



Agricultural Sciences: Knowledge and Diffusion of Technology

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Deucleiton Jardim Amorim
Luiz Alberto Melo de Souza
(Organizadores)

Agricultural Sciences: Knowledge and Diffusion of Technology

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Deucleiton Jardim Amorim
Luiz Alberto Melo de Souza
(Organizadores)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Agricultural sciences: knowledge and diffusion of technology

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Deucleiton Jardim Amorim
Luiz Alberto Melo de Sousa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A278 Agricultural sciences: knowledge and diffusion of technology / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Deucleiton Jardim Amorim, Luiz Alberto Melo de Sousa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-927-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.278221802>

1. Agricultural. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Amorim, Deucleiton Jardim (Organizador). III. Sousa, Luiz Alberto Melo de (Organizador). IV. Título.

CDD 338.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

As ciências agrárias nas últimas décadas têm surpreendido o mundo, pelo rápido avanço das tecnologias, desde o plantio a pós-colheita. Este avanço é fruto do trabalho de pesquisadores, instituições públicas e privadas, pois estão atentos a crescente demanda por alimentos, decorrente do aumento populacional.

Nos dias atuais, em que se dispõe de muitas facilidades para acessar informações com celeridade, certa acomodação se tornou inevitável, isso inclui os profissionais das ciências agrárias. Com frequência, utilizam-se hoje subsídios obtidos com rapidez nas mídias, em particular na digital, que o interessado se vê fortemente induzido a pô-los em prática com agilidade e precisão.

A obra intitulada “Agricultural Sciences: Knowledge and Diffusion of Technology” afigura-se, portanto, diante de tal quadro, a iniciativa de organização de textos, detalhando de forma organizada e simples as aplicações tecnológicas dentro da agricultura e todo o conhecimento disponível.

A partir do conteúdo presente nesta obra desejamos aos leitores uma leitura crítica, no melhor sentido, para agregar com novas ideias sobre a temática. Prezados (as) ótima leitura.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Deucleiton Jardim Amorim
Luiz Alberto Melo de Sousa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AÇÃO ALELOPÁTICA E CITOTÓXICA DE *MAYTENUS ILICIFOLIA* MART. EX REISSEK, CELASTRACEAE

Sérgio Alessandro Machado Souza

Kellen Coutinho Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2782218021>

CAPÍTULO 2..... 11

ADAPTACIÓN AL AUMENTO DE PRECIPITACIONES INTENSAS EN EL ESTE DE PARAGUAY: EL ROL DE LA SIEMBRA DIRECTA Y LOS BOSQUES

Fiorella Oreggioni

Norman Breuer

Julián Báez Benítez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2782218022>

CAPÍTULO 3..... 27

AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AGRICULTURA: UMA EXPOSIÇÃO DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS QUE VEM APERFEIÇOANDO O SISTEMA AGRÍCOLA DE PRODUÇÃO

Anderson de Araújo Mendes

Kilson Pinheiro Lopes

Vitória Cristina dos Santos Ribeiro

Antônio Carlos de Sena Rodrigues

Anny Karolinny de França Soares

Maria Luana Oliveira Silva

Eduardo Antônio do Nascimento Araújo

Kayo Werter Nicacio Campos

Paloma Domingues

Lyandra Maria de Oliveira

Alena Thamyres Estima de Sousa

Amanda Pereira da Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2782218023>

CAPÍTULO 4..... 40

CAULE DECOMPOSTO DE BABAÇU E CAIXA TETRA PAK COMO TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS NO DESEMPENHO DE MUDAS DE CARAMBOLEIRAS CULTIVAR 'B-17'

Samuel Ferreira Pontes

Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos

Ana Paula de Almeida Sousa

Janaiane Ferreira dos Santos

Gabriela Sousa Melo

Ramón Yuri Ferreira Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2782218024>

CAPÍTULO 5..... 51

SCALING TO REAL SIZE OF THE IMPROVEMENTS IN THE RESISTANCE OF

CONSTRUCTION ELEMENTS OF PLASTER AND COMMON REED (ARUNDO DONAX L.)

Antonio Martínez Gabarrón

Francesco Barreca

José Antonio Flores Yepes

Joaquín Julián Pastor Pérez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2782218025>

CAPÍTULO 6..... 60

IMPACTO DA INTERVENÇÃO, ATRAVÉS DE PROJETO DE EXTENSÃO, NA PRODUÇÃO DE PEQUENOS PRODUTORES DE PEIXES EM COMUNIDADES DO OESTE DO PARÁ

Jamilly Varela da Silva

Geovane Ribeiro Vasconcelos Lima

Breno Pimentel dos Reis

Suzete Roberta da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2782218026>

CAPÍTULO 7..... 71

NOVAS DESCOBERTAS E POTENCIAIS APLICAÇÕES DE USO DE *Solanum crinitum* Lam. EM ÁREAS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Natália do Couto Abreu

Mozaniel Santana de Oliveira

Elaine Priscila Pereira Paixão

Lucas Levino Alves Vieira

Lucieta Guerreiro Martorano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2782218027>

CAPÍTULO 8..... 88

POTENCIAL DA CULTURA DA MAMONA E SUAS DIFERENTES APLICAÇÕES

Amanda Pereira da Costa

Kilson Pinheiro Lopes

Paloma Domingues

Lyandra Maria de Oliveira

Maria Izabel de Almeida Leite

Anny Karolinny de França Soares

Anderson Felipe Rodrigues Coelho

Alena Thamyres Estima de Sousa

Vitória Cristina dos Santos Ribeiro

Maria Luana Oliveira Silva

Anderson de Araújo Mendes

Antônio Carlos de Sena Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2782218028>

CAPÍTULO 9..... 106

PSICOMETRIA E UMIDADE DE EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO: DAS CONDIÇÕES DO AR À QUALIDADE DE SEMENTES E GRÃOS

Júlia Letícia Cassel

Tamara Gysi

Bruna Eduarda Kreling
Cristiano Tonet
Bruna Dalcin Pimenta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2782218029>

CAPÍTULO 10..... 117

**TECNOLOGIAS DE COMBATE AO ESTRESSE SALINO EM REGIÕES SEMIÁRIDAS
PARA PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

Eduardo Antônio do Nascimento Araújo

Kilson Pinheiro Lopes

Alena Thamyres Estima de Sousa

Maria Izabel de Almeida Leite

Kayo Werter Nicacio Campos

Amanda Pereira da Costa

Paloma Domingues

Lyandra Maria de Oliveira

Antônio Carlos de Sena Rodrigues

Anderson de Araújo Mendes

Anderson Felipe Rodrigues Coelho

Anny Karoliny de França Soares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.27822180210>

SOBRE OS ORGANIZADORES 131

ÍNDICE REMISSIVO 132

PSICOMETRIA E UMIDADE DE EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO: DAS CONDIÇÕES DO AR À QUALIDADE DE SEMENTES E GRÃOS

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 09/12/2021

Júlia Letícia Cassel

Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) -
Campus Ibirubá
Ibirubá - RS
<http://lattes.cnpq.br/5121828435228922>

Tamara Gysi

Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) -
Campus Ibirubá
Ibirubá - RS
<http://lattes.cnpq.br/6184474574048530>

Bruna Eduarda Kreling

Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) -
Campus Ibirubá
Ibirubá - RS
<http://lattes.cnpq.br/4869714775858652>

Cristiano Tonet

Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) -
Campus Ibirubá
Ibirubá - RS
<http://lattes.cnpq.br/3662796092406039>

Bruna Dalcin Pimenta

Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) -
Campus Ibirubá
Ibirubá - RS
<http://lattes.cnpq.br/4356461032499240>

RESUMO: O ar seco é composto por distintos elementos (O, N, Ar, CO₂ e outros), com percentuais relativamente constantes.

Enquanto isso, o ar úmido é composto por uma mistura de ar seco e vapor d'água, sendo a quantidade do último de extrema relevância nas atividades humanas, dentre elas a secagem, armazenamento e beneficiamento de grãos e sementes. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é desenvolver uma revisão bibliográfica referente aos componentes da psicometria, trazendo os principais modelos matemáticos e sua utilidade na determinação da umidade de equilíbrio higroscópico. Dentre as propriedades do ar úmido listam-se a temperatura, a umidade, o volume ocupado e a energia, que podem ser subdivididos em temperatura de bulbo úmido e seco, temperatura de ponto de orvalho, razão de mistura, pressão de vapor, umidade relativa, absoluta e específica, grau de saturação, volume específico e entalpia. Essas, podem ser diagramadas em cartas psicrométricas, que registram propriedades de mistura entre o ar seco e o vapor d'água. Para determinação da umidade do ar são usados diferentes modelos de higrômetros e psicrômetros, que utilizam distintas metodologias. Quanto ao equilíbrio higroscópico, este é alcançado quando a pressão de vapor d'água do produto se iguala a do ar que envolve, sendo que essa se relaciona com o teor de água do produto, a umidade relativa e temperatura do meio. Diante disso, foram elaborados mais de 200 modelos matemáticos, visando a determinação da umidade de equilíbrio higroscópico dos produtos. Assim, esse conhecimento é de fundamental importância em projetos de secagem, manuseio, armazenagem, embalagem e transportes de sementes, grãos e demais produtos agrícolas, visto que esta

umidade pode promover a proliferação de microrganismos e insetos capazes de deteriorar o produto.

PALAVRAS-CHAVE: Ar seco. Ar úmido. Vapor d'água. Armazenamento. Beneficiamento.

ABSTRACT: Dry air is composed of different elements (O, N, Ar, CO₂ and others), with relatively constant percentages. Meanwhile, humid air is composed of a mixture of dry air and water vapor, the amount of the latter being extremely relevant in human activities, including drying, storage and processing of grains and seeds. In this context, the aim of this study is to develop a literature review regarding the components of psychrometry, bringing the main mathematical models and their usefulness in the determination of hygroscopic equilibrium moisture. Among the properties of humid air are listed temperature, humidity, occupied volume and energy, which can be subdivided into wet and dry bulb temperature, dew point temperature, mixing ratio, vapor pressure, relative humidity, absolute and specific, degree of saturation, specific volume and enthalpy. These can be diagrammed in psychrometric charts, which register mixing properties between dry air and water vapor. To determine the air humidity, different models of hygrometers and psychrometers are used, which use different methodologies. As for the hygroscopic balance, this is achieved when the product's water vapor pressure is equal to that of the surrounding air, which is related to the product's water content, the relative humidity and temperature of the medium. Therefore, more than 200 mathematical models were developed, aiming at determining the hygroscopic balance moisture of the products. Thus, this knowledge is of fundamental importance in drying, handling, storage, packaging and transport projects for seeds, grains and other agricultural products, as this moisture can promote the proliferation of microorganisms and insects capable of deteriorating the product.

KEYWORDS: Dry air. Moist air. Water vapor. Storage. Processing.

1 | INTRODUÇÃO

De acordo com Lopes et al. (2008), o ar é constituído por uma série de gases, além de vapor d'água e contaminantes, como partículas em suspensão e outros gases. Assim, segundo os autores, do ar natural são removidos o vapor d'água e contaminantes, formando o ar seco.

Segundo Britto (2010), a composição do ar é relativamente constante, sendo para N₂ 78,1%, para O₂ 20,9%, para Ar 0,9%, e, para o CO₂ e outros componentes, são encontrados percentuais na casa de 0,001%. Destaca-se que podem ocorrer pequenas variações nesses valores de acordo com a altitude e localização geográfica.

Diante disso, Lopes et al. (2008) destacam a importância para as mais variadas práticas do ser humano o conhecimento das condições de umidade do ar, como exemplo, a secagem, a armazenagem e o processamento de grãos, a qual é limitada pelas condições do ar atmosférico, ou seja, os produtos possuem capacidade de ceder ou absorver água do ambiente, gerando um equilíbrio entre a semente ou grãos e as condições ambientais. Outro exemplo é o índice de conforto térmico, que depende mais da quantidade de vapor d'água presente do que da temperatura do ar de fato.

Assim, o estudo da mistura do ar seco com o vapor d'água tornou-se uma disciplina, conhecida como psicometria. De modo simplificado, a psicometria ou higrometria, como pode também ser chamada, é a parte da termodinâmica que estuda a quantificação do vapor de água presente na atmosfera.

Esse estudo, se debruça sobre as determinações de parâmetros específicos e propriedades de mistura de ar seco e vapor d'água (que possui concentrações variando entre 0 e 4% do volume de ar ambiente) (LOPES et al., 2008). Além disso, segundo Ludwig (2017), é através da psicometria que se avaliam os efeitos das condições do ar na secagem de grãos e sementes e, desse modo, são necessários estudos referentes às etapas de processamento de grãos e mistura dos componentes anteriormente mencionados.

2 I PROPRIEDADES DO AR ÚMIDO

As propriedades do ar úmido estão relacionadas à temperatura, quantidade de vapor de água, volume ocupado pelo ar e energia nele contida (LOPES et al., 2008), sendo o ar úmido a mistura do ar seco com o vapor d'água.

Ademais, Britto (2010) explana sobre as cartas psicométricas, que são diagramas onde estão registradas as propriedades da mistura entre o ar seco e o vapor d'água, a exemplo da representação na Figura 1.

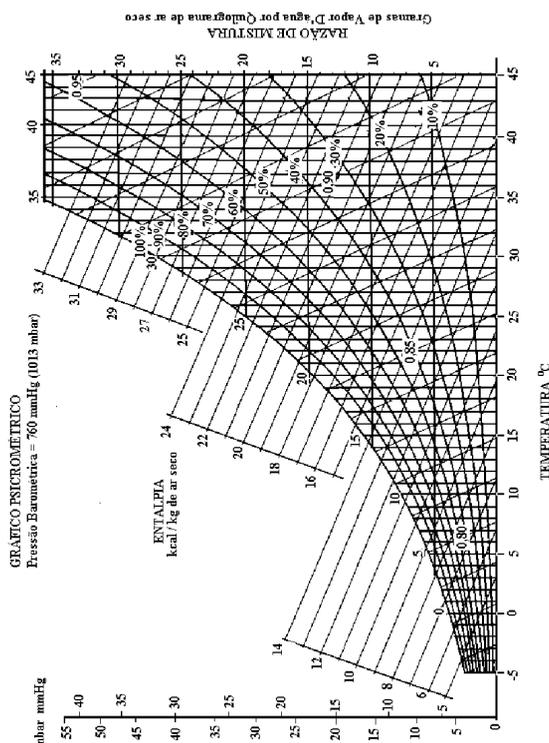


Figura 1 - Gráfico Psicométrico.

Diante disso, Lopes et al. (2008) listam temperatura de bulbo seco e molhado e temperatura do ponto de orvalho, como propriedades relacionadas à temperatura; as propriedades relacionadas à umidade (massa de vapor d'água) são a pressão de vapor, razão de mistura, umidade específica, absoluta e relativa e o grau de saturação; e as propriedades relacionadas ao volume ocupado e à energia englobam a entalpia e o volume específico.

2.1 Temperaturas de bulbo seco (t) e bulbo molhado (t_m)

De acordo com Lopes et al. (2008), a temperatura do bulbo seco (t) do ar é a temperatura medida com um termômetro comum, sendo usada também para leituras de temperatura sem nenhuma especificação. Como define Britto (2010), essa temperatura indica a quantidade de energia na forma de calor contido no ar e é expressa em °C. Além disso, o autor traz que sua variação é denominada calor sensível.

Lopes et al. (2008) trazem que a temperatura de bulbo molhado (t_m), que pode ser obtida através da cobertura com um algodão embebido de água destilada do bulbo de um termômetro comum, é um tipo de medida que reflete as propriedades físicas compostas pela evaporação da água no ar, sendo essa outra medida importante para secagem de grãos. Dopheide et al. (2013) ainda explicam que, na temperatura de bulbo úmido a água líquida evapora no ar para levá-lo à saturação nesta mesma temperatura e pressão.

Assim, a temperatura de bulbo úmido indica a quantidade de energia na forma de calor contido no ar úmido e está relacionada à temperatura de evaporação (mínima temperatura em que a água em estado líquido se transforma em vapor) para uma determinada quantidade física de água contida no ar (umidade específica) (BRITTO, 2010). O autor também traz que com esta, é permitida a definição da condição de ponto de orvalho e a pressão parcial de vapor d'água. Vale ressaltar que esse componente também é expresso em °C.

2.2 Temperatura de ponto de orvalho (t_{po})

Segundo Lopes et al. (2008), é a temperatura em que o ar úmido se torna saturado, ou seja, quando o vapor d'água começa a condensar-se, por um processo de resfriamento, mantendo constantes a pressão e a razão de mistura. Além disso, Britto (2010) traz que esta é expressa em °C, sendo que abaixo dela, além da umidade se condensar, pode haver formação de névoa.

De acordo com Elias et al. (2018), quando o ar quente e úmido passa por uma região mais fria (geralmente localizada no terço médio ou inferior do silo), ele pode se condensar na superfície dos grãos, sendo resfriado até valores mais baixos que o ponto de orvalho. Os autores trazem que, com isso, pode ser aumentada a umidade, a taxa de respiração e a temperatura das sementes e grãos, reiniciando as atividades metabólicas da semente além de haver proliferação de fungos e insetos.

2.3 Pressão de vapor (p_v)

O vapor d'água, como os gases componentes da atmosfera, exerce pressão em todas as direções, dependente da concentração do vapor. Como mencionado por Elias et al. (2018), toda substância que contém água apresenta pressão de vapor, que está diretamente relacionado ao grau de umidade (relação direta com a atividade de água e, por consequência, com a umidade relativa do ambiente).

Como descrevem os mesmos autores, as trocas de calor e água entre os grãos e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite da obtenção do equilíbrio higroscópico, em determinadas condições de temperatura, sendo então a pressão de vapor do ar proporcional à temperatura absoluta e à quantidade de água.

Assim, temos dois fenômenos: I) Sorção: quando a pressão de vapor do ar for maior do que a pressão de vapor dos grãos, que pode ser por adsorção (com menos energia) e/ou por absorção, ambas as formas resultando em reumedecimento dos grãos; e II) Dessorção: que conduz à secagem, quando a pressão de vapor do ar for menor do que a pressão de vapor dos grãos (ELIAS et al., 2018).

2.4 Razão de mistura (w)

É um componente expresso em kg de vapor/kg de ar seco, sendo definido como a razão entre a massa de vapor d'água e a massa de ar seco em dado volume da mistura (LOPES et al., 2008).

2.5 Umidade relativa (UR)

Como conceituado por Lopes et al. (2008), a umidade relativa (UR) do ar é a razão entre a pressão parcial de vapor (p_v) exercida pelas moléculas de água presentes no ar e a pressão de saturação (p_{vs}), na mesma temperatura, sendo normalmente expressa em porcentagem:

$$UR\% = \frac{p_v}{p_{vs}} \cdot 100$$

Assim, é possível observar que a UR expressa a relação entre a máxima pressão parcial de vapor que se pode obter a uma determinada temperatura de bulbo seco (condição de saturação de umidade) e a pressão parcial de vapor em determinado instante (BRITTO, 2010).

Elias et al. (2018), trazem que a temperatura e a umidade relativa possuem relações inversas: quanto maior for a temperatura, menor será a umidade relativa do ar. Além disso, os mesmos autores trazem uma observação importante de que, no equilíbrio higroscópico, a atividade de água do grão é numericamente igual a um centésimo da umidade relativa do ar.

Sendo assim, observa-se uma grande relação da umidade relativa com a ocorrência

de ácaros, insetos, fungos, etc; além da possibilidade de reativação processos metabólicos da semente.

2.6 Umidade absoluta (U_a) e umidade específica (U_e)

He et al. (2021) trazem que umidade absoluta é a massa de vapor de água no ar. Nesse mesmo contexto, Lopes et al. (2008) descreve essa umidade absoluta como a relação entre a massa de vapor d'água e o volume ocupado pelo ar úmido.

Já a umidade específica é a relação entre a massa de vapor d'água e a massa do ar úmido (LOPES et al., 2008). Já Britto (2010) traz que é uma unidade adimensional, mas pode ser apresentada em kgVAPOR/kgAR SECO, e sua variação é chamada calor latente, sendo, então, associada à mudança de fase da água.

2.7 Grau de saturação

É a relação entre a razão de mistura atual e a razão de mistura do ar em condição de saturação, à mesma temperatura e pressão (LOPES et al., 2008).

2.8 Volume específico (V_e)

É definido como o volume por unidade de massa de ar seco e expresso em $m^3.kg^{-1}$ (LOPES et al., 2008; BRITTO, 2010). De acordo com os mesmos autores, o volume específico do ar pode, inclusive, afetar a potência requerida pelo ventilador em um sistema de secagem.

2.9 Entalpia (h)

A entalpia (h) é descrita por Lopes et al. (2008) como a energia contida no ar úmido de uma mistura ar seco-vapor d'água, por unidade de massa de ar seco e para temperaturas superiores a uma referência ($0^\circ C$). Para os autores, somente a diferença de entalpia é de interesse prático no processamento de produtos agrícolas, sendo esse valor de referência sem maior relevância.

Diante desse mesmo contexto, Britto (2010) traz que a entalpia expressa o conteúdo energético do ar (calor total) por unidade de massa de ar úmido de um estado psicrométrico em relação a um estado de referência (normalmente para $TBS = 0$ e $v = 0$) e incorpora os conteúdos de calor sensível e latente.

Além disso, destaca-se que a entalpia (expressa em kcal ou $kJ.kg^{-1}$ de ar seco) é significativa no dimensionamento de sistema de secagem e aquecedores, e portanto, compõe o custo operacional dos diferentes sistemas (LOPES et al., 2008).

3 | MEDIÇÃO DA UMIDADE DO AR

De acordo com Dopheide et al. (2013), o ser humano moderno foi impulsionado a criar novas técnicas de se medir e quantificar a temperatura e a umidade relativa do ar,

devido à necessidade de se monitorar e controlar ambientes.

Lopes et al. (2008) definem que para medir a umidade relativa do ar são usados instrumentos denominados higrômetros, listando os mais comuns:

- a) Higrômetros de condensação: baseiam-se na determinação do ponto de orvalho.
- b) Higrômetros de absorção: a determinação é feita passando-se um volume conhecido do ar, através de uma substância higroscópica. É através do peso que se obtêm o resultado, visto que há modificações devido à umidade absorvida. Mais usados em laboratório.
- c) Higrômetros elétricos: baseiam-se na variação da resistência elétrica de um fino filme de um condutor eletrolítico contendo um sal higroscópico, em função da umidade.
- d) Higrômetro óptico: mede a espessura de um filme higroscópico, que varia com a presença de umidade, por meio da intensidade de luz refletida.
- e) Higrômetros de difusão: são compostas por uma câmara fechada, com ação constante de dessecação e umedecimento. Em uma das paredes há uma placa porosa, sendo que a difusão da umidade através dessa placa produz uma pressão, a qual é determinada por um manômetro.
- f) Psicrômetros: composta por dois termômetros semelhantes, um com o bulbo coberto por tecido de algodão umedecido em água destilada (onde a evaporação dessa água abaixa a temperatura, dependendo do estado higrométrico do ar), e outro de bulbo seco (indica a temperatura do ar). A diferença de temperatura entre os dois termômetros dá indicação da umidade, bem como de outras propriedades do ar, encontrados em tabelas, gráficos ou fórmulas. Vale ressaltar que estes equipamentos podem ser de ventilação natural (psicrômetros comuns) ou forçada.
- g) Higrômetros de fio de cabelo: composto por cabelo humano livre de gorduras, que possui a capacidade de aumentar/diminuir comprimento conforme absorção de umidade, sendo essa variação de comprimento transmitida por um ponteiro, indicando a umidade relativa do ar. Esse equipamento, quando equipado por uma pena e tinta, pode ser automatizado, conhecido por higrômetro registrador ou higrógrafo.

4 | UMIDADE DE EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

O teor de água de equilíbrio é alcançado quando a pressão parcial de vapor de água no produto iguala-se a do ar que o envolve. A relação entre o teor de água de um determinado produto e a umidade relativa de equilíbrio para uma temperatura específica pode ser expressa por meio de equações matemáticas denominadas isotermas ou curvas de equilíbrio higroscópico (CORRÊA et al., 2005).

O conhecimento sobre o comportamento higroscópico de produtos agrícolas constitui fator essencial nos projetos e estudos de sistemas de secagem, manuseio,

armazenagem, embalagem e transporte e na modelagem da longevidade de sementes, grãos e outros produtos agrícolas (ARAÚJO et al., 2001). Além disso, a partir das isotermas de sorção é possível determinar a estabilidade física, química e microbiana de qualquer produto (SOGI et al., 2003), como também as faixas de atividade de água no produto, que reduzam a possibilidade de desenvolvimento de fungos e outros patógenos, além de manter a qualidade do produto armazenado (GONELI et al., 2007).

O comportamento higroscópico de diversos produtos agrícolas tem sido estudado por vários pesquisadores, que descrevem modelos diferenciados para expressar o teor de água de equilíbrio em função da temperatura e umidade relativa do ar. Entretanto, para o estabelecimento de isotermas que representam essa relação de equilíbrio são utilizados modelos matemáticos empíricos, uma vez que nenhum modelo teórico desenvolvido tem sido capaz de prever com precisão o teor de água de equilíbrio para uma ampla faixa de temperatura e umidade relativa do ar (RESENDE et al., 2006). Sendo assim, atualmente, na literatura, existem mais de 200 equações propostas para representar o fenômeno de equilíbrio higroscópico dos produtos agrícolas.

Um método largamente usado para se calcular o calor isostérico de sorção, seja pelo processo de adsorção ou pelo de dessorção, é dado pela equação de Clausius-Clayperon, representada a seguir:

$$\frac{\partial \ln(a_w)}{\partial T} = \frac{q_{st}}{RT^2}$$

Onde:

a_w : atividade da água (decimal)

T: temperatura absoluta (K)

q_{st} : calor isostérico líquido de sorção (kJ Kg^{-1})

R: constante universal dos gases ($8,314 \text{ kJ Kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, sendo para o vapor d'água $0,4619 \text{ kJ Kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$).

Integrando a equação acima e assumindo que o calor isostérico líquido de sorção é independente da temperatura, podemos encontrar o calor isostérico líquido de sorção, para cada teor de água de equilíbrio, conforme a equação a seguir:

$$\ln(a_w) = -\left(\frac{q_{st}}{R}\right) \cdot \frac{1}{T} + C$$

Onde:

C: coeficiente do modelo

Os valores de atividade de água, temperatura e teor de água de equilíbrio são obtidos a partir das isotermas de dessorção dos produtos em estudo. O calor isostérico integral de sorção é obtido adicionando-se aos valores de calor isostérico líquido de sorção, o valor do calor latente de vaporização da água livre de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{st} = q_{st} + L = a \cdot \exp(-b \cdot U_e) + L$$

Onde:

Q_{st} : calor isostérico integral de sorção (kJ kg⁻¹)

L: calor latente de vaporização da água livre (kJ Kg⁻¹)

U_g : teor de água de equilíbrio (%b.s.)

a,b: coeficientes do modelo

Além desse, outros modelos matemáticos são utilizados para prever a higroscopicidade em produtos agrícolas, como apresentado na Tabela 1.

Designação do modelo	Modelo
$Xe^* = \frac{(Xm \cdot c \cdot a_w) \cdot (1 - (n + 1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1})}{(1 - a_w) \cdot [1 + (c - 1) \cdot a_w - c \cdot a_w^{n+1}]}$	BET (1)
$Xe^* = (a \cdot b \cdot a_w) / \{ [1 - (c \cdot a_w)] \cdot [1 + (b - c) \cdot a_w] \}$	BET Modificado (2)
$Xe^* = [\ln(1 - a_w) / (-a \cdot (T^b))]^{1/c}$	Cavalcanti Mata (3)
$Xe^* = [-1 / (c \cdot T^d)] \cdot \ln[\ln(a_w) / (-a \cdot T^b)]$	Chen Clayton (4)
$Xe^* = a - b \cdot \ln(-T + c) \cdot \ln(a_w)$	Chung Pfost (5)
$Xe^* = (-1/b) \cdot \ln[(T + c) \cdot \ln(a_w) / (-a)]$	Chung Pfost Modificado (6)
$Xe^* = \exp[a - (b \cdot T) + (c \cdot a_w)]$	Copace (7)
$Xe^* = 1 / (a \cdot T^b + a_w^c)$	Corrêa (8)
$Xe^* = \frac{(Xm \cdot c \cdot k \cdot a_w)}{(1 - c \cdot a_w) \cdot (1 - k \cdot a_w + c \cdot k \cdot a_w)}$	GAB (9)
$Xe^* = \frac{[Xm \cdot (c/T) \cdot k \cdot a_w]}{(1 - c \cdot a_w) \cdot [(1 - k \cdot a_w + (c/T) \cdot k \cdot a_w)]}$	GAB Modificado (10)
$Xe^* = Xm \cdot [-\ln(a_w)]^n$	Halsey (11)
$Xe^* = [\exp(a - b \cdot T) / \ln(a_w)]^{1/c}$	Halsey Modificado (12)
$Xe^* = [\ln(1 - a_w) / (-a \cdot T_{abs})]^{1/c}$	Henderson (13)
$Xe^* = \{ \ln(1 - a_w) / [-a \cdot (T + b)] \}^{1/c}$	Henderson Modificado (14)
$Xe^* = a \cdot [a_w / (1 - a_w)]^b$	Oswin (15)
$Xe^* = (a + b \cdot T) [a_w / (1 - a_w)]^{1/c}$	Oswin Modificado (16)
$Xe^* = [(a \cdot a_w^b) + (c \cdot a_w^d)]$	Peleg (17)
$Xe^* = a \cdot [a_w^b / T^c]$	Sabbah (18)
$Xe^* = \exp\{a - (b \cdot T) + [c \cdot \exp(a_w)]\}$	Sigma Copace (19)
$Xe^* = a - (b \cdot T) - c \cdot \ln(1 - a_w)$	Smith (20)

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados para prever o fenômeno de higroscopicidade de produtos agrícolas (Xe*=Umidade de Equilíbrio).

Chirife & Iglesias (1978); Mazza & Jayas (1991) verificaram que, entre os principais modelos matemáticos retratados na literatura para estimar a relação de equilíbrio entre grãos e o ambiente que os envolve, os modelos de Chung- Pfost, Oswin e Smith foram identificados como mais apropriados para representar as isotermas de adsorção e dessorção de grãos das principais culturas agrícolas; entretanto, diversos autores apontam o modelo proposto por Henderson, modificado por Thompson et al. (1968), como sendo uma equação adequada para descrever o fenômeno (JAYAS et al., 1988; TALIB et al., 1995).

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa realizada observa-se a importância dos estudos de psicometria e equilíbrio higroscópico, sendo que estes influenciam nas mais diversas atividades humanas, como por exemplo nas etapas as quais passam os grãos e sementes.

Por ser determinante na qualidade de um lote, as avaliações dos componentes ar, através de cartas psicométricas, visam manter a quantidade de vapor d'água em ponto ótimo para umidade de equilíbrio higroscópico, tendo em vista as características de ambiente ideal para o processamento, beneficiamento e armazenamento de sementes e grãos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. F.; CORRÊA, P. C.; SILVA, R. F. **Comparação de modelos matemáticos para descrição das curvas de dessorção de sementes de milho-doce**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, p.991-995, 2001.

BRITTO, J. Fernando B. **Considerações sobre psicometria**. Revista SBCC, v. 45, p. 35-41, 2010.

CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RESENDE, O.; RIBEIRO, D. M. **Obtenção e modelagem das isotermas de dessorção e do calor isostérico de dessorção para grãos de trigo**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.7, n.1, 2005, p 39-48.

CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. **Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1- a review**. Journal of Food Technology, London, v.13, n.2, p.159-174, 1978.

DOPHEIDE, K.W.M.; NETO, L.R.; RAMANZINI, R. **Psicrômetro de Bulbo Úmido com Aquisição de Dados**. Porto Alegre/RS: UFRGS, 2013.

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N.L. **Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**. Pelotas/RS: UFPEL, 2018.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; NOGUEIRA, B. L.; BOTELHO, F. M. **Modelagem matemática do equilíbrio higroscópico dos grãos de arroz em casca obtidos pelos métodos estático e dinâmico**. Revista Brasileira de Armazenamento, v.32, p.152-160, 2007.

HE, C.; KORPOSH, S.; CORREIA, R.; LIU, L.; HAYES-GILL, B.R.; MORGAN, S.P. **Optical fibre sensor for simultaneous temperature and relative humidity measurement: Towards absolute humidity evaluation.** *Sensors and Actuators B: Chemical*, v.344, 2021.

JAYAS, D.S.; KUKELKO, D. A; WHITE, N. D. G. **Equilibrium moisture-equilibrium relative humidity relationship for canola meal.** *Transactions of ASAE, St. Joseph*, v.31, n.5, p.1585-1593, 1988.

LOPES, R.P.; SOUSA E SILVA, J.; REZENDE, R.C. Princípios básicos de psicometria. *In: SOUSA E SILVA, J. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.* Viçosa/MG, 2008. 2ª ed. p. 37-62.

LUDWIG, M.P. **Princípios de pós-colheita de grãos e sementes.** Ibirubá/RS: IFRS Campus Ibirubá, 2017.

MAZZA, G.; JAYAS, D. S. **Equilibrium moisture characteristics of sunflower seeds, hulls, and kernels.** *Transactions of ASAE, St. Joseph*, v.34, n.2, p.532-538, 1991.

RESENDE, O., CORRÉA, P. C., DUARTE GONELI, A. L., & MENEZES RIBEIRO, D. **Isotermas e Calor Isostérico de Sorção do Feijão.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.26, n.3, 2006.

SOGI, D. S.; SHIVHARE, U. S.; GARG, S. K.; BAWA, A. S. **Water sorption isotherm and drying characteristics of tomato seeds.** *Biosystems Engineering*, v.84, p.297-301, 2003.

TALIB, M. Z. M.; DAUD, W. R. W.; IBRAHIM, M. H. **Moisture desorption isotherms of cocoa beans.** *Transactions of ASAE, St. Joseph*, v.38, n.4, p.1153-1155. 1995.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura 9, 11, 14, 17, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 49, 68, 79, 89, 96, 118, 119, 120, 128

Agricultura de precisão 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 38

Alelopatia 1, 2, 9

Amazônia 61, 69, 70, 71, 72, 82

Armazenamento 30, 31, 32, 40, 48, 106, 107, 115

Ar seco 106, 107, 108, 110, 111

Ar úmido 106, 107, 108, 109, 111

B

Babaçu 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

Beneficiamento 106, 107, 115

Big data 28, 31, 32

Biotecnologia 28, 34, 35, 39, 71, 100, 129

C

Caixa Tetra Pak 40

Caramboleiras 40, 45, 46, 47, 50

Celastraceae 1, 3

Citotóxica 1

Climatología 11

Common reed 51, 52, 59

Conservação 38, 40, 48, 49, 115

D

Déficit hídrico 47, 71, 72, 73, 77, 78

Degradação 71, 73, 95, 96, 119

Degradação ambiental 71, 73

Divisão celular 1, 2, 6

E

Elementos de construção 51

Equilíbrio higroscópico 106, 110, 112, 113, 115

Estresse abiótico 118, 127

Estresse salino 117, 119, 120, 121, 124, 126, 127, 129

Eventos extremos 11, 12, 16, 18, 20, 22, 34, 120

F

Fitotoxicidade 1

Fruticultura 40, 49, 50, 131

G

Genotoxicidade 1, 2, 9

Grãos 38, 91, 102, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 116

I

Inovação 29, 37, 39, 40

M

Meio ambiente 35, 48, 71, 81, 89, 128

Mudas 40, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 82, 84, 102, 119

N

Nordeste 41, 72, 89, 90, 91, 118, 122, 129

P

Peixes 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 69, 70

Pequenos produtores 60, 62, 63, 69

Piscicultura 60, 61, 62, 65, 69, 70

Plaster 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

Produção 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 40, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 60, 61, 62, 63, 68, 69, 70, 73, 77, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 117, 118, 119, 120, 125, 127, 131

Produção agrícola 29, 30, 31, 34, 36, 117, 118, 119, 120

Projeto de extensão 60, 62

Psicometria 106, 108, 115

R

Regiões semiáridas 117, 118, 119

S

Salinização 78, 79, 118, 119, 120, 122

Sementes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 29, 35, 36, 41, 77, 78, 89, 90, 92, 93, 94, 98, 101, 102,

103, 106, 108, 109, 113, 115, 116, 127, 128

Sistema agrícola 27, 28

Slab 51, 52, 55, 58

Solanaceae 71, 72, 73, 74, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87

Solanum crinitum 71, 72, 73, 74, 82, 83

Stakeholders 11, 12

Sustainable construction 51, 52

Sustentabilidade 33, 35, 38, 40, 102, 128, 129

T

Tecnologias 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 40, 62, 91, 115, 117, 118, 119, 123, 128

Tecnológicos na agricultura 27, 30

V

Vapor d'água 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 115

Agricultural Sciences: Knowledge and Diffusion of Technology

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Agricultural Sciences: Knowledge and Diffusion of Technology

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 