018.

YASSIN, M. A.; ALAZBA, A. A.; MATTAR, M. A. ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS VERSUS GENE EXPRESSION PROGRAMMING FOR ESTIMATING REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN ARID CLIMATE. **Agricultural Water Management**, v. 163, p. 110-124, 2016.



ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO E UMIDADE EM PROTÓTIPOS DE GALPÕES AVÍCOLAS

Karen Pereira¹, Fernanda Sousa², Karen Macêdo³, Natália Ramirez⁴, Alex Silva⁵

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.pereira@ufv.br; ²Professora do Departamento de Engenharia Agrícola – UFV. E-mail: fernanda.sousa@ufv.br; ³Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.macedo@ufv.br; ⁴Discente de graduação em Engenharia Agrônômica – Universidad de Caldas. Mobilidade Acadêmica: Prática Institucional. E-mail: natalia.alzate@ufv.br; ⁵Professor Instituto de Zootecnia – UFRRJ. E-mail: alexlopes@zootecnista.com.br

RESUMO: Atualmente o Brasil se posiciona como uma das principais potências produtivas do setor avícola. O sucesso na produção está relacionado diretamente as condições ambientais para quais os animais são submetidos, uma vez que as aves necessitam de conforto térmico para a manutenção da homeotermia e para que consigam assim apresentar bom desempenho produtivo. Objetivou-se com este trabalho avaliar o ambiente térmico interno e externo de três instalações de protótipos de aviários para frangos de corte, com telhas de fibrocimento, analisando-se o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU). Os dados foram coletados durante um dia em intervalos de três horas (das 6 às 18 horas). O ITGU não obteve diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$) nos horários de 6 e 18 horas. Concluindo-se que, com base no índice térmico analisado para esse tipo de material para cobertura dos protótipos ocorreu uma maior interferência da radiação solar. Por ter dimensões inferiores aquelas normalmente exigidas para os aviários de grande proporção pode-se ainda ter uma estimativa da altura do pé-direito e do material de cobertura a ser utilizado nas instalações. Analisando a cobertura como variável de influência térmica na instalação pode-se utilizá-la contra ou a favor da produção de aves conforme a necessidade do ambiente e do ciclo em que os animais se encontram.

Palavras-Chave: ambiência, conforto térmico, fibrocimento, ITGU

INTRODUÇÃO

A avicultura de corte no Brasil vem crescendo exponencialmente nos últimos anos. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) o Brasil é hoje o

segundo maior produtor mundial de carne de frango, atrás apenas dos Estados Unidos e o maior exportador mundial há mais de uma década.

Sendo o Brasil um país de clima tropical, para maximizar a produção deve-se minimizar os efeitos prejudiciais provenientes de fatores ambientais críticos, tais como elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar. Para que seja possível garantir a manutenção da homeotermia e o bem estar-animal deve-se atentar as instalações para que as mesmas possam garantir uma boa produtividade.

Grande parte do desenvolvimento da produção avícola está relacionada à implantação de técnicas e materiais de construções que proporcionem maior conforto térmico nas instalações (LLOBET, 1993).

Segundo NÃÃS et. al. (2001) o telhado é o elemento construtivo que mais interfere na produção avícola, pois através dele é possível analisar a interferência solar nos índices térmicos dos animais.

A maioria das instalações avícolas no Brasil apresenta baixo isolamento térmico na cobertura. Segundo Morgan et. al. (1990) 75% da carga térmica da radiação solar transferida para os animais se deve a fatores como: o material da cobertura, a orientação da construção, a insolação e a vegetação presente na circunvizinhança. O material da cobertura nesse caso torna-se importante pois reflete no conforto térmico animal.

Através do ITGU pode-se quantificar o ambiente térmico representado em um só índice todos os efeitos da temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e radiação solar, uma vez que o efeito combinado desses fatores, afeta os animais podendo comprometer sua função vital que é a homeotermia (TINÓCO, 1996).

Para Lima (2005) elevados valores de ITGU afetam prejudicam o desempenho das

aves, sendo assim indesejáveis para o ambiente de produção. Por isso torna-se importante conhecer os valores de ITGU e as condições térmicas das instalações de produção animal.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados experimentais utilizados nesta pesquisa foram coletados em três protótipos de galpões para frango de corte localizados na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais (AMBIAGRO), no Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa Minas Gerais.

Os três protótipos com uma distância de 6 metros entre eles, possuem 7,5 m² de área, sendo 2,5 m de comprimento e 3,0 m de largura. São cobertos por telha de fibrocimento, com 1,5 metros de altura. Os protótipos possuem aberturas laterais para ventilação natural. Foram orientados na direção leste- oeste (Figura 1).



Figura 1. Vista frontal do protótipo com telha de fibrocimento.

As coletas de dados foram realizadas no dia 1 de setembro de 2018, nos horários de 6:00, 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00 horas. Foram utilizados data-loggers de temperatura e umidade relativa no interior dos protótipos e em abrigo posicionado na área externa, para mensurar a temperatura de globo negro e a temperatura de ponto de orvalho foi obtida pelos dados da estação meteorológica de Viçosa-MG.

Para determinar o ITGU foi utilizada a equação proposta por Buffington et al. (1981), em que:

$$ITGU = T_g + 0,36 T_o + 41,5$$

Onde: T_g = Temperatura de globo negro em °C e T_o = temperatura do ponto de orvalho.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições para os valores de ITGU no ambiente interno e externo dos protótipos. A fim de testar a equivalência entre os valores obtidos, os dados de ITGU do ambiente interno e externo, foram submetidos à análise pelo procedimento UNIVARIATE do SAS e testados através do teste "t de Student" para a hipótese de nulidade ($h_0=0$), considerando-se diferença estatística quando $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados climáticos, de temperatura, umidade relativa e temperatura de ponto de orvalho foram obtidos da estação meteorológica mais próxima para o dia e local de realização do experimento (Tabela 1).

Tabela 1. Dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Horário	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa (%)	Temp. de Ponto de Orvalho (°C)
6:00	12,0	95	11,3
9:00	21,6	64	14,4
12:00	25,6	50	14,3
15:00	28,0	38	12,5
18:00	22,9	57	14,0

Os valores médios do ITGU no interior e no exterior dos protótipos, avaliados e submetidos a análises estatísticas estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. ITGU no interior e no exterior dos protótipos nos diferentes horários

Horário	Interno	Externo	p-valor
6:00	56,53 ^a	56,14 ^a	0,119
9:00	69,92 ^a	76,62 ^b	0,013
12:00	78,15 ^a	81,00 ^b	0,008
15:00	78,97 ^a	85,18 ^b	0,002
18:00	68,24 ^a	67,30 ^b	0,026

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas indicam que houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre as médias.

Pela Tabela 2, observa-se que somente às 6:00 horas não foi observada diferença estatística significativa entre os valores do

ITGU do ambiente interno e externo do protótipo.

Observa-se também que às 6:00 e às 18:00 horas os valores de ITGU interno e externo são praticamente iguais, isso porque nesses horários não haviam interferências da radiação solar sobre a instalação (Figura 2).

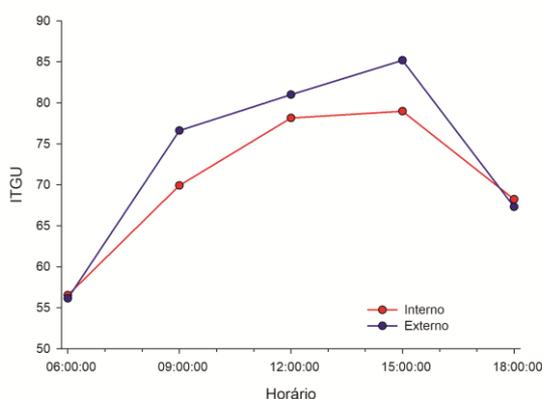


Figura 2. Comportamento dos valores de ITGU no interior e no exterior dos protótipos em diferentes horários.

Os valores de ITGU, entre cerca de 56 e 79, observados dentro dos protótipos da instalação são considerados elevados. Segundo Oliveira Neto (1999) frangos de corte com idades entre 22 e 42 dias estão em ambiente de conforto quando ITGU está em torno de 72 e em estresse por calor quando o ITGU está acima de 84.

Para regiões mais quentes a medida do pé direito é de 4,20 metros (Baêta & Cecília, 2010). Os protótipos com cobertura de fibrocimento, que foram utilizados possuem 1,5 metros de pé-direito, valor esse bastante inferior quando comparado a uma instalação comum. Demonstrando assim que essa altura da cobertura contribui com os elevados valores de ITGU, principalmente nos horários de maior radiação solar, após as 12:00 horas. Os dados mostram que a falta de acondicionamento térmico nas instalações é determinante para os valores de ITGU.

Uma das formas de contornar tal situação seria a utilização de aspersão d'água na cobertura, pois a mesma permite potencializar o processo de resfriamento da telha, pela associação de transferência de calor por convecção e evaporação (NÃÃS, 2001).

CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos, pode-se concluir que para cobertura de fibrocimento, o ITGU teve valores considerados críticos para produção de frangos de corte às 12:00 e 15:00 horas, indicando influência da radiação solar sobre a cobertura devido ao baixo isolamento térmico do material.

AGRADECIMENTOS

Capes, Fapemig, CNPq e Funarbe.

REFERÊNCIAS

- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 269 p., 2010.
- BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-ARCOCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v. 24, p. 711-14, 1981.
- LIMA, A. M. C. **Avaliação de dois sistemas de produção de frango de corte: uma visão multidisciplinar**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência)). Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2005.
- LLOBET, J.A.C.. **Construções e equipamentos avícolas**. Barcelona, Real Escuela de Avicultura, 1993.
- MORGAN, W. E. Heat reflective roof coating. St. Joseph: **American Society Agricultural Engineers**, 9 p., 1990.
- NÃÃS, I.A.; CURTO, F.P.F. Avicultura de precisão. In: SILVA, I. J. O. (Ed.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, p. 1-30, 2001.
- OLIVEIRA NETO, A. R. **Efeito de níveis de energia da ração e da temperatura ambiente sobre o desempenho e parâmetros fisiológicos de frangos de corte**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 1999.
- TINÔCO, I.F.F. Conforto ambiental para aves: ponto de vista do engenheiro. In: **SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA**, 2., Goiânia, 1996. Anais. Goiânia, UFG/AGA. p.47-56, 1996.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

MARS: ALTERNATIVA PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

Lucas Borges Ferreira¹, Thallita de Sousa Ferreira², Thiago Ferreira Rodrigues³, Fernando França da Cunha⁴

¹Discente de doutorado em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: contato.lucasbf@gmail.com; ²Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: thallita.ferreira@ufv.br; ³Discente de graduação em Agronomia - UFV E-mail: thiagof.agro@outlook.com; ⁴Professor Departamento de Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: fernando.cunha@ufv.br

RESUMO: A estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) representa um desafio quando a disponibilidade de dados meteorológicos é limitada. Assim, dada a importância desta variável para o manejo da irrigação, estudo hidrológicos, entre outros, é necessário o estudo de metodologias que possibilitem estimá-la em condições de dados meteorológicos imitados. Neste contexto, este estudo visa avaliar o desempenho da técnica de machine learning multivariate adaptive regression splines (MARS) frente a tradicional equação de Hargreaves-Samani (HS), em sua forma original e calibrada, para a estimativa da ET_o diária utilizando apenas dados medidos de temperatura do ar. Foram utilizados dados diários de uma estação meteorológica situada em Bom Jesus da Lapa-BA. A ET_o estimada pela equação de Penman-Monteith foi utilizada como padrão para desenvolvimento/calibração e avaliação dos modelos em estudo. A técnica de regressão MARS apresentou potencial para estimativa da ET_o sob condições de limitada disponibilidade de dados, apresentando o melhor desempenho dentre os modelos avaliados.

Palavras-Chave: agrometeorologia, machine learning, manejo da irrigação, multivariate adaptive regression splines

INTRODUÇÃO

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) é de elevada importância para diversos fins, como o manejo da irrigação. Segundo Pereira et al. (2015) a Food and Agriculture Organization (FAO) avançou na precisão e consistência do cálculo da ET_o ao estabelecer o método de Penman-Monteith FAO-56 (PM). No entanto, este exige grande número de variáveis meteorológicas, tendo sua

aplicação limitada, principalmente em países em desenvolvimento (Silva et al., 2018).

Dentre as alternativas à equação de PM, a técnica multivariate adaptive regression splines (MARS) merece destaque, uma vez que pode ser utilizada para estimativa da ET_o em condições em que apenas dados de temperatura do ar estejam disponíveis (Ferreira et al., 2018). Trata-se de uma técnica de machine learning capaz de modelar sistemas complexos, como a ET_o. Em relação aos modelos de machine learning comumente utilizados, como as redes neurais artificiais, a MARS apresenta a vantagem de produzir modelos em forma de expressões algébricas explícitas, facilitando a sua aplicação final.

Apesar de suas vantagens, ainda é limitado o número de estudo que empregaram a MARS para estimativa da ET_o. Neste sentido, este estudo visa avaliar o desempenho da técnica MARS frente a tradicional equação de Hargreaves-Samani, em sua forma original e calibrada, para a estimativa da ET_o diária utilizando apenas dados medidos de temperatura do ar.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados diários, disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), referentes ao período de 2001 a 2015 de uma estação meteorológica situada em Bom Jesus da Lapa-BA. O conjunto de dados foi composto por temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa, insolação e velocidade do vento a 10 m de altura. A velocidade do vento foi convertida para 2 m e a insolação foi utilizada para cálculo da radiação solar, conforme Allen et al. (1998). Esta base de dados foi dividida em dois subconjuntos, treinamento (2001 a 2010) e teste (2011 a 2015), o primeiro foi utilizado para desenvolver/calibrar os modelos em estudo e o

segundo para avaliar a performance dos mesmos.

Para o desenvolvimento e avaliação dos modelos em estudo, a ETo estimada pela equação de PM foi utilizada como padrão, conforme recomendado por Allen et al. (1998).

A técnica MARS é uma análise de regressão não paramétrica capaz de determinar as relações entre variáveis de entrada e saída, sem qualquer suposição, modelando as não-linearidades e interações. O modelo final é composto por um conjunto de funções bases, ajustadas em diferentes intervalos das variáveis predictoras, como visto na figura 1. Mais detalhes podem ser vistos em Cheng & Cao (2014).

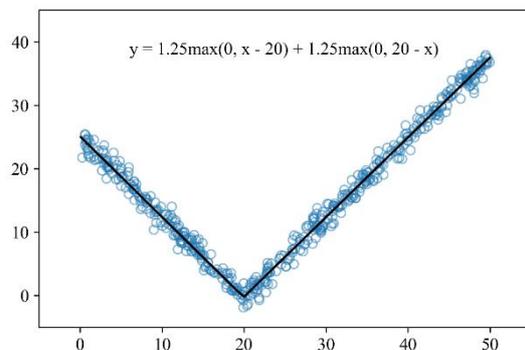


Figura 1. Modelo MARS com duas funções bases.

Foi desenvolvido um modelo MARS utilizando dados de temperatura máxima e mínima do ar e radiação solar no topo da atmosfera, esta última calculada com base no dia do ano latitude do local de estudo (Allen et al., 1998). A implementação do modelo MARS foi realizada com auxílio da biblioteca py-earth para a linguagem de programação Python.

A fim de servir como base para comparação, a equação de Hargreaves-Samani (HS) (Allen et al., 1998) foi também utilizada para estimativa da ETo, em sua forma original e calibrada. Esta equação utiliza os mesmos dados de entrada empregados no desenvolvimento do modelo MARS. A calibração foi realizada com base em regressão linear simples, conforme recomendações de Allen et al. (1998). Para isto, a ETo estimada pela equação de HS foi considerada como variável independente e a ETo estimada pela equação de PM como variável dependente.

A performance dos modelos foi avaliada com base nos indicadores estatísticos raiz do erro quadrático médio (RMSE), viés médio (MBE) e coeficiente de determinação (R^2),

conforme as equações a seguir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (P_i - O_i)^2} \quad (1)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum (P_i - O_i) \quad (2)$$

$$R^2 = \left[\frac{\sum (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{(\sum (P_i - \bar{P})^2)(\sum (O_i - \bar{O})^2)}} \right]^2 \quad (3)$$

Em que,

RMSE: raiz do erro quadrático médio, mm d⁻¹; MBE: viés médio, mm d⁻¹; R^2 : coeficiente de determinação, adimensional; P_i : valor predito pelo modelo, mm d⁻¹; O_i : valor observado, mm d⁻¹; \bar{P} : média dos valores preditos pelo modelo, mm d⁻¹; \bar{O} : média dos valores observados, mm d⁻¹; n: número de pares de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme apresentado na tabela 1, a equação de HS, em sua forma original, foi o modelo que apresentou o pior desempenho, com maiores valores de RMSE e MBE. Após a calibração houve melhoria de performance, com redução do RMSE e MBE. No entanto, a calibração via regressão linear não altera o valor R^2 . De acordo com Ferreira et al. (2018), a calibração local adequa os modelos às condições locais, tornando-os mais aptos a serem utilizados.

Tabela 1. Indicadores estatísticos para os modelos de estimativa da ETo avaliados.

Modelo	RMSE	MBE	R^2
HS	0,89	0,60	0,62
HS cal	0,64	-0,08	0,62
MARS	0,57	-0,01	0,70

HS - Hargreaves-Samani; HS cal - Hargreaves-Samani calibrado; MARS - multivariate adaptive regression splines.

O modelo MARS obtido apresentou o melhor desempenho, com menores valores de RMSE e MBE e maior valor de R^2 . Com base nestes resultados, verifica-se que este modelo consegue mapear de forma mais satisfatória a relação entre as variáveis de entrada (temperatura máxima e mínima e radiação no todo da atmosfera) e a ETo. Este comportamento reflete a típica habilidade de modelos de machine learning em modelar sistemas complexos, como reportado em diversos estudos (Huo et al., 2012; Shiri et al., 2014; Mehdizadeh et al., 2017). Mehdizadeh et al. (2017) e Ferreira et al. (2018) também



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa

reportaram resultados superiores da MARS em relação a equações empíricas, mesmo quando calibradas.

O modelo MARS obtido neste estudo (equação 4) demonstra a existência de complexas relações entre as variáveis de entrada do modelo e a ETo. Os modelos MARS, diferentemente de outros modelos de machine learning, possibilitam o uso do modelo final em forma de equação algébrica explícita, o que pode facilitar a sua adoção em condições práticas.

$$ETo = 10,5597 - 0,1971RaTx + 0,004076Tx^2Ra + 0,1570Ra^2 - 0,004474Ra^3 - 0,00005034Tx^2Ra h(Tx - 39,6) + 0,00007421Tx^2Ra h(39,6 - Tx) - 0,0108TnRa + 0,0002467Tx^2Tn - 0,0130Tx^2 + 0,00004240Ra^4 \quad (4)$$

Em que,

ETo: evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;
Ra: radiação no topo da atmosfera, MJ m⁻² d⁻¹;
Tx: temperatura máxima, °C; Tn: temperatura mínima, °C; h(x): valor máximo entre 0 e x, max(0, x).

CONCLUSÕES

A técnica de regressão MARS apresenta potencial para estimativa da ETo sob condições de limitada disponibilidade de dados, apresentando o melhor desempenho dentre os modelos avaliados.

A calibração local da equação de HS propicia melhoria na estimativa da ETo, adequando o modelo às condições locais.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, 1998. 300 p.

CHENG, M. Y.; CAO, M. T. ACCURATELY PREDICTING BUILDING ENERGY PERFORMANCE USING EVOLUTIONARY MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINES. **Applied Soft Computing**, v. 22, p. 178–188, 2014.

FERREIRA, L. B.; DUARTE, A. B.; ARAÚJO, E. D.; FERREIRA, T. S.; CUNHA, F. F. EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ESTIMADA A PARTIR DA TEMPERATURA DO AR USANDO A TÉCNICA DE REGRESSÃO MARS. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 34, n. 3, p. 674–682, 2018.

HUO, Z.; FENG, S.; KANG, S.; DAI, X. ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODELS FOR REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN AN ARID AREA OF NORTHWEST CHINA. **Journal of Arid Environments**, v. 82, p. 81–90, 2012.

MEHDIZADEH, S.; BEHMANESH, J.; KHALILI, K. USING MARS, SVM, GEP AND EMPIRICAL EQUATIONS FOR ESTIMATION OF MONTHLY MEAN REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 139, p. 103–114, 2017.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G.; SMITH, M.; RAES, D. CROP EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION WITH FAO56: PAST AND FUTURE. **Agricultural Water Management**, v. 147, p. 4–20, 2015.

SHIRI, J.; NAZEMI, A. H.; SADRADDINI, A. A.; LANDERAS, G.; KISI, O.; FARD, A. F.; MARTI, P. COMPARISON OF HEURISTIC AND EMPIRICAL APPROACHES FOR ESTIMATING REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION FROM LIMITED INPUTS IN IRAN. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 108, p. 230–241, 2014.

SILVA, G. H. D.; DIAS, S. H.; FERREIRA, L. B.; SANTOS, J. É.; CUNHA, F. F. D. PERFORMANCE OF DIFFERENT METHODS FOR REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION IN JÁIBA, BRAZIL. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 83–89, 2018.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

MODELAGEM DA SECAGEM EM INFRAVERMELHO DE CASCA DE MANGA UBÁ VERDE

Renata Cássia Campos¹, Igor Lopes de Faria², Juliana Soares Zeymer³, Marcos Eduardo Viana de Araujo⁴, Paulo César Corrêa⁵

¹Engenheira de Alimentos. Doutoranda em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista do CNPq. E-mail: camposrc16@gmail.com; ²Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: igor.faria@ufv.br ³Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: juliana.zeymer@ufv.br; ⁴Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: marcos.rav@hotmail.com; ⁵Engenheiro Agrônomo. Prof. Dr. do Curso de Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: copace@ufv.br.

RESUMO Objetivou-se nesse trabalho determinar a modelagem da secagem de casca de manga ubá, verdes, em três diferentes temperaturas previamente fixadas. Foram utilizados cascas de manga Ubá verde, *Mangifera indica* L. variedade Ubá, teor de água inicial de 73,2% b.u. (274% b.s.). Foram utilizadas amostras de 5 g. As temperaturas fixadas foram 50, 75 e 95 °C. Foram avaliados 12 modelos matemáticos. Utilizou-se um analisador de umidade por infravermelho para coleta dos dados da secagem. A secagem ocorreu até o momento em que foram alcançados o equilíbrio higroscópico nas condições de secagem. Os resultados mostraram que modelo de Midilli foi o que mais se adequou aos dados experimentais. E ainda, a influência da temperatura nos processos termodinâmicos, ou seja, quanto maior a temperatura, menores foram os tempos de secagem e menores foram os teores de água de equilíbrio. Favorecendo a assim a armazenagem e a preservação das características nutricionais do produto.

Palavras-Chave: *Mangifera indica* L. variedade Ubá; razão de secagem; equilíbrio higroscópico, isoterma de equilíbrio

INTRODUÇÃO

A manga Ubá verde possui quantidades expressivas de micronutrientes – vitaminas do complexo B, fósforo, cálcio, ferro e principalmente alto teor de vitamina A e vitamina C, sendo reconhecida como uma fruta de potenciais antioxidantes. Muitas dessas vitaminas são termossensíveis. (Donadio, 1996).

Sistemas de secagem que incorporam novas tecnologias como fonte de calor, como a radiação infravermelha, mostram sua importância com inúmeras vantagens em relação às fontes tradicionalmente utilizadas. Segundo Nascimento et al. (2015) o aumento da eficiência energética do processo de

secagem, a possibilidade de aplicação de altas taxas de transferência de calor em emissores compactos e a redução no custo referente à essa etapa são algumas das vantagens que podem ser citadas. Neto et al. (2014) ainda acrescentam a versatilidade do equipamento, menor tempo requerido para secagem e simples regulagem e manuseio como vantagens complementares.

O fenômeno de redução do teor de água de produtos agrícolas envolve, simultaneamente, a transferência de calor e massa, que podem alterar de forma substancial a qualidade e as propriedades físicas do produto, dependendo do método e das condições de secagem (Correa et al., 2010).

No desenvolvimento e no aperfeiçoamento de equipamentos utilizados para a secagem de produtos agrícolas, é de fundamental importância a simulação e a obtenção de informações teóricas a respeito do comportamento de cada produto durante a remoção de água. Para a simulação, cujo princípio se fundamenta na secagem de sucessivas camadas delgadas do produto, utiliza-se modelo matemático que representa, satisfatoriamente, sua perda de água durante o período de secagem (Berbet et al., 1995). Embora vários modelos tenham sido propostos para prever o comportamento da secagem de grãos e sementes, na maioria das vezes, as relações semi-empíricas e empíricas têm-se mostrado como melhores opções para prever o processo de secagem, apesar de sua validade estar restrita às condições sob as quais os dados experimentais foram obtidos (Brooker et al., 1992).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo prever a secagem de casca de manga verde via radiação infravermelha por meio de modelagem matemática.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no

Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – Minas Gerais (MG).

Foram utilizadas amostras de 5 g de cascas de manga Ubá verde (estágio de maturação fisiológica verde – não maduro), pesadas em uma balança analítica. As amostras de casca foram então submetidas à ensaios de secagem em infravermelho em diferentes temperaturas, para assim, obter diferentes teores de água de equilíbrio higroscópico.

Secagem por infravermelho

A secagem foi realizada pelo Analisador de Umidade por Infravermelho IV2000, do fabricante Gehaka. O aparelho permite a configuração da temperatura de secagem. Foram escolhidas três temperaturas, fixadas em 50° C, 75 °C, 90° C. As respostas com relação à perda de água foram fornecidas pelo equipamento a cada minuto. Foram feitas três repetições para cada temperatura.

Teor de água

O teor de água total das amostras foi verificado pelo método da estufa a 105 °C ±3 °C durante 24 horas, (Brasil, 2009). Esse procedimento foi realizado em triplicata.

Razão de secagem

O cálculo para a razão de secagem ocorreu por meio da seguinte equação:

Onde,

RX = Razão de secagem

X_t = teor de água, b.s. no tempo "t"

X_e = teor de água no equilíbrio, b.s.

X_i = teor de água inicial, b.s.

Equações para modelagem matemática

As 12 equações utilizadas para a modelagem estão apresentadas na **Tabela 1**.

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para prever o fenômeno da secagem em produtos agrícolas

Modelos matemáticos	Equações
Aproximação da difusão	$RU = a \exp(-k t) + (1 - a) \exp(-k b t)$
Dois termos	$RU = a \exp(-K_0 t) + b \exp(-k_1 t)$
Exponencial de dois termos	$RU = a \exp(-k t) + (1 - a) \exp(-k a t)$
Henderson e Pabis Modificado	$RU = a \exp(-k t) + b \exp(-k_0 t) + c \exp(-k_1 t)$
Henderson e	$RU = a \exp(-k t)$

Pabis	$RU = a \exp(-k t) + c$
Logaritmo	$RU = \exp(-k t^n) + b t$
Midilli Modificado	$RU = a \exp(-k t^n) + b t$
Midilli	$RU = a \exp(-k t^n) + b t$
Newton	$RU = \exp(-k t)$
Page	$RU = \exp(-k t^n)$
Thompson	$RU = \exp[-(a(a^2 + 4b t)^{0.5}) / (2 b)]$
Wang e Sing	$RU = 1 + a t + b t^2$

RU - razão de umidade do produto, adimensional; t - tempo de secagem, h; k, k_0 , k_1 - constantes de secagem, h^{-1} , e a, b, c, n - coeficientes dos modelos.

Para o ajuste dos modelos matemáticos, foi realizada análise de regressão linear e não-linear, pelo método Gauss Newton, utilizando-se do "software" STATISTICA 14.0®. Foram analisados: magnitude do coeficiente de determinação (R^2), magnitude do erro médio relativo (P) e do erro médio estimado (SE) e a verificação do comportamento da distribuição dos resíduos.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - \hat{Y}_i|}{Y_i} \quad SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{GLR}}$$

em que:

= valor observado;

\hat{Y}_i = valor estimado;

n = número de dados observados; e

GLR = graus de liberdade do resíduo (número de dados observados menos o número de parâmetros do modelo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo método da estufa, foi verificado que o teor de água total médio das cascas de manga verde foi de 73,2% b.u. ou 274% b.s.

Ao final do processo de secagem, os teores de água de equilíbrio para a temperaturas de 50, 75 e 90 °C foram de 25; 21,7 e 11,8 % b.u., respectivamente.

Na **Tabela 2** estão apresentadas as estimativas dos parâmetros dos modelos ajustados aos dados de secagem das cascas de manga para diferentes condições de temperatura, e seus respectivos valores de coeficiente de determinação (R^2), erro médio estimado (SE), e erro médio relativo (P).

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros dos modelos de secagem das cascas de manga Ubá verde, e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro médio estimado (SE), erro médio relativo (P), para as temperaturas de 50, 75 e 90 °C

Modelagem da secagem de casca de manga verde						
Modelos matemáticos	50 °C			75 °C		
	R^2	P	SE	R^2	P	SE
Aproximação da difusão	1.00	12.95	0.01	0.99	10.64	0.00
Dois termos	0.99	19.27	0.03	1.00	10.69	0.00
Exponencial de dois termos	1.00	22.26	0.04	0.99	26.43	0.03

Henderson e Pabis	0.99	19.27	0.03	0.99	8.08	0.00
Henderson e Pabis Modificado	0.99	19.27	0.03	1.00	21.68	0.02
Logaritmo Midilli Modificado	1.00	2.15	0.01	1.00	43.96	0.01
Midilli	1.00	0.82	0.00	1.00	10.69	0.00
Newton	0.99	22.12	0.04	0.99	26.40	0.03
Page	1.00	12.62	0.01	1.00	10.22	0.00
Thompson	0.99	22.12	0.04	0.99	26.40	0.03
Wang e Sing	1.00	10.36	0.01	1.00	53.24	0.02
90 °C						
Aproximação da difusão	R ²	P	SE			
Dois termos Exponencial de dois termos	0.98	-4.60	0.05			
Henderson e Pabis Modificado	0.98	38.05	0.05			
Henderson e Pabis	1.00	28.27	0.02			
Logaritmo Midilli Modificado	1.00	28.27	0.02			
Midilli	1.00	34.03	0.01			
Newton	1.00	1.49	0.01			
Page	0.99	31.04	0.03			
Thompson	1.00	20.71	0.01			
Wang e Sing	0.99	31.04	0.03			
	1.00	12.18	0.03			

Como pode ser observado na **Tabela 3**, Midilli foi escolhido por apresentar melhores respostas estatísticas, ou seja, P e SE menores que 10 e R² o mais próximo possível de 1. Além disso, este modelo apresentou aleatoriedade com relação à dispersão de resíduos. Os coeficientes deste modelo estão apresentados na **Tabela 3** e as isotermas estão apresentadas na **Figura 1**.

Tabela 3. Parâmetros do modelo de Midilli para as condições de secagem apresentadas

Temperaturas (°C)	a	k	n	b
50	1.00	0.00	1.13	0.00
75	1.01	0.01	1.20	0.00
90	1.01	0.03	1.14	0.00

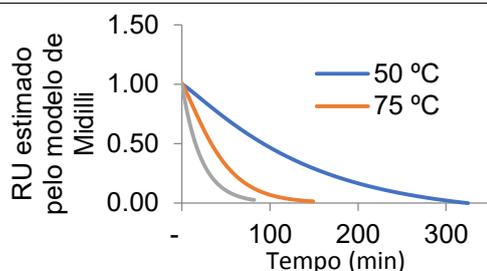


Figura 1. Valores de razão de umidade experimentais e estimados pelo modelo de Midilli para a secagem de cascas de manga Ubá verde

Na **Figura 1**, verifica-se que o processo de secagem ocorre predominantemente em período de secagem a taxa decrescente, provavelmente relacionado com a maior resistência a transferências de água no interior do produto, tornando a taxa de evaporação superficial superior à taxa de reposição de água na superfície do produto (Kashaninejad et al., 2007).

CONCLUSÕES

A secagem por infravermelho é uma técnica emergente, que tem sido utilizada em produtos que possuam componentes termossensíveis e/ou de maior valor agregado como a casca de manga e seu potencial antioxidante.

O modelo matemático de Midilli foi o que melhor se adequou aos dados experimentais.

Os resultados deste trabalho podem ser utilizados para favorecer o armazenamento seguro de cascas de manga além de servir como alicerce para futuras pesquisas de extração de componentes antioxidantes muito encontrados neste produto agrícola.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

- BERBERT, P.A.; QUEIROZ, D.M.; SILVA, J.S.; PINHEIRO FILHO, J.B. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v.60, n.3, p.167-73, 1995.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Drying and storage of grains and oilseeds. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p.
- CORRÊA, P. C. et al. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica L.*) durante o processo de secagem. *Revista Ceres*, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.
- DONADIO, L. C. Variedades brasileiras de manga. São Paulo. Fundação Editora da UNESP, p.74. 1996.
- NASCIMENTO, V. R. G.; BIAGI, J. D.; DE NETO, A. M. B. et al. Secagem infravermelho de caroços de açaí para a obtenção de biomassa. *Revista Blucher Chemical Engineering Proceeding*, v. 1, nº 2, p. 5451-5458, 2015. ISSN: 2359-17



MONITORAMENTO DOS DANOS E ABALOS NA SOQUEIRA DA CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DE RUN CHARTS

Wilson de Almeida Orlando Junior¹, Carla Segatto Strini Paixão², Murilo Aparecido Voltarelli³, Isabella de Andrade Rezende⁴

¹Engº Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola – UFV, Campus Viçosa - MG. E-mail: wilson.almeida@ufv.br; ²Engº Agrônoma, Professora, Universidade de Sorocaba, Sorocaba – SP; ³Engº Agrônomo, Professor, Departamento de Engenharia, Campus Lagoa do Sino, Buri-SP. Nutricionista, Professora, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa – Univiçosa – Viçosa - MG

RESUMO: A lavoura de cana-de-açúcar sofre com intenso tráfego de máquinas agrícolas que pisoteiam e prejudicam sua rebrota, diminuindo a qualidade do processo. Afim de maximizar a qualidade da operação de colheita, o uso de ferramentas de controle estatístico de processo (CEP) vem sendo utilizadas. Objetivou-se neste trabalho avaliar os danos e abalos às soqueiras por meio de run charts. A colheita da cana-de-açúcar foi realizada com velocidade média de 4,0 Km h⁻¹. As variáveis monitoradas foram os índices de danos e abalos às soqueiras de cana-de-açúcar. Constatou-se que o processo de colheita apresentou para ambos indicadores de qualidade apenas causas aleatórias.

Palavras-Chave: controle de processo, carregamento, mecanização, pisoteio.

INTRODUÇÃO

O avanço da mecanização no campo trouxe inúmeros benefícios, mas ainda assim, com todas as melhorias, é necessário sistematizar a operação buscando melhores resultados. O tráfego intenso de colhedoras de cana-de-açúcar no canavial pode ocasionar o pisoteio nas fileiras, colhidas previamente, resultando em perda de vigor, falhas e prejudicar o desenvolvimento da população das plantas na safra seguinte, em virtude da danificação e do abalo causado as soqueiras (BENEDINI & CONDE, 2008).

Ferramentas de controle estatístico de processo (CEP) vem sendo utilizadas para monitorar operações e garantir melhor qualidade. As ferramentas CEP permitem gerenciar e apontar causas indesejáveis, bem como criar um plano de ação eficiente para elevar a qualidades dos processos agrícolas

na cultura da cana de açúcar (VOLTARELLI et al. 2013).

As run chart, ferramentas de controle estatístico, demonstram uma série de execução que exhibe dados observados em uma sequência de tempo. São utilizados para encontrar fatores especiais que podem estar influenciando a variabilidade de um processo, o que permite detectar onde ocorre tal variabilidade e promover sua melhora.

Objetivou-se neste trabalho avaliar os danos e abalos a soqueira da cana-de-açúcar, em função dos sistemas de carregamento, por meio da utilização de run charts.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área agrícola de uma usina de cana-de-açúcar, em Frutal – MG. A variedade colhida foi a RB85-543. As máquinas utilizadas possuíam as seguintes características técnicas: rodados de esteiras com bitola de 1,88 m e largura da esteira de 0,46 m. O trabalho foi realizado no período diurno da operação de colheita de cana-de-açúcar, colhendo as fileiras de cana-de-açúcar espaçadas 1,50 m. As características das facas do mecanismo de corte basal que foram utilizadas são: faca lisa sem revestimento, 4 faces cortantes e 6 furos, com período de utilização de aproximadamente de 3 horas.

O delineamento estatístico, baseado nas premissas do controle estatístico de processo, é composto por três tratamentos: corte de base (após a passagem da colhedora), conjunto 1 (trator-transbordo) com bitola dianteira de 1,9 m assim como o trator que tracionava o transbordo; e conjunto 2 (caminhão-transbordo) com bitola de 2,9 m assim como o caminhão que tracionava o



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa

transbordo. Foram realizadas 20 repetições para cada tratamento. Para a análise do índice de danos e abalos às soqueiras foi utilizado a proposta de Toledo (2012) e, posteriormente, foi definido junto a equipe de gestores da unidade produtora, padrões e metas de qualidade a serem obtidas. Os índices de danos e de abalos causados às soqueiras foi analisado utilizando-se as run charts.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 verifica-se os valores padrões de aleatoriedade para todos os tratamentos para o índice de danos e abalos às soqueiras de cana-de-açúcar, podendo ser verificado os padrões de mistura, tendência e oscilação.

Tabela 1 - Valores padrões de probabilidade para os conjuntos trator-transbordo na colheita mecanizada de cana-de-açúcar.

Trat.	Ind. de qualidade	A	M	T	O
Corte de Base	Índice de danos	0,01*	0,98 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,71 ^{ns}
	Índice de abalos	0,82 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,71 ^{ns}
Conj. 1	Índice de danos	0,03*	0,96 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,86 ^{ns}
	Índice de abalos	0,17 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,50 ^{ns}
Conj. 2	Índice de danos	0,32 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,50 ^{ns}
	Índice de abalos	0,32 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,28 ^{ns}

**A – Agrupamento; M – Mistura; T – Tendência; O – Oscilação. *valores padrões de não aleatoriedade detectados pelo teste de probabilidade a $p < 0,05$; ^{ns} valores padrões de aleatoriedade detectados pelo teste de probabilidade a $p > 0,05$. Conj.: Conjunto; Ind.: indicador; Trat.: Tratamento.

Estes resultados indicam que o processo está potencialmente livre de causas especiais externas ao mesmo, não o influenciando ao longo do tempo, o que possibilita maior nível de qualidade para a operação de carregamento de cana-de-açúcar.

Por outro lado, o indicador de qualidade índice de danos para os tratamentos corte de base e conjunto trator-transbordo 1, apresentou valores padrões de não aleatoriedade, detectado pelo teste de probabilidade, para o padrão de agrupamento. Neste sentido, caso o agrupamento detectado possua um menor valor na classificação sem

danos (índice de danos), torna-se uma situação favorável à qualidade do corte basal, bem como para o pisoteio das soqueiras realizado pelo conjunto trator-transbordo 1. Ressalta-se ainda que, quando existem padrões não aleatórios, pode haver influências de causas externas, o que afeta a qualidade da operação. Estas influências externas devem ser investigadas e eliminadas para aumentar o nível de qualidade da colheita.

Paixão (2015) ao estudar padrões de aleatoriedade na colheita mecanizada de soja, descreve que a presença do padrão agrupamento ao longo da operação, ocorre com certa facilidade no decorrer do processo, uma vez que este padrão aplica-se em virtude das amostras se concentrarem em determinadas áreas específicas do gráfico, podendo demonstrar o comportamento do processo e indicar a presença das possíveis causas especiais que estão afetando a operação.

Toledo (2012) estudando a qualidade do corte basal em cana-de-açúcar avaliou modelos de facas (lisas e serrilhadas) e discos de corte basal com e sem inclinação. Em seu estudo ele constatou que a menor variabilidade para o índice de danos foi verificada para a faca serrilhada acoplada ao disco de corte normal. Entretanto este conjunto foi o que apresentou a menor porcentagem de soqueiras sem danos, situação diferente da encontrada no presente trabalho em que as facas utilizadas foram lisas e os discos sem inclinação.

CONCLUSÕES

O tratamento na qual foi avaliado o corte de base e o conjunto mecanizado 1 apresentou comportamento não aleatório para o indicador de qualidade índice de danos às soqueiras.

O indicador de qualidade índice de abalos às soqueiras, apresentou comportamento aleatório, o que retrata apenas a variação natural da operação de corte e carregamento de cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

A Capes e ao CNPq pela concessão de bolsas para realização deste trabalho.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

REFERÊNCIAS

BENEDINI, M. S.; CONDE, A. J. Espaçamento ideal de plantio para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **Coplana**, Guariba-SP. n. 52, p. 26-28, 2008.

PAIXÃO, C. S. S. **Tempos, movimentos e qualidade da operação de colheita mecanizada da soja em função do formato dos talhões**. 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de concentração em Ciência do Solo). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2015.

TOLEDO, A. **Qualidade do corte basal na colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. 2012. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Área de concentração em Ciência do Solo). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2012.

VOLTARELLI, M. A.; SILVA, R. P.; ROSALEN, D. L.; ZERBATO, C.; CASSIA, M. T. Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 9, p.1396-1406, 2013.

III SIMEAA



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

NECESSIDADE HÍDRICA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE FRUTAL-MG

Gabriel França Silva¹, Samuel Silveira de Oliveira², Santos Henrique Brant Dias³, Patrick Ágton de Oliveira⁴

¹ Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: gabriel.f.silva@ufv.br; ² Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: samuel.s.oliveira@ufv.br; ³ Doutorando em Agronomia. E-mail: santosdiasagro@gmail.com; ⁴ Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. E-mail: patrick.agton@ufv.br

RESUMO: A exigência de estudos com o objetivo de caracterizar o consumo e necessidade de água para um bom desenvolvimento das culturas tem grande importância e demanda, diante do fato do crescimento das técnicas de irrigação para aumento da produtividade. Este trabalho teve o objetivo de modelar o consumo de água para a cultura da cana-de-açúcar para a cidade de Frutal – MG no período de 2012/2013. O Resultado obtido com a realização do balanço hídrico para o período em questão evidenciou a importância da utilização de técnicas de irrigação eficientes e de acordo com a precipitação da região, evidenciando em questão a boa produtividade da cultura da cana-de-açúcar.

Palavras-Chave: agricultura, balanço hídrico, ET₀, irrigação.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da população, a agricultura tem se tornado cada vez mais importante e essencial, sendo bastante exigida para a produção qualitativa e quantitativa de alimentos.

O conforto exigido pela sociedade moderna e as consequências de suas atividades, podem nos levar a uma crise hídrica. Por isso, cada vez mais, a água deve ser usada de maneira racional e sem desperdício, em todos os setores. De acordo com a Food and Agriculture Organization (FAO) a agricultura é responsável por cerca de 70% de todo o consumo de água no mundo. Assim a irrigação planejada de maneira eficaz, contribui para o aumento da produtividade das culturas.

Diante do município estudado Frutal-MG, com população estimada em 57.795 habitantes (IBGE), vimos a sua alta produtividade agrícola na área da cana-de-açúcar, sendo o 2º principal produtor do triângulo mineiro (IBGE/LSPA).

O cálculo da evapotranspiração de referência (ET₀) é fundamental para a determinação de quanta água a lavoura perde para a atmosfera e, conseqüentemente, necessária para o balanço hídrico do solo, calculada por meio da equação de Penman – Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998), método estabelecido como padrão pela FAO, é a base para realização de técnicas de manejo de irrigação.

Utilizando também o coeficiente de cultura (K_c) juntamente com a frequência de molhamento, é possível realizar o cálculo para obter a lâmina necessária para que a demanda hídrica da planta seja atendida (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a distribuição das chuvas na cidade de Frutal-MG, simulando e comparando com a demanda hídrica da cultura da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O balanço hídrico para a cultura da cana-de-açúcar foi realizado para as condições climáticas do município de Frutal, Minas Gerais (20° 01' 30" S, 48° 56' 27" O), altitude de 516 metros, com uma base de dados até 2013.

Obtenção e tratamento dos dados

Os dados climáticos foram obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (BDMEP, 2017; INMET, 2017).

Para preenchimento de possíveis falhas de dados e cálculo da evapotranspiração utilizou-se o software CLIMA® do IAPAR (FARIA et al., 2002). Que utiliza os dados completos e históricos da estação para realizar o preenchimento de falhas com a média histórica do dia da falha presente.

Com os dados de ET_0 diária em mãos, definiu-se um K_c médio para a cana-de-açúcar de 1,10 conforme metodologia GESAI, definindo a Evapotranspiração de Cultura (ETc).

Após tal calculou-se o Saldo hídrico mensal comparando a ETc e a Precipitação. Além disso, calculou-se o Déficit Hídrico da cultura anulando os valores de Precipitação excessiva, considerando que não seria utilizada pela cultura.

Os dados foram plotados em tabelas e gráficos avaliando a precipitação, ETc, e Saldo Hídrico, exibindo seus valores totais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a tabela 1 que para o ano de 2013, classificado como ano de precipitação normal, a precipitação total da região foi de 1373,3 milímetros e uma evapotranspiração total de 1625,69 milímetros. A evapotranspiração de referência pouco variou entre os meses analisados devido ao clima da região, consequentemente a Evapotranspiração da cultura também variou muito pouco.

Tabela 1 – Precipitação, ETc e Saldo Hídrico acumulado mensal (mm) para o ano de 2012/2013.

Mês	Prec	Etc	SALDO
Jan	211,9	139,37	72,53
Fev	295,1	132,55	162,55
Mar	109	140,25	-31,25
Abr	70,3	126,17	-55,87
Mai	13,6	88,22	-74,62
Jun	103,5	83,49	20,01
Jul	1,8	105,93	-104,13
Ago	0	142,34	-142,34
Set	62,4	159,17	-96,77

Out	54,2	181,39	-127,19
Nov	183,6	162,69	20,91
Dez	267,9	164,12	103,78
Total	1373,3	1625,69	-252,39

Diante dos dados obtidos na tabela acima, vimos o alto valor negativo (déficit hídrico) do saldo para o ano de 2012/2013, e diante da análise é evidente a má distribuição das precipitações característica da região, que apresentam um período seco bem definido entre julho e outubro.

Percebemos também a alta concentração das precipitações durante o mês de fevereiro e dezembro.

Assim com esse valor negativo de saldo, nos indica que existe um grande déficit hídrico, evidenciando a importância do uso de técnicas de irrigação para obter um bom desenvolvimento e uma boa produtividade da cultura durante todo o ano.

O gráfico 1 mostra o comportamento da precipitação e da evapotranspiração média mensal da cultura.

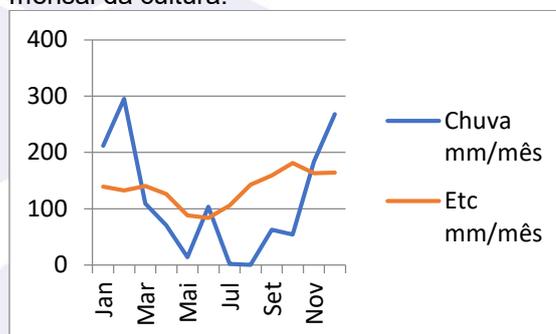


Gráfico 1 – Distribuição de Precipitação e ETc acumulada nos meses do ano (mm).

CONCLUSÕES

Portanto fazendo a análise dos dados e tendo o saldo como negativo para o ano de 2013, caso fosse um saldo maior que a necessidade da cultura, a água proveniente das chuvas não seria totalmente utilizada pela cultura, sendo perdida principalmente por percolação ou escoamento superficial.

Na região a distribuição hídrica não é muito satisfatória, devido alguns meses a precipitação serem aproximadamente nulas como Julho e Agosto, período q necessitaria de uma maior irrigação naquela área, de acordo com a necessidade da cultura. Isso iria interferir na produtividade da cana-de-açúcar e consequentemente teria uma menor qualidade para a atividade a qual ela seria usada.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

Outro manejo que seria viável é o aprofundamento do sistema radicular com a utilização do gesso e práticas agrícolas como a cobertura do solo com gramíneas de raízes profundas. Esta prática aumentaria a caixa de água no solo e permitiria o armazenamento maior, diminuindo a necessidade de irrigações para supri a demanda hídrica da cultura.

A concentração de chuvas acentuada em certos meses do ano indica a necessidade de uso de práticas de manejo visando à preservação do solo, e redução de processos como a erosão e lixiviação no perfil de solo. Com estas práticas ainda, temos uma melhor infiltração de água para abastecimento do lençol freático.

REFERÊNCIAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **MANUAL DE IRRIGAÇÃO**. VIÇOSA: ED. UFV, 2006.

Cidade Brasil – **Município de Frutal**. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-frutal.html>>. Acesso em 15 de setembro de 2018.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**.

Dados meteorológicos. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 16 setembro de 2018

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **AGROMETEOROLOGIA: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES PRÁTICAS** - GUAÍBA: AGROPECUÁRIA, 2002. 478 P.

SILVA, Thieres G.F. da et al. **Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. 2012, vol.16, n.1, pp.64-71. ISSN 1415-4366.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

PRODUÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO COM RESÍDUOS DE LATICÍNIO

Caio Luiz Lopes¹, Luan Brioschi Giovanelli², Aline Santana de Oliveira³,
Francelina Aparecida Duarte Rocha³, Dalila Campos de Medeiros Fernandes³

¹Discente de graduação em Engenharia Ambiental – Faculdade de Viçosa - FDV. E-mail: caioluiz2010@gmail.com;

²Professor do Curso de Engenharia Ambiental - FDV. E-mail: luanbg22@hotmail.com; ³Professoras do Curso de Engenharia Ambiental - FDV. E-mails: alinesanolive@yahoo.com.br, francelinarocha@yahoo.com.br, dalilacampos@gmail.com.

RESUMO:

Um dos maiores gargalos no funcionamento dos laticínios é a grande geração de resíduos. Tais resíduos podem ser sólidos, líquidos e ainda gasosos - como as emissões atmosféricas -, sujeitos a impactar negativamente o meio ambiente. Face ao exposto, surgem exigências legais a serem cumpridas – como tratamento adequado e disposição final – independentemente do tamanho e do potencial poluidor do empreendimento. A compostagem orgânica é uma forma viável e muito utilizada para tratar os resíduos de diversas atividades, a fim de aproveitar seu potencial nutricional para outros fins. Neste trabalho, objetivou-se aproveitar os resíduos de um laticínio; transformá-los, por meio da compostagem, em um composto orgânico; e analisar sua composição nutricional. Após 38 dias de compostagem, o composto foi triturado e peneirado para análise em laboratório, a qual indicou que o mesmo apresenta características que permitem classificá-lo - segundo a Instrução Normativa nº 25 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) -, como “Classe A”; e concentrações e/ou teores de determinados parâmetros que possibilitam utilizá-lo como fertilizante orgânico na agricultura.

Palavras-Chave: COMPOSTAGEM, DEGRADAÇÃO, DESTINAÇÃO FINAL

INTRODUÇÃO

Nas indústrias de laticínios, muitas vezes o efluente apresenta quantidades variadas de leite e sólidos flutuantes, podendo ser originadas por perdas durante o processo ou higienização. O potencial poluidor desse efluente também varia de acordo com a água utilizada, o controle sobre a descarga desses resíduos e o tipo dos processos envolvidos (Nirenberg & Ferreira, 2005).

A disposição desses resíduos é uma das maiores dificuldades enfrentadas pelos profissionais que trabalham com a área de saneamento ambiental e das administrações municipais, uma vez que possuem uma elevada capacidade de ocasionar impactos ao meio ambiente (Fagundes, 2009).

A compostagem é uma das técnicas muito difundidas no tratamento de resíduos orgânicos, haja vista que alia praticidade, baixo custo e resultados positivos (Kiehl, 2002; Inácio & Miller, 2009).

Monteiro et al. (2001) descrevem a compostagem como um processo natural de biodegradação controlada de materiais orgânicos de origem animal e vegetal pela ação de microrganismos, dependendo apenas de aeração, água, matéria orgânica e microrganismos para transformar resíduos orgânicos em adubo humificado, conhecido como húmus.

Dentre as possíveis aplicações, a compostagem aeróbia é o processo mais apropriado para o tratamento de materiais orgânicos, uma vez que a deterioração do resíduo é realizada por microrganismos que sobrevivem em temperaturas de até 70°C, é uma ação rápida e os odores emitidos não são agressivos (Inácio & Miller, 2009).

Segundo Schalch et al. (2002), o processo de compostagem aeróbia pode ocorrer em dois estágios: o primeiro é intitulado digestão, no qual o material conquista o estado de bioestabilização. Já o segundo estágio é o da maturação, sendo mais duradouro, chegando a humificação através da massa em fermentação, seguida da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, tais como nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, que passam da forma orgânica para a inorgânica, apresentando características de biofertilizante.

Diante desse cenário, objetivou-se neste trabalho aproveitar os resíduos de um laticínio; transformá-los, por meio da compostagem, em

um comportamento orgânico; e analisar sua composição nutricional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na sede de um laticínio localizado no município de Viçosa-MG. A leira de compostagem foi montada em uma estufa equipada com lona transparente, construída para acomodar provisoriamente e secar resíduos da ETE. A utilização da estufa auxiliou positivamente o experimento, haja vista que a estrutura permitiu o aumento da temperatura e protegeu a leira de eventuais precipitações.

Para a montagem da leira de compostagem, utilizaram-se os seguintes materiais como fonte de carbono: cascas de eucalipto provenientes das toras adquiridas para a caldeira do laticínio; e cinzas provenientes da queima da madeira na caldeira do laticínio. Como fonte de nitrogênio, utilizou-se o lodo flotado oriundo do sistema de tratamento de efluente do laticínio.

Na **figura 1**, são apresentados os resíduos utilizados no presente estudo.



Figura 1. A) Cascas de eucalipto; B) detalhe da caldeira do laticínio da qual retiraram-se as cinzas; C) detalhe do tanque de sedimentação do efluente líquido; D) coleta do lodo flotado.

A escolha do material deu-se pelo fato de que esses resíduos não são aproveitados pelo laticínio, sendo, portanto, resíduos inconvenientes na planta da empresa. Cabe ressaltar, ainda, que o laticínio em questão tem que contratar uma empresa para coletar o lodo flotado e destiná-lo corretamente em um aterro sanitário em outro município, encarecendo ainda mais o processo produtivo.

A proporção adotada neste trabalho entre o lodo e as cascas de madeira foi de 1:3, ou seja, a cada 80 litros de lodo flotado coletado foram adicionados 240 litros de cascas de lenha, medidos com auxílio de um balde com capacidade para 20 litros. Já as cinzas adicionadas à leira seguiram a proporção 1:0,25, ou seja, a cada 80 litros de lodo flotado foram adicionados 20 litros de cinzas, também

medidos com auxílio de um balde com capacidade para 20 litros.

O processo de compostagem durou 38 dias e a leira foi revirada, manualmente, duas vezes por semana. Ao fim do processo, o composto foi triturado e peneirado para posterior análise em laboratório especializado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do composto é apresentada no **quadro 1**.

Quadro 1. Análise do composto originado pela compostagem de resíduos de laticínio

pH	7,92	A.H e A.F (%)	3,24
COT (g.kg ⁻¹)	173	P (mg.kg ⁻¹)	3,48
N total (g.kg ⁻¹)	9,6	Na (mg.kg ⁻¹)	2,8
C/N	18,02	K (mg.kg ⁻¹)	3,10
MOT	298,25	Metais pesados	negativo

pH – potencial hidrogeniônico, COT – carbono orgânico total, N total – nitrogênio Total, C/N – relação carbono nitrogênio, MOT – matéria orgânica total, A.H e A.F – ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, P – fósforo, Na – sódio, e K – potássio.

Os resultados do composto produzido foram analisados à luz da Instrução Normativa SDA nº 25, de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que dispõe sobre fertilizantes orgânicos (MAPA, 2009). Segundo esse documento, o composto produzido é classificado como Classe A – “fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura”.

A Instrução Normativa nº 25 estabelece ainda o limite de alguns parâmetros, em relação ao composto orgânico misto: a) pH mínimo = 6,0; b) COT mínimo = 150 g kg⁻¹; c) N total mínimo = 0,5 g kg⁻¹; c) C/N máxima = 20; d) Teor máximo de N+P+K = 10%; e) ausência de metais pesados. Não são estabelecidos limites para a matéria orgânica total e para os ácidos húmicos e fúlvicos.

Verifica-se que, em relação aos limites estabelecidos pela Instrução Normativa nº 25, os valores obtidos por meio da análise do composto adequam-se perfeitamente.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

CONCLUSÕES

Com base nos valores utilizados como referência, o composto orgânico produzido no presente estudo está adequado para uso como fertilizante orgânico na agricultura.

REFERÊNCIAS

FAGUNDES, D. C. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em Tarumã e Teodoro Sampaio – sp.** Revista Sociedade e Natureza, v. 21, p.159-179, 2009.

INACIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

KIEHL, E. J. **Manual da Compostagem: maturação e qualidade do composto.** Piracicaba, 2004. 173p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA Nº 25.** Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Brasília, 23/07/2009. 18p.

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J. C. X.; ALMEIDA, T. P. F.; MANSUR, G. L. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

NIRENBERG, L.P.; FERREIRA, O.M. **Tratamento de águas residuárias de indústria de laticínios: eficiência e análise de modelos matemáticos do projeto da Nestlé.** Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2005. 18p.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A. L.; FERNANDES JUNIOR, J. L.; CASTRO, M. C. A. A. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. 93p.



PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DA DESSORÇÃO DE ÁGUA DE SEMENTES DE AZEVÉM

Juliana Soares Zeymer¹, Renata Cássia Campos², Marcos Eduardo Viana de Araujo³, Igor Lopes de Faria⁴, Paulo Cesar Corrêa⁵

¹Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: juliana.zeymer@ufv.br; ²Engenheira de Alimentos, Doutoranda em Engenharia Agrícola-UFV. e-mail: renata.eal@hotmail.com; ³Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola - UFV e-mail: marcos.rav@hotmail.com; ⁴Graduando em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: igor.faria@ufv.br; ⁵Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. e-mail: copace@ufv.br

RESUMO: O objetivo do presente foi avaliar as propriedades termodinâmicas de sementes de azevém (*Lolium multiflorum*) para diversas condições de temperatura e teores de água de equilíbrio. As propriedades termodinâmicas da dessorção de água das sementes foram determinadas utilizando-se o modelo Chung Pfof, em função do seu melhor ajuste aos dados experimentais. O calor isostérico integral de dessorção aumentou com a redução do teor de água, ocorrendo aumento da energia necessária para a remoção de água do produto. A entropia diferencial também aumentou com a redução do teor de água, implicando em maior demanda de mobilidade das moléculas de água. A teoria da compensação entalpia-entropia, ou teoria isocinética, foi satisfatoriamente aplicada ao fenômeno de sorção das sementes de azevém.

Palavras-Chave: equilíbrio higroscópico, calor isostérico integral, entropia diferencial, teoria da compensação entalpia-entropia.

transferência de calor e massa, que, normalmente, ocorre entre o ar aquecido e a massa de água presente nas sementes. Assim, torna-se fundamental o conhecimento das propriedades termodinâmicas no processo de secagem das sementes de azevém, a fim de obter uma secagem eficiente, do ponto de vista técnico e econômico (Resende et al., 2011).

Ao estudar as propriedades termodinâmicas de um produto, busca-se solucionar problemas relacionados às questões de estabilidade, otimização dos processos agroindustriais, além de ser fonte de informação a respeito das trocas de energia que ocorrem de um estado de equilíbrio para outro (Corrêa et al., 2017).

Diante da importância do conhecimento da interação da água com o produto, o presente trabalho teve como objetivo determinar e avaliar as propriedades termodinâmicas da sorção de água das sementes de azevém em função do teor de água de equilíbrio.

INTRODUÇÃO

Sementes de azevém (*Lolium multiflorum*) são altamente sensíveis às condições edafoclimáticas, portanto, necessitam de tecnologias pós-colheita adequadas para sua melhor conservação. Durante as operações pós-colheita das sementes, as alterações são progressivas e determinadas por fatores genéticos, bióticos e abióticos (clima, insetos e microrganismos), procedimentos de colheita, secagem, beneficiamento, manuseio e armazenamento (Oliveira et al., 2014). Dessa forma, o teor de água seguro da semente armazenada torna-se importante no estabelecimento da conservação da qualidade final do produto, minimizando os processos de respiração, proliferação de fungos e insetos.

A redução do teor de água dos grãos envolve processos simultâneos de

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Avaliação de Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (Centreinar), localizado na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Foram utilizadas sementes de azevém disponíveis no mercado local de Viçosa-MG com local. Para obtenção do teor de água de equilíbrio das sementes de azevém pelo processo de dessorção foi empregado o método estático-gravimétrico (Brasil, 2009), em diferentes condições de temperatura (10, 20, 30, 40 e 50 ± 1 °C) e umidade relativa do ar (entre 11 e 76% ± 2%), até que o produto atingisse o teor de água de equilíbrio com a condição do ar especificada.

Aos dados experimentais do teor de água de equilíbrio das sementes de azevém, foram ajustados seis modelos matemáticos (Henderson Modificado, Halsey Modificado, Oswin Modificado, Copace, Chung Pfof, Smith) comumente utilizados para prever a higroscopicidade de produtos agrícolas, sendo que o modelo de Chung Pfof foi o que exibiu os melhores ajustes estatísticos, apresentando valores de 5,67% e 0,66% de erro relativo médio e desvio padrão da estimativa, respectivamente.

As propriedades termodinâmicas entropia (ΔS), entalpia (ΔH) e relação entalpia-entropia foram obtidas segundo a metodologia descrita por Corrêa et al. (2012). As equações 1, 2, 3 e 4 apresentadas abaixo foram utilizadas para os cálculos dessas propriedades.

$$\ln a_w = \pm \left(\frac{\Delta H_{st}}{RT} - \frac{\Delta S}{R} \right) \quad (1)$$

$$\Delta H = \Delta H_{st} - \Delta H_{vap} \quad (2)$$

$$T_B = \hat{T}_B \pm t_{m-2, \alpha/2} \sqrt{V_{ar}}(T_B) \quad (3)$$

$$T_{hm} = \frac{n_t}{\sum_{i=1}^{n_t} \left(\frac{1}{T_i} \right)} \quad (4)$$

Em que: a_w - atividade de água (decimal); ΔH - calor isotérmico de sorção ou entalpia (kJ kg^{-1}); R - constante universal dos gases ($0,462 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$); ΔH_{vap} - calor latente de vaporização de água pura (kJ kg^{-1}); ΔH_{st} - calor isotérmico integral de sorção (kJ kg^{-1}); ΔS - entropia diferencial de sorção ($\text{kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$); T_B - temperatura isocinética (K); m - número de dados pares de entalpia e entropia; T_{hm} - temperatura harmônica média (K) e n_t - número de temperaturas utilizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores observados e estimados do calor isotérmico integral de dessorção em função do teor de água de equilíbrio das sementes de azevém estão apresentados na Figura 1.

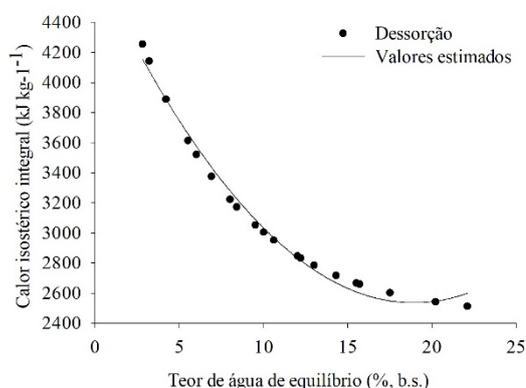


Figura 1. Valores observados e estimados do calor isotérmico integral de dessorção de sementes de azevém.

Verifica-se que, o calor isotérmico integral de dessorção aumentou exponencialmente com a redução do teor de água de equilíbrio (Figura 1). Tal fenômeno pode ser explicado pelas diferenças nas forças de ligação da água com a superfície adsorvente de um determinado produto. Em estágios iniciais de sorção, existem sítios polares de sorção com elevada energia de interação, que são cobertos com moléculas de água, formando uma camada monomolecular (Al-Muhtaseb et al., 2004). À medida que as moléculas de água vão se ligando quimicamente aos locais de sorção altamente ativos, a sorção passa a ocorrer em locais menos ativos (elevado teor de água), com menor energia de interação e conseqüentemente, menor calor isotérmico integral de sorção (Wang & Brenan, 1991).

A Figura 2 mostra os valores observados e estimados da entropia diferencial de dessorção, em $\text{kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, em função do teor de água de equilíbrio (% b.s.).

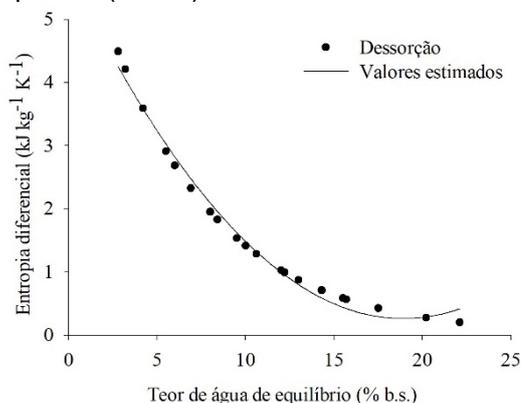


Figura 2. Valores observados e estimados da entropia diferencial de dessorção de sementes de azevém.

Na Figura 2, observa-se que a entropia diferencial teve uma variação semelhante ao calor isostérico de dessorção em relação à variação do teor de água de equilíbrio. De acordo com Al-Muhtaseb et al. (2004), a entropia diferencial de um alimento é proporcional ao número de sítios de sorção disponíveis em um determinado nível de energia e conforme ocorre a adsorção por parte do produto, os sítios ativos vão sendo ocupados pelas moléculas de água, sendo que as entropias associadas aos sítios que ainda estão livres tornam-se cada vez menores.

Na Figura 3 são apresentados os valores da entalpia diferencial em função dos valores da entropia diferencial de sorção, para os processos de dessorção e adsorção.

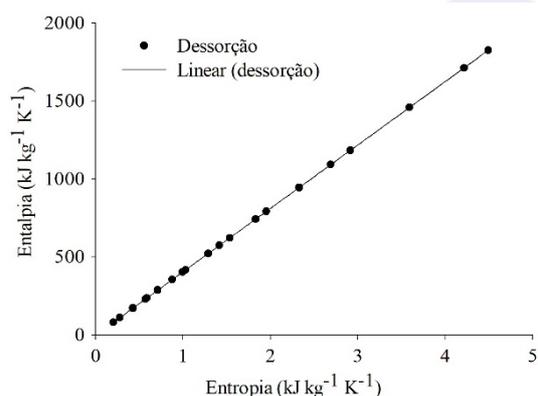


Figura 3. Relação entalpia-entropia para dessorção de água de sementes de azevém.

Observa-se, na Figura 3, que foi exibida relação linear para o processo de dessorção de água das sementes de azevém. Como existe um alto grau de linearidade entre os valores de entalpia diferencial (Δ_{hst}) e entropia diferencial (ΔS) de sorção, pode-se considerar válida a teoria da compensação entalpia-entropia ou teoria isocinética para o fenômeno de sorção da água em sementes de azevém, sendo o fenômeno controlado pela entalpia.

CONCLUSÕES

O modelo de Chung Pfost foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da dessorção de água das sementes de azevém.

Com a redução do teor de água de equilíbrio, ocorre aumento da energia necessária para retirar água do produto, representada pelos valores da entalpia diferencial de dessorção.

A entropia diferencial de dessorção

aumentou com a redução do teor de água de equilíbrio.

A teoria da compensação entalpia-entropia pode ser aplicada ao fenômeno de sorção das sementes de azevém, sendo o fenômeno controlado pela entalpia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro na forma de bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Water sorption isotherms of starch powders. Part 2: thermodynamic characteristics. **Journal of Food Engineering**, v. 62, p. 135-142, 2004.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; OLIVEIRA, A. P. L. R.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D. Thermodynamic properties of drying process and water absorption of rice grains. **CyTA – Journal of Food**, v.15, n.2, p.204-210, 2017.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; SANTOS, E. S. Thermodynamic properties of agricultural products processes. In **Physical Properties of Foods: Novel Measurement Techniques and Applications** (I. Arana, ed.), CRC Press, Boca Raton, FL. 2012, p.131-141.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; SOUZA, K. A.; SMANIOTTO, T. A. S. Propriedades termodinâmicas das sementes de pinhão-mansão. **Bioscience Journal**, v.30, n.1, p.147-157, 2014.

RESENDE, O.; ULLMANN, R.; SIQUEIRA, V.C.; CHAVES, T.H.; FERREIRA, L.U. Modelagem matemática e difusividade efetiva das sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.) durante a secagem. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.6, p.1123-1135, 2011.

WANG, N.; BRENNAN, J. G. Moisture sorption isotherm characteristics of potato at four temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 14, p. 269-287, 1991.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa

SECAGEM DE CASCA DE MANGA UBÁ VERDE EM INFRAVERMELHO

Renata Cássia Campos¹, Marcos Eduardo Viana de Araujo², Juliana Soares Zeymer³, Igor Lopes de Faria⁴, Paulo César Corrêa⁵

¹Engenheira de Alimentos. Doutoranda em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. Bolsista do CNPq. E-mail: camposrc16@gmail.com; ²Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: marcos.rav@hotmail.com;

³Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: juliana.zeymer@ufv.br; ⁴Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental - UFV. E-mail: igor.faria@ufv.br ⁵Engenheiro Agrônomo. Prof. Dr. do Curso de Engenharia Agrícola - UFV. E-mail: copace@ufv.br;

RESUMO: A manga verde possui quantidades expressivas de micronutrientes – vitaminas do complexo B, fósforo, cálcio, ferro e principalmente alto teor de vitamina A e vitamina C, sendo reconhecida como uma fruta de potenciais antioxidantes. Muitas dessas vitaminas são termossensíveis. Diversos são os fatores que influenciam na manutenção da qualidade de produtos agrícolas, dentre eles a secagem apresenta-se como um dos mais importantes. Com o intuito de aumentar a eficiência energética através de emissores compactos, de fácil manuseio e menor custo, novas fontes de calor têm sido empregadas na secagem, dentre elas, a radiação infravermelha. Diante do exposto objetivou-se nesse trabalho determinar as curvas de secagem de casca de manga ubá, verdes, em três diferentes temperaturas previamente fixadas. Foram utilizadas cascas de manga Ubá verde, *Mangifera indica* L. variedade Ubá, teor de água inicial de 73,2% b.u. (274% b.s.). Foram utilizadas amostras de 5 g. As temperaturas fixadas foram 50, 75, e 95 °C. Utilizou-se um analisador de umidade por infravermelho para coleta dos dados da secagem. A secagem ocorreu até o momento em que foram alcançados o equilíbrio higroscópico nas condições de secagem. Os resultados mostraram a influência da temperatura nos processos termodinâmicos, ou seja, quanto maior a temperatura, menores foram os tempos de secagem e menores foram os teores de água de equilíbrio. Favorecendo a assim a armazenagem e a preservação das características nutricionais do produto.

Palavras-Chave: *Mangifera indica* L. variedade Ubá; razão de secagem; equilíbrio higroscópico

INTRODUÇÃO

A manga variedade Ubá é bastante conhecida em algumas regiões do Brasil,

sobretudo no Estado de Minas Gerais. Essa variedade possui quantidades expressivas de micronutrientes – vitaminas do complexo B, fósforo, cálcio, ferro e principalmente alto teor de vitamina A e vitamina C, sendo reconhecida como uma fruta de potenciais antioxidantes. Muitas dessas vitaminas são termossensíveis. (Donadio, 1996).

Sistemas de secagem que incorporam novas tecnologias como fonte de calor, como a radiação infravermelha, mostram sua importância com inúmeras vantagens em relação às fontes tradicionalmente utilizadas. Segundo Nascimento et al. (2015) o aumento da eficiência energética do processo de secagem, a possibilidade de aplicação de altas taxas de transferência de calor em emissores compactos e a redução no custo referente à essa etapa são algumas das vantagens que podem ser citadas. Neto et al. (2014) ainda acrescenta a versatilidade do equipamento, menor tempo requerido para secagem e simples regulagem e manuseio como vantagens complementares.

A disponibilidade de água em materiais biológicos, tais como grãos e frutas, é melhor indicada pela atividade de água (Aw) ou pela umidade de equilíbrio com a temperatura e umidade relativa do ar ambiente. A atividade de água e a umidade relativa, quando atingido o equilíbrio dinâmico, são numericamente iguais (Brooker et al., 1992) e sua diminuição com a desidratação do produto contribui para a conservação e uso prolongado do material, uma vez que a retirada de água reduz a sua atividade nos produtos biológicos, retardando o crescimento de microrganismos e impedindo a efetivação de reações bioquímicas que aceleram o processo degenerativo evitando, conseqüentemente, a rápida perda de qualidade do produto.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo averiguar o processo de

secagem de casca de manga ubá, no estágio de maturação verde, utilizando a metodologia de infravermelho.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa – Minas Gerais (MG).

Foram utilizadas amostras de 5 g de cascas de manga Ubá verde (estágio de maturação fisiológica verde – não maduro), pesadas em uma balança analítica. As amostras de casca foram então submetidas à ensaios de secagem em infravermelho em diferentes temperaturas, para assim, obter diferentes teores de água de equilíbrio higroscópico.

Configuração da Temperatura de Secagem

A secagem foi realizada pelo Analisador de Umidade por Infravermelho IV2000, do fabricante Gehaka. O aparelho permite a configuração da temperatura de secagem. Foram escolhidas três temperaturas, fixadas em 50, 75, 90 °C. As respostas com relação à perda de água foram fornecidas pelo equipamento a cada minuto. Foram feitas três repetições para cada temperatura.

Teor de água

O teor de água total das amostras foi verificado pelo método da estufa a 105 °C ±3 °C durante 24 horas, (Brasil, 2009). Esse procedimento foi realizado em triplicata.

Cálculo da porcentagem de água retirada

O cálculo de porcentagem de água retirada pelo infravermelho foi obtido pela Equação 1:

$$\text{---} \quad (\text{Equação 1})$$

onde,

P_{H_2O} = porcentagem de água retirada;

P_i = peso inicial da amostra;

P_f = peso final da amostra

Razão de secagem

O cálculo para a razão de secagem ocorreu por meio da Equação 2:

$$\text{---} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde,

RU = Razão de secagem

X_t = teor de água, b.s. no tempo "t"

X_e = teor de água no equilíbrio, b.s.

X_i = teor de água inicial, b.s.

Análise estatística

Os valores médios de água retirada pelo infravermelho para cada teor de umidade e temperatura foram correlacionados com os valores obtidos pelo método da estufa. Para tanto foi realizada análise de regressão utilizando o programa Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo método da estufa, foi verificado que o teor de água total médio das cascas de manga verde foi de 73,2% b.u. ou 274% b.s.

Ao final do processo de secagem, os teores de água de equilíbrio para a temperaturas de 50, 75 e 90 °C foram de 25; 21,7 e 11,8 % b.u., respectivamente. O processo de secagem está representado na **Figura 1** a seguir.

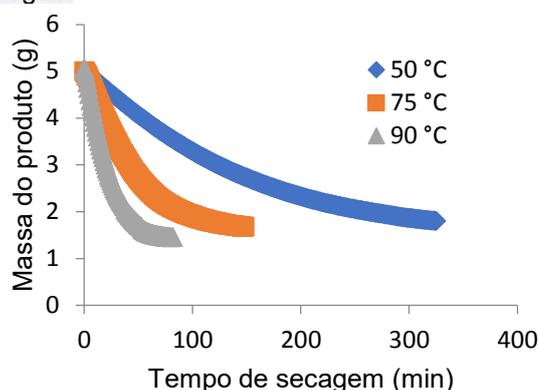


Figura 1. Perda de massa durante a secagem de casca de manga Ubá verde em infravermelho

A **Figura 2** a seguir apresenta dados referentes à retirada de água das cascas durante a secagem nas diferentes configurações de temperatura. Para a temperatura de 50 °C, utilizou-se o tempo de 325 minutos e retirou-se 64% de água; para 75 °C, o resultado foi de 148 minutos e 66,5%; e para 90 °C, foi de 82 minutos e 71,4%.

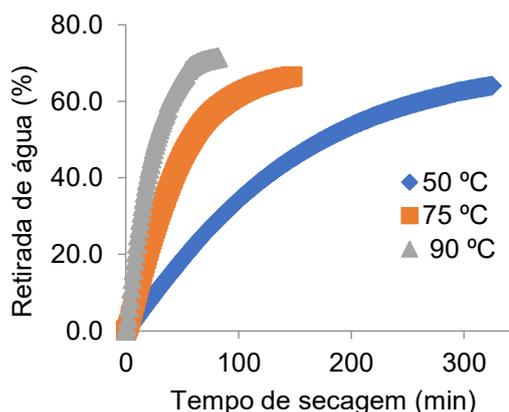


Figura 2. Retirada de água das cascas de manga verde durante a secagem em infravermelho

Como pode ser observado na Figura 2, a temperatura exerce grande influência no tempo de secagem e no teor de água final de equilíbrio. Ou seja, quanto maior a temperatura, menor o tempo de secagem e menor o teor de água de equilíbrio.

A Razão de secagem (RU) está apresentada na **Figura 3**.

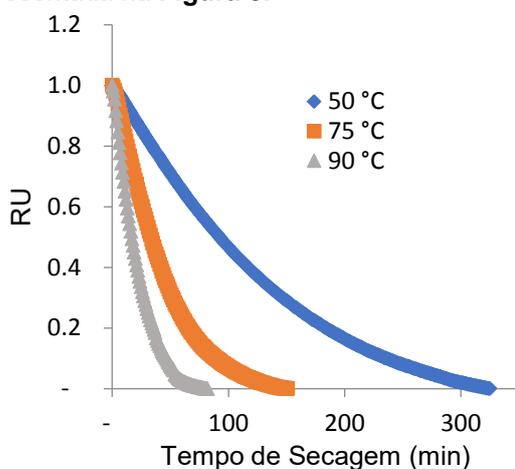


Figura 3. Razão de secagem das cascas de manga verde em infravermelho

A configuração dos gráficos da razão de secagem está em concordância com os demais resultados apresentados neste trabalho. Observa-se, na **Figura 4**, a influência da temperatura do ar na cinética do processo. Como previsto, o tempo de secagem decresce com o aumento da temperatura do ar; para se alcançar o teor de água de equilíbrio. Estes resultados estão de acordo estudos realizados anteriormente para a secagem de diversos produtos alimentícios (Madamba et al., 1996; Davidson et al., 2004; Mohapatra & Rao, 2005)

CONCLUSÕES

A secagem por infravermelho é uma técnica emergente, que tem sido utilizada em produtos que possuam componentes termossensíveis e/ou de maior valor agregado como a casca de manga e seu potencial antioxidante.

A medida que se aumenta a temperatura de secagem, reduz-se o tempo de processamento e o teor de água de equilíbrio.

Os resultados deste trabalho podem ser

utilizados para favorecer o armazenamento seguro de cascas de manga além de servir como alicerce para futuras pesquisas de extração de componentes antioxidantes muito encontrados neste produto agrícola.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. Cap.7, p.307-323. Disponível em: <<http://www.bs.cca.ufsc.br/publicacoes/regas%20analise%20sementes.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2018.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W. e HALL, C.W. *Drying Cereal Grains*. Connecticut. The Avi Publishing Company. 1974, 265 p.

DAVIDSON, V. J.; LI, X.; BROWN, R. B. Forced-air drying of ginseng root: 1. Effects of air temperature on quality. *Journal of Food Engineering*, Davis, v.63, n.4, p.361-367, 2004.
DONADIO, L. C. *Varietades brasileiras de manga*. São Paulo. Fundação Editora da UNESP, p.74. 1996.

MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. Thin layer characteristics of garlic slices. *Journal of Food Engineering*, Davis, v. 29, n. 1, p. 75-97, 1996.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. *Journal of Food Engineering*, Davis, v.66, n.4, p.513-518, 2005

NASCIMENTO, V. R. G.; BIAGI, J. D.; DE OLIVEIRA, R. A. Modelagem matemática da secagem convectiva com radiação infravermelha de grãos de *Moringa oleifera*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande – PB, v. 19, nº. 7, p. 686-692, 2015. ISSN: 1807-1929

NETO, A. M. B. et al. Secagem infravermelho de caroços de açaí para a obtenção de biomassa. *Revista Blucher Chemical Engineering Proceeding*, v. 1, nº 2, p. 5451-5458, 2015. ISSN: 2359-1757



TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM PROTÓTIPOS DE GALPÕES AVÍCOLAS

Natalia Alzate¹, Fernanda Sousa², Karen Macedo³, Karen Pereira⁴, Alex Silva⁵

¹Discente de graduação em Engenharia Agrônômica – Universidad de Caldas. Mobilidade Acadêmica: Prática Institucional. E-mail: natalia.alzate@ufv.br; ²Professora do Departamento de Engenharia Agrícola – UFV. E-mail: fernanda.sousa@ufv.br;

³Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.macedo@ufv.br; ⁴Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.pereira@ufv.br; ⁵Professor Instituto de Zootecnia – UFRRJ. E-mail: alexlopes@zootecnista.com.br

RESUMO: As instalações influenciam significativamente as condições térmicas das instalações de produção animal, podendo proporcionar um ambiente com temperatura e umidade relativa do ar totalmente diferente do ambiente externo. Objetivou-se com o presente trabalho comparar a condições térmica de temperatura e umidade relativa do ar interna e externa de protótipos de galpões para produção de frangos de corte. O experimento foi realizado em protótipos de galpões avícolas na área experimental do AMBIAGRO – Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais, no Departamento de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, Brasil. Localizada a uma altitude 648 m, com temperatura média anual em torno de 20 °C e umidade relativa do ar média de 80,3%. A coleta de dados foi realizada durante 1 dia, a cada três horas das 6:00 às 18:00 horas. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados com medidores de temperatura e umidades tipo data logger, com a finalidade de observar o comportamento dessas variáveis durante o dia no ambiente interno e externo da instalação. A partir dos resultados encontrados foi observado que a condição térmica e aérea em termos de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos protótipos foi diferente da condição externa e que nem sempre estiveram apropriadas para o desenvolvimento de frangos de corte.

Palavras-Chave: ambiência, aviários, conforto térmico, datalogger, termômetro

INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se entre os maiores produtores e exportadores de carne de frango por isso é de grande importância qualquer melhoria nos sistemas de produção e nas

condições ambientais das instalações que visem promover bem-estar e conforto térmico aos animais para assim melhorar a produtividade do setor (FAO, 2009).

Por ocupar posições de destaque no cenário mundial tanto em produção quanto em exportação de carne de frango o Brasil possui grande experiência nesse setor. Contudo ainda existem problemas relacionados as estruturas das instalações avícolas que garantam uma alta produção aliada a melhor qualidade dos produtos com baixos custos de produção.

Apesar dos frangos serem animais homeotérmicos eles são pouco tolerantes à mudanças bruscas de temperatura, principalmente na fase inicial de criação quando ainda não possuem seu sistema termorregulatório bem desenvolvido (Miller, 1996). Por isso, o manejo inadequado das condições térmicas e aéreas das instalações pode prejudicar o desenvolvimento dos mesmos afetando à produção e gerar perdas econômicas importantes na atividade.

O bom desempenho do animal está diretamente ligado às condições ótimas do ambiente como a temperatura e a umidade relativa do ar. Na fase inicial de criação os frangos necessitam de temperatura do ar próxima a 42°C e umidade relativa do ar cerca de 70% (López, 2012).

O conhecimento dos valores de temperatura e umidade relativa do ar é importante para que medidas mitigadoras possam ser tomadas com intuito de promover um ambiente com condições térmicas e aéreas adequadas para o animal em cada fase de desenvolvimento. As instalações interferem diretamente na ambiência animal e nas condições térmicas no interior das instalações, bem como o tipo de cobertura que é utilizado nos aviários.

Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o ambiente térmico interno e externo de protótipos de galpões avícolas a partir da temperatura e da umidade relativa do ar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em protótipos de galpões avícolas localizados na área experimental do AMBIAGRO – Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais, na Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais (Figura 1). A cobertura dos telhados é composta por telhas onduladas de fibrocimento.



Figura 1. Vista dos protótipos utilizados no experimento.

Os protótipos possuem as seguintes dimensões: 3 m de comprimento; 2,5 m de largura e 1,0 m e 1,5 metros de altura do telhado, sendo respectivamente na letaral mais baixa e no ponto central mais alto.

Foram utilizados dataloggers tipo Hobo da marca Onset, modelo U14 de temperatura e umidade, posicionados no interior das instalações na parte central em altura média e em abrigo instalado na área externa aos protótipos, para avaliar a condição externa.

As coletas de dados foram realizadas no primeiro dia do mês de setembro de 2018 às 6, 9, 12, 15 e 18 horas. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram avaliados com o intuito de analisar as possíveis variações ao longo do dia e também analisar se as instalações são apropriadas para fornecer um ambiente com condições ambientais térmicas e aéreas para a produção de frangos de corte.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. A fim de testar a equivalência entre os valores obtidos, os dados foram submetidos a análise pelo procedimento UNIVARIATE do SAS e testados através do teste “t de Student” para a hipótese de nulidade ($h_0=0$), considerando-se diferença estatística quando $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de temperatura do ar no interior dos protótipos variou entre cerca de 19 e 67°C enquanto os valores de temperatura do ar externo variou entre cerca de 10 e 30°C (Tabela 1), sendo os menores valores observados às 6:00 horas e os maiores valores às 15:00 horas.

Tabela 1. Temperatura do ar no interior e no exterior dos protótipos nos diferentes horários

Horário	Interno	Externo	p-valor
6:00	19,53 a	10,76 a	< 0,01
9:00	41,13 a	21,89 a	< 0,01
12:00	56,70 a	26,87 a	< 0,01
15:00	60,33 a	29,92 a	< 0,01
18:00	39,81 a	22,30 a	< 0,01

Médias seguidas por letras iguais nas linhas indicam que não houve diferença estatística significativa ($P > 0,05$) entre as médias.

Apesar dos valores de temperatura no interior dos protótipos terem sido consideravelmente maiores em relação ao ambiente externo em todos os horários analisados, não foram observadas diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$) entre o ambiente interno e externo nos horários observados. Pode-se dizer que ambos variaram na mesma proporção.

Contudo a diferença entre os valores torna-se mais evidente nos horários onde ocorrem as maiores temperaturas (Figura 2).

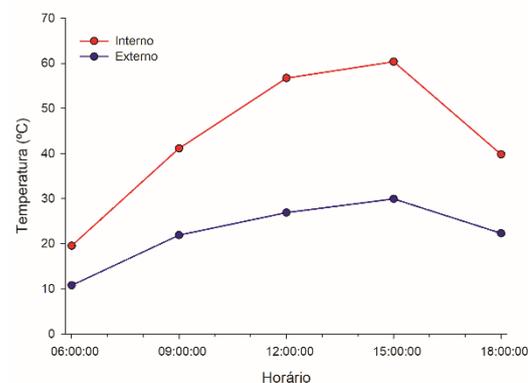


Figura 2. Comportamento da temperatura do ar no interior e no exterior dos protótipos em diferentes horários.



Simpósio e Semana Acadêmica de Engenharia Agrícola e Ambiental Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa

Pela Figura 2 pode-se observar o comportamento dentro e fora dos protótipos descrito como uma parábola e que ambos se comportam da mesma forma.

Com o aumento da temperatura externa ao longo do dia a temperatura no interior da instalação aumenta, devido a maior concentração de calor provocado pela incidência da radiação solar, aumentando consequentemente a diferença de temperatura entre o interior e o exterior. A maior diferença entre a temperatura interna e externa foi às 15:00 horas, chegando a 30°C no momento de maior temperatura tanto interna quanto externa.

A umidade relativa do ar variou entre cerca de 35 e 97% tanto no interior como exterior dos protótipos. Contudo só foi observada diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre o ambiente interno e externo às 18:00 horas (Tabela2).

Tabela 2. Umidade relativa do ar no interior e no exterior dos protótipos

Horário	Interno	Externo	p-valor
6:00	96,16 a	98,30 a	0,170
9:00	66,33 a	63,20 a	0,148
12:00	47,00 a	46,10 a	0,359
15:00	35,66 a	34,30 a	0,177
18:00	68,16 a	63,70 b	0,001

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas indicam que houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre as médias.

O comportamento dos valores de umidade relativa do ar no ambiente interno e externo aos protótipos é apresentado na Figura 3.

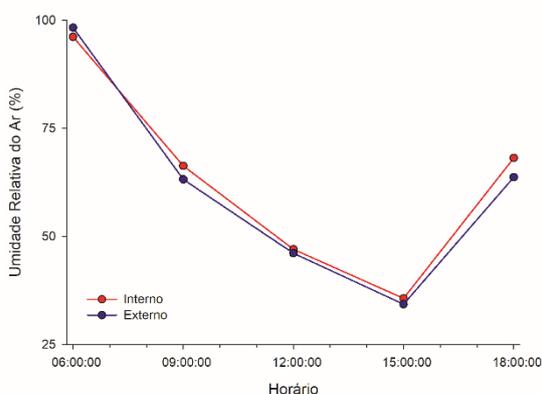


Figura 3. Comportamento da umidade relativa do ar no interior e no exterior dos protótipos em diferentes horários.

Pode-se observar pela Figura 3 que o comportamento dos valores de umidade relativa do ar é o mesmo dos valores de temperatura porém invertidos (Figura 2), evidenciando que temperatura e umidade relativa são inversamente proporcionais.

CONCLUSÕES

A condição térmica e aérea em termos de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos protótipos foi diferente da condição externa e nem sempre as condições internas estiveram apropriadas para o desenvolvimento de frangos de corte, devido aos extremos tanto de temperatura como umidade relativa do ar.

AGRADECIMENTOS

Capes, Fapemig, CNPq e Funarbe.

REFERÊNCIAS

- FAO. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. **La ganadería, a examen**. Roma. 2009.
- MILLER, G. The first two weeks: a critical time. **Quarterly Publication of Cobb-Vantress**, v. 4, n.2, p.1-4, 1996.
- LÓPEZ E. **Efectos del estrés calorico en el piedemonte amazónico colombiano sobre algunos parametros fisiologicos y zootecnicos en dos estirpes de pollo de engorde**. Dissertação (Mestrado em Estudos Amazônicos) Universidad Nacional de Colômbia, Leticia, Colombia, 92p. 2012.



TEMPERATURA SUPERFICIAL DE COBERTURA DE PROTÓTIPOS DE AVIÁRIOS AFERIDAS COM DIFERENTES TERMÔMETROS DIGITAIS INFRAVERMELHOS

Karen Macêdo¹, Fernanda Sousa², Karen Silva³, Natália Alzate⁴, Alex Silva⁵

¹Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.macedo@ufv.br; ²Professora do Departamento de Engenharia Agrícola – UFV. E-mail: fernanda.sousa@ufv.br;

³Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.pereira@ufv.br; ⁴Discente de graduação em Engenharia Agrônômica – Universidad de Caldas. Mobilidade Acadêmica: Prática Institucional. E-mail: natalia.alzate@ufv.br; ⁵Professor Instituto de Zootecnia – UFRRJ. E-mail: alexlopes@zootecnista.com.br

RESUMO: Devido a importância da cobertura nas instalações de produção animal como forma de proporcionar um ambiente com condições térmicas adequadas aos animais alojados e também a utilização de equipamentos eficientes para análise das características térmicas dos materiais utilizados na cobertura objetivou-se com esse trabalho medir e comparar a temperatura da cobertura de telhas de fibrocimento em protótipos de galpões avícolas. O experimento foi realizado em protótipos de galpões avícolas na área experimental do AMBIAGRO – Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais, na Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais. Os dados de temperatura foram coletados ao longo do dia, por um período de 12 horas, das 6hrs às 18hrs, a partir de dois diferentes tipos de termômetros digitais infravermelhos. Foram observados maiores valores de temperatura superficial da cobertura nos dados coletados com o termômetro infravermelho 1, em relação ao termômetro infravermelho 2, que apresentou menores valores de temperatura superficial.

Palavras-Chave: ambiência animal, análise termográfica, conforto térmico, telhados

INTRODUÇÃO

No Brasil, país de clima tropical com elevadas temperaturas no verão e radiação solar intensa, deve-se estar atento com a escolha do material utilizado na cobertura de galpões destinados a produção de animais (Abreu et al., 2001).

O cuidado com a temperatura dos telhados de galpões, é imprescindível para busca do bem-estar animal, uma vez que o calor é um tipo de energia que pode ser transferido de um

corpo para o outro quando há diferença de temperatura entre eles, neste caso, por radiação térmica, também conhecida como irradiação. Todos os corpos emitem radiações térmicas que são proporcionais à sua temperatura, quanto maior a temperatura, maior a quantidade de calor que o objeto irradia.

Assim, o telhado das instalações tem sido o elemento mais relevante a ser considerado no momento da elaboração de um projeto de galpão, preocupando-se na promoção do conforto térmico dos animais, principalmente em regiões de clima quente.

Uma cobertura exposta ao sol atua como coletor de energia solar por isso a utilização de materiais com capacidade de refletir a radiação solar proporciona ganhos econômicos por permitir a redução da absorção de calor pelo telhado (Wray & Akbari, 2008).

O material ideal a ser utilizado como telha nas coberturas principalmente em instalações de produção animal, deve possuir elevada refletividade solar e emissividade térmica na face externa e o contrário na face interna (Abreu et al., 2011).

Contudo, o telhado mais utilizado para as instalações de produção animal têm sido coberturas de fibrocimento, por apresentar baixo custo e agilidade na hora da instalação mas não possui propriedades térmicas adequadas a esses sistemas de produção.

Por isso torna-se importante analisar a temperatura destas superfícies. E para isso são cada vez mais utilizados termômetros digitais infravermelhos. Estes dispositivos permitem, efetuar medições sem contato, simplesmente apontando o medidor e pressionando o botão, para obtenção da temperatura da área escolhida. A tecnologia infravermelha como técnica de ensaios tem evoluído nas últimas

décadas devido a suas características não destrutiva e não invasiva do campo de temperatura das superfícies, através da temperatura gerada pela radiação térmica, emitida pela superfície de todos os tipos de materiais (Pedra, 2011).

Diante disso, objetiva-se com esse trabalho analisar comparativamente os valores de temperatura superficial da cobertura de protótipos de galpões avícolas a partir de dois diferentes tipos de termômetros digitais infravermelhos

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em protótipos de galpões avícolas localizados na área experimental do AMBIAGRO – Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais, na Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais (Figura 1). A cobertura dos telhados é composta por telhas onduladas de fibrocimento. Os protótipos possuem as seguintes dimensões: 3 m de comprimento; 2,5 m de largura e 1,0 m e 1,5 metros de altura do telhado, sendo respectivamente na letaral mais baixa e no ponto central mais alto.



Figura 1. Vista da área experimental do Ambiagro e dos protótipos utilizados no experimento.

Os dados de temperatura foram aferidos e tomados em vários pontos distribuídos ao longo da superfície externa da telha por um período de 12 horas, das 6hrs às 18hrs.

Os dois diferentes tipos de termômetros digitais infravermelhos utilizados para tomada de dados da temperatura superficial externa da cobertura foram: Termômetro Digital Infravermelho Instrutherm (Sensor 1) e Termômetro Digital Infravermelho Mira Laser - 50° a 380°C (Sensor 2) conforme apresentados na Figura 2.



Figura 2. Termômetros digitais infravermelho utilizados, sendo A (sensor 1) e B (sensor 2).

De acordo com os dados do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, no dia de realização da coleta dos dados, a temperatura máxima foi 19,46°C e a temperatura mínima 17,69°C, não sendo observada precipitação nesse dia.

Delineamento e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições para cada um dos sensores testados.

Os dados foram submetidos a análise de variância através do procedimento MIXED do SAS. Os diferentes horários foram incluídos no modelo estatístico como medidas repetidas no tempo. Foram analisados os efeitos fixos do tipo de termômetro, horário, bem como a interação entre estes efeitos fixos. A escolha da matriz de covariância foi realizada com base no critério corrigido de Akaike (AICC), sendo escolhida a matriz de simetria composta heterogênea (CSH).

As médias foram contrastadas através do teste “t de Student” e diferenças estatísticas foram declaradas quando $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores máximos de temperatura da cobertura foram observados às 12:00 horas para o sensor 1, chegando a quase 63°C e às 15:00 horas para o sensor 2, chegando a quase 50°C. Os valores mínimos de temperatura superficial do telhado foram observados às 6:00 horas para ambos os sensores, sendo 10,13°C para o sensor 1 e 8,88°C para o sensor 2.

As médias dos valores de temperatura superficial da cobertura dos protótipos obtidas com os diferentes termômetros variou ao longo dia e não foram observadas diferenças estatísticas entre os sensores somente às 6:00 e 9:00 horas (Tabela1).

Tabela 1. Temperatura superficial média do telhado dos protótipos mensurada com os dois diferentes sensores nos diferentes horários

Horário	Sensor 1	Sensor 2	p-valor
6:00	10,13 ^a	8,88 ^a	0,374
9:00	37,53 ^a	30,03 ^a	0,267
12:00	62,86 ^a	49,33 ^b	< 0,001
15:00	55,70 ^a	49,74 ^b	< 0,001
18:00	23,73 ^a	20,60 ^b	< 0,001

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas indicam que houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre as médias.

Os valores de temperatura obtidos com o sensor 1 foram numericamente superiores aos valores de temperatura obtidos com o sensor 2 em todos os horários observados, mesmo nos horários em que não houveram diferenças estatísticas, às 6:00 e as 9:00 horas.

Os valores de temperatura superficial da cobertura dos protótipos variou ao longo das horas do dia conforme o comportamento da radiação solar, sendo os maiores valores observados às 12:00 e os menores nos momentos quando não havia radiação solar direta incidindo sobre o telhado, às 6:00 e às 18:00 (Figura 3).

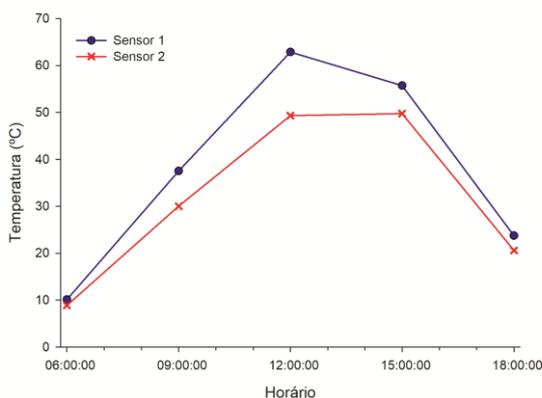


Figura 3. Comportamento da temperatura superficial do telhado, mensurada com os diferentes sensores em diferentes horários.

Observa-se ainda que nos momentos em que não havia radiação solar os valores médios das temperaturas obtidas pelos dois sensores ficaram muito próximas, indicando assim uma possível interferência da radiação solar na eficiência de aferição da temperatura por ambos os sensores. Por outro lado os valores obtidos foram mais discrepantes nos momentos

de maiores temperaturas devido a maior intensidade de radiação solar entre as 9:00 e as 15:00 horas.

A variação nos valores de temperatura do telhado também poderia ser explicada pela presença de ondulações na telha, por provocarem faixas com sombra que resultam em diferentes faixas de absorção de luz e calor. Apesar de Abreu et al. (2011) afirmarem que a temperatura superficial das telhas não é alterada pela forma ondulada ou plana.

CONCLUSÕES

Os sensores apresentaram diferentes medições de temperatura superficial da cobertura, sendo que os valores obtidos pelo sensor 1 foram superiores aos valores obtidos pelo sensor 2 em todos os horários analisados.

A incidência de radiação solar interfere nas aferições dos dois sensores, sendo quanto maior, maior é a diferença entre as medições entre os sensores.

AGRADECIMENTOS

Capes, Fapemig, CNPq e Funarbe.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. G.; ABREU, V. M.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. S.; CONCEIÇÃO, V.; TOMAZELLI, I. Análise termográfica da temperatura superficial de telhas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, no.11, 2011.

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; DALLA COSTA, O. A. Avaliação de coberturas de cabanas de maternidade em sistema intensivo de suínos criados ao ar livre (SISCAL), no verão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, p.1728-1734. 2001.

PEDRA, S.A. **Potencialidades da termografia infravermelha aplicada ao design do conforto térmico de alvenaria estrutural.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade do Estado de Minas Gerais. 2011. 100f.

WRAY, C.; AKBARI, H. The effects of roof reflectance on air temperatures surrounding a rooftop condensing unit. *Energy and Buildings*, v.40, p.11-28, 2008.



USO DA FERRAMENTA CFD PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE DUAS CONFIGURAÇÕES DE PLACAS SOLARES

Eloiny Guimarães Barbosa¹, Marcos Eduardo Viana de Araujo², Márcio Arêdes Martins³ Javier Hernán Falconí Heredia⁴ Elisa Guimarães Barbosa⁵

¹Engenheira Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: eloinyguimaraes@outlook.com; ²Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola – UFV. e-mail: marcos.rav@hotmail.com; ³Professor do Curso de Agronomia - UFV. E-mail: fulanodetal@ufv.br; ⁴Engenheiro em biotecnologia, Mestrando em Engenharia Agrícola- UFV. E-mail: javier.falconi@gmail.com; ⁵Química, Mestranda em Ciências Moleculares - UEG. E-mail: elisaans@gmail.com;

RESUMO: O coletor solar de placa plana é uma das principais tecnologias que utilizam a energia solar, e vários estudos vem sendo realizados a fim de melhorar sua eficiência. Este estudo teve como objetivo utilizar a ferramenta CFD para simular e avaliar o efeito da disposição dos tubos absorvedores, no desempenho térmico de coletores solares, para diferentes vazões. As placas dos coletores simulados constituem-se de tubos de PVC revestidos com tinta preta fosco, diâmetro hidráulico de 20 mm e área superficial de 1,05 m², inclinadas 16,63° em relação ao plano horizontal, estando submetidas a um fluxo de calor constante de 702,9 W m⁻², incidente em metade da área superficial de absorção da placa. Foram avaliadas as variáveis: velocidade de escoamento e temperatura ao longo das placas absorvedoras, e calculou-se a eficiência térmica. O uso do CFD possibilitou a análise do desempenho térmico de placas solares em diferentes configurações. A placa com tubos dispostos em paralelo apresentou uma maior eficiência térmica para todas as vazões estudadas.

Palavras-Chave: Eficiência térmica, energia solar, simulação computacional.

INTRODUÇÃO

Devido à crescente demanda de energia no cenário mundial, a busca por alternativas energéticas que proporcionem um desenvolvimento sustentável se torna cada vez maior. A energia solar é considerada uma das mais promissoras fontes de energia renováveis, devido a sua ampla disponibilidade e enorme potencial de geração, sendo uma fonte de energia inesgotável e de menor impacto ambiental (Ossai, 2017).

Segundo Gasparatos et al. (2017) uma das principais aplicações da energia solar é sua utilização para obtenção de energia térmica. A

energia solar pode ser convertida em energia térmica usando coletores solares. O coletor de placas planas (FPC) é o mais simples e comum tipo de coletor solar usado em sistemas de aquecimento solar de água.

A fim de simular a influência de diferentes parâmetros no desempenho térmico de FPC, vários esforços foram feitos por pesquisadores em todo o mundo, fazendo uso da ferramenta CFD (Gunjo et al., 2017; Tharkur et al., 2017). No entanto, não se encontra na literatura estudos relacionados à influência da disposição dos tubos absorvedores na eficiência dos coletores solares, sendo esta uma importante característica do sistema.

Sendo assim, este estudo teve como objetivo utilizar a ferramenta CFD para simular e avaliar o efeito da disposição dos tubos absorvedores, no desempenho térmico de coletores solares, para diferentes vazões.

MATERIAL E MÉTODOS

Os domínios de escoamento das placas solares absorvedoras, utilizadas na simulação CFD consistem em duas configurações da placa absorvedora: com tubos ligados em série e em paralelo. Considerou-se para ambas as configurações, que as placas constituem-se de tubos de PVC revestidos com tinta preta fosco, diâmetro hidráulico de 20 mm e área superficial de 1,05 m², inclinadas 16,63° em relação ao plano horizontal, estando submetidas a um fluxo de calor constante de 702,9 W m⁻², incidente em metade da área superficial de absorção da placa.

Neste estudo, o presente código CFD baseou-se nos seguintes pressupostos: regime permanente; escoamento bidimensional e estável; escoamento totalmente desenvolvido e laminar; a parede do tubo possui espessura fina e, como tal, as perdas de condução podem ser desprezadas; somente o domínio de escoamento foi discretizado para obter os resultados da simulação.

Equações governantes

As equações governantes para o escoamento constante de água nas placas absorvedoras foram obtidas pela aplicação de leis de conservação de massa (Eq. 1), momento, sendo a convecção natural na água modelada pela aproximação de Boussinesq (Eq. 2) e energia (Eq. 3).

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (u_j) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} + \beta \rho (T - T_{ref}) g_i \quad (2)$$

$$\frac{\partial (u_j T)}{\partial x_j} = \alpha \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\partial T}{\partial x_j} \right) + \frac{\mu_t}{\rho \sigma_t} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\partial T}{\partial x_j} \right) \quad (3)$$

Condições de contorno

As condições de contorno definidas neste estudo foram:

- Entrada – Vazões: $Q_{m1} = 0,003142$ (kg s^{-1}); $Q_{m2} = 0,004712$ (kg s^{-1}); $Q_{m3} = 0,006283$ (kg s^{-1}); $Q_{m4} = 0,007854$ (kg s^{-1}); $Q_{m5} = 0,009425$ (kg s^{-1}); $Q_{m6} = 0,010996$ (kg s^{-1}); $T = 298$ K;
- Parede – Velocidades: $u = v = 0$ (sem deslizamento); Coeficiente de transferência de calor convectivo = $5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$; $T =$ Temperatura da superfície (T_{sup}); Fluxo de calor = q ;
- Saída – Média da pressão estática = 0.

Os cálculos foram realizados utilizando o código CFD ANSYS CFX 18.2 versão acadêmica. As malhas utilizadas possuíam 250112 nós e 525856 elementos para o domínio da placa em série e 67187 nós e 152737 elementos para o domínio da placa em paralelo. O número de iterações máximo adotado na simulação foi de 1000 e o critério de convergência foi baseado no erro médio quadrático (RMS) inferior a 10^{-4} .

As eficiências térmicas das placas coletoras foram calculadas conforme Kalogirou (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento das variáveis: velocidade de escoamento e temperatura ao longo da placa absorvedora para as duas configurações foram semelhantes para todas as vazões de entrada estudadas. Portanto, a vazão mássica Q_{m1} ($0,003142 \text{ kg s}^{-1}$) foi escolhida para visualização dos resultados obtidos (Figura 1).

A configuração de tubos em paralelo

apresentou maiores gradientes de temperatura do que a configuração em série (Figura 1C e 1D). Isso deve-se ao fato de que, na configuração em paralelo a vazão mássica é distribuída pelos tubos que compõe a placa resultando em uma menor velocidade de escoamento e conseqüentemente maior tempo de residência do fluido na placa absorvedora.

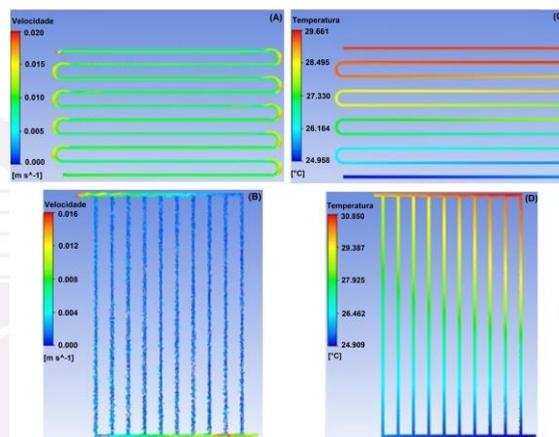


Figura 1. Variação de velocidade de escoamento e temperatura ao longo da placa absorvedora, para vazão mássica de $0,003142$ (kg s^{-1}): (A) e (C) com tubos absorvedores dispostos em série; (B) e (D) com tubos absorvedores dispostos em paralelo.

Devido à disposição dos tubos, a placa em série proporciona uma velocidade de escoamento do fluido constante (Figura 1A) e um aumento na queda de pressão, e que segundo Moss et al. (2017) promove uma redução no ganho de calor. Já para a placa em paralelo à disposição dos tubos absorvedores provocou uma variação da velocidade de escoamento, resultando em uma desuniformidade de aquecimento da água na mesma. Pode-se observar, que ocorre uma redução no aquecimento do fluido no tubo a medida que este se afasta da entrada de água (Figura 1B).

A figura 2 mostra a variação da eficiência térmica para as duas configurações de placas absorvedoras propostas, para diferentes vazões mássicas. Consta-se que para a placa em paralelo a eficiência térmica variou de 9,1% a 11,9%, enquanto que para a placa em série essa variação foi de 8,4% a 9,4%.

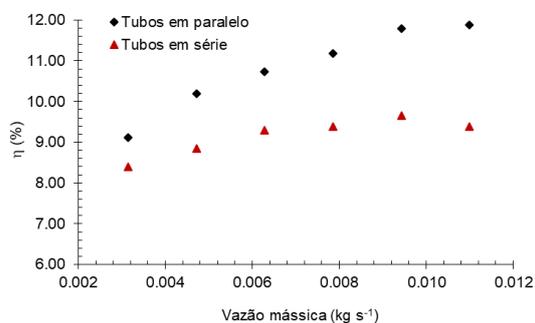


Figura 2. Eficiência térmica (η) em função da vazão mássica, para a disposição de tubos em paralelo e série.

Observa-se que a placa com tubos dispostos em paralelo, foi consideravelmente mais eficiente termicamente do que a placa em série, para todas as vazões mássicas estudadas. Sharaf e Orhan (2018), encontraram resultados semelhantes ao analisarem a energia térmica de coletores solares térmicos fotovoltaicos, observaram que o sistema configurado em paralelo apresentou resultados 31,0% superiores aos observados no sistema em série.

O aumento da vazão mássica ocasionou uma elevação na eficiência térmica de ambas as configurações de tubos. Segundo Gunjo et al. (2017), o aumento da taxa de fluxo de água leva à diminuição da temperatura da placa, o que consequentemente diminui o coeficiente de perda de calor total da placa levando ao aumento da eficiência energética.

CONCLUSÕES

O uso do CFD possibilitou a análise do desempenho térmico de placas solares em diferentes configurações. A placa com tubos dispostos em paralelo apresentou uma maior eficiência térmica para todas as vazões estudadas. O aumento da vazão ocasionou um aumento da eficiência térmica para ambas as placas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo auxílio financeiro na forma de bolsas de mestrado.

REFERÊNCIAS

GASPARATOS, A.; DOLL, C.N.H.; ESTEBAN, M.; AHMED, A.; OLANG, T.A. RENEWABLE ENERGY AND BIODIVERSITY: IMPLICATIONS FOR TRANSITIONING TO A GREEN ECONOMY. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.70, p.161-184, 2017.

GUNJO, D. G.; MAHANTA, P.; ROBI, P. S. EXERGY AND ENERGY ANALYSIS OF A NOVEL TYPE SOLAR COLLECTOR UNDER STEADY STATE CONDITION: EXPERIMENTAL AND CFD ANALYSIS. *Renewable Energy*, v.114, p.655-669, 2017.

KALOGIROU, S.A. *Solar Energy Engineering - Processes and Systems*, Second ed. Boston. 2014. 815 p.

MOSS, R. W.; SHIRE, G. S. F.; HENSHALL, P.; EAMES, P. C.; ARYA, F.; HYDE, T. OPTIMAL PASSAGE SIZE FOR SOLAR COLLECTOR MICROCHANNEL AND TUBE-ON-PLATE ABSORBERS. *Solar Energy*, v.153, p.718-731, 2017.

OSSAI, C. I. OPTIMAL RENEWABLE ENERGY GENERATION – APPROACHES FOR MANAGING AGEING ASSETS MECHANISMS. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.72, p.269-280, 2017.

SHARAF, O. Z.; ORHAN, M. F. COMPARATIVE THERMODYNAMIC ANALYSIS OF DENSELY-PACKED CONCENTRATED PHOTOVOLTAIC THERMAL (CPVT) SOLAR COLLECTORS IN THERMALLY IN-SERIES AND IN-PARALLEL RECEIVER CONFIGURATIONS. *Renewable Energy*, v.126, p.296-321, 2018.

THAKUR, D. S.; KHAN, M. K.; PATHAK, M. PERFORMANCE EVALUATION OF SOLAR AIR HEATER WITH NOVEL HYPERBOLIC RIB GEOMETRY. *Renewable Energy*, v.105, p.786-797, 2017.



VALIDAÇÃO DE UM DATALOGGER DE TEMPERATURA EM PROTÓTIPOS DE INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO ANIMAL

Natalia Alzate¹, Fernanda Sousa², Karen Pereira³, Karen Macedo⁴, Alex Silva⁵

¹Discente de graduação em Engenharia Agrônômica – Universidad de Caldas. Mobilidade Acadêmica: Prática Institucional. E-mail: natalia.alzate@ufv.br; ²Professora do Departamento de Engenharia Agrícola – UFV. E-mail: fernanda.sousa@ufv.br;

³Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.pereira@ufv.br; ⁴Discente de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental – UFV. Voluntária de Iniciação Científica da UFV. E-mail: karen.macedo@ufv.br; ⁵Professor Instituto de Zootecnia – UFRRJ. E-mail: alexlopes@zootecnista.com.br

RESUMO: As instalações influenciam significativamente as condições térmicas dos ambientes de produção animal. Objetivou-se com esse trabalho validar um datalogger de temperatura a partir do equipamento considerado padrão, o termômetro de mercúrio. O experimento foi realizado em protótipos de galpões avícolas na área experimental do AMBIAGRO – Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais, no Departamento de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. Foram coletados dados de temperatura do ar no interior dos protótipos com um datalogger e um termômetro de mercúrio para avaliar a eficiência de medição do datalogger. A partir dos resultados encontrados, observa-se que os valores de temperatura do ar obtidos pelo datalogger foram superiores aos valores aferidos com o termômetro de mercúrio em todos os horários avaliados, tendo assim subestimado os valores de temperatura, mostrando-se descalibrados.

Palavras-Chave: ambiência, avicultura, conforto térmico

INTRODUÇÃO

Para países localizados em regiões tropicais como é o caso do Brasil, os efeitos das condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar interferem diretamente nos índices produtivos. Portanto deve-se fornecer aos animais uma condição térmica favorável ao seu desenvolvimento (Padilha et al., 2001).

A produção animal em ambientes protegidos objetiva evitar os efeitos dos elementos meteorológicos que afetam a produção, como temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar entre outros que podem

comprometer os índices produtivos (Romanini et al., 2010).

Em uma instalação elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar podem provocar condição ambiental de estresse para os animais, o que para o interesse zootécnico não é visto como favorável ao desempenho animal (Magalhães et al., 1998).

Devido a importância, principalmente da temperatura do ar, nas instalações, surge a necessidade de utilizar equipamentos eficientes para a análise das condições térmicas dos ambientes de produção.

Dentre esses equipamentos o termômetro de mercúrio apesar apresentar algumas desvantagens como: fragilidade, pequenos índices de medição, difícil leitura e por ser composto de um elemento tóxico ao meio ambiente (Núñez, 2008), ainda é considerado um equipamento padrão para a aferição dos valores de temperatura.

Outro equipamento que tem sido muito utilizado para determinar a temperatura do ar é o datalogger, que possibilita medições com precisão dos valores de temperatura e umidade relativa. É um equipamento de fácil leitura e menos frágil e, o mais importante, é que possibilita o armazenamento dos dados coletados. Contudo tais equipamentos devem estar calibrados para garantirem a eficiência da medição.

Por isso objetivou-se com esse trabalho analisar comparativamente os valores de temperatura do ar em obtidos com datalogger e com termômetro de mercúrio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em protótipos de galpões avícolas (Figura 1) localizados na área experimental do AMBIAGRO – Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais, na Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais.



Figura 1. Vista externa dos protótipos utilizados no experimento.

Foram utilizados dataloggers tipo Hobo da marca Onset, modelo U14 de temperatura e umidade e termômetros de mercúrio (Figura 2).



Figura 2. Equipamentos utilizados para aferir a temperatura do ar, termômetro de mercúrio e datalogger.

Todos os equipamentos foram posicionados no interior dos protótipos na parte central em altura média (Figura 3).



Figura 3. Vista interna do protótipo e do posicionamento dos equipamentos.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições para cada equipamento testado. Os dados foram submetidos à análise de variância através do procedimento MIXED do SAS. Os diferentes horários foram incluídos no modelo estatístico como medidas repetidas no tempo.

Foram analisados os efeitos fixos do tipo de termômetro, horário, bem como a interação entre estes efeitos fixos. A escolha da matriz de covariância foi realizada com base no critério corrigido de Akaike (AICC), sendo escolhida a matriz de simetria composta heterogênea (CSH). As médias foram contrastadas através do teste “t de Student” e diferenças estatísticas foram declaradas quando $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de temperatura, umidade relativa e radiação solar foram obtidos da estação meteorológica mais próxima para o dia e local de realização do experimento (Tabela 1).

Tabela 1. Dados meteorológicos (INMET)

Horário	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa (%)	Radiação Solar (kJ/m ²)
6:00	12,0	95	2072,00
9:00	21,6	64	1948,00
12:00	25,6	50	3163,00
15:00	28,0	38	2260,00
18:00	22,9	57	48,67

Os dados obtidos pelo termômetro e datalogger são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Temperatura do ar mensurada com os dois diferentes equipamento nos diferentes horários

Horário	Termômetro de mercúrio	Data logger	p-valor
6:00	10,33 ^a	19,53 ^b	< 0,001
9:00	21,33 ^a	41,13 ^b	< 0,001
12:00	29,00 ^a	56,70 ^b	< 0,001
15:00	31,00 ^a	60,30 ^b	< 0,001
18:00	21,00 ^a	39,80 ^b	< 0,001

Médias seguidas por letras diferentes nas linhas indicam que houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre as médias.

Enquanto os valores de temperatura do ar externo variaram entre 12 e 28°C, os valores de temperatura do ar no interior dos protótipos obtidos pelos dois equipamentos utilizados variaram entre 10 e 31°C para o termômetro de mercúrio e entre 20 e 60°C (Tabela 2).

Pela análise estatística observa-se que houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre os dados obtidos pelos dois equipamentos em todos os horários analisados. Observa-se que os valores obtidos pelo datalogger foram praticamente o dobro dos valores obtidos pelo termômetro e do ambiente externo. E observa-se também pelas tabelas apresentadas que os valores de temperatura obtidos pelo termômetro de mercúrio mostram semelhantes aos valores do ambiente externo obtidos pela estação meteorológica.

O comportamento dos valores da temperatura do ar, obtidos pelos dois equipamentos, ao longo do dia, é apresentado na Figura 3.

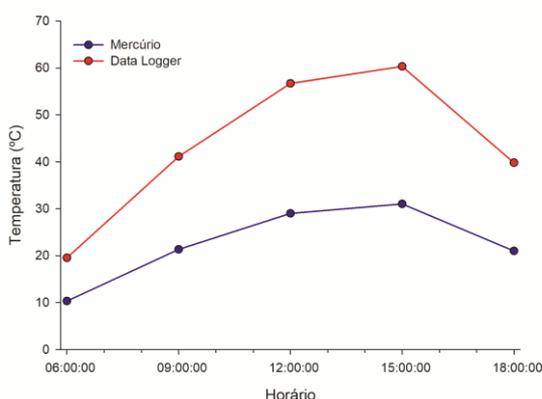


Figura 3. Comportamento da temperatura do ar mensurada com os diferentes sensores (termômetro de mercúrio e data logger) em diferentes horários.

Observa-se na Figura 3, comportamento semelhante da temperatura em ambos os equipamentos utilizados. Sendo os menores valores de temperatura observados às 6:00 e as 18:00 horas, quando a radiação solar apresenta os menores valores. E as maiores temperaturas são observadas às 12:00 e as 15:00 horas quando ocorre a máxima radiação solar.

A diferença entre os dados coletados pelo termômetro de mercúrio e pelo datalogger torna-se maior a medida em que ocorre maior temperatura externa e maior radiação solar sobre a instalação.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados encontrados pode-se dizer que os dataloggers utilizados estão descalibrados. E que o erro de medição aumenta em função do aumento da temperatura do ar e incidência de radiação solar.

AGRADECIMENTOS

Capes, Fapemig, CNPq e Funarbe.

REFERÊNCIAS

ASSIS, R. L. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de públicas e privadas com base a agroecologia. **Economia Aplicada**: Ribeirão Preto. v. 10. n. 1. Jan-mar 2016. p. 75-89.

MAGALHÃES, J.A.; TAKIGAWA, R.M.; TAVARES, A.C.; TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A. **Determinação da tolerância de bovinos e bubalinos ao calor do trópico úmido**. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.70-2.

NÚÑEZ, C. E. **Termômetros de mercúrio**. Disponível em: <<http://www.cenunez.com.ar>>. Acessado em: 13 de setembro de 2018.

PADILHA, J.A.S.; TOLÊDO FILHO, R.D.; LIMA, P.R.L.; JOSEPH, K.; LEAL, A.F. Argamassa leve reforçada com polpa de sisal: compósito de baixa condutividade térmica para uso em edificações rurais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n.1, p.1-11, 2001.

ROMANINI, C.E.B.; GARCIA, A.P.; ALVARADO, L.N.; CAPPELLIN.L.; UMEZU, C.K. Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**: Campo Grande, 2010. v. 14. n. 11. p. 1193 – 1201.