



**METER**

*Tânia M. M. Shibata*  
*tania@metergroup.com*

**UTILIZE A  
FERRAMENTA  
PARA BAIXAR A  
APRESENTAÇÃO,  
ENVIAR AS SUAS  
PERGUNTAS E  
SUGESTÕES**



A screenshot of a GoTo Webinar interface. The top window is titled 'Arquivo Ver Ajuda' and shows audio settings for 'Verificação de som'. It includes options for 'Áudio de computador', 'Chamada telefônica', and 'Sem áudio', with 'SOM DESATIVADO' (Sound Disabled) indicated. Below this are dropdown menus for 'Microfone (Realtek(R) Audio)' and 'Fones de ouvido/Alto falantes (Real...)'. The speaker is identified as 'Falando: Fabio Sakaguchi'. The next window, 'Documentos: 1', shows a document titled 'METER Webinar Técnica da inversão de radi...'. The 'Perguntas' (Questions) window contains a welcome message: 'Seja bem-vindo! Iniciaremos a apresentação dentro de alguns instantes (às 10h00 horário de Brasília). Por favor aguarde.' and a question: 'P: O que é mais eficiente para se estimar a produtividade? modic.es (insira uma pergunta para a equipe)'. The bottom window shows webinar details: 'Técnica da inversão de radiação fotossinteti...', 'ID do webinar: 396-795-611', and a red dot indicating 'Esta sessão está sendo gravada.' The GoToWebinar logo is at the bottom.

1 - O que é isoterma de sorção de água? 14/04/2022

2 - Como construir uma isoterma de sorção de água? 26/05/2022

3 - O que a isoterma de sorção de água diz sobre o meu  
produto? 30/06/2022

# DEFINIÇÕES

**Umidade - U (Moisture Content):** É a porcentagem de água em um sólido ou líquido que pode ser retirada sem alterar suas propriedades químicas.

**Umidade Relativa UR (Relative Humidity):** Conteúdo de vapor de água no ar (gases)

**Atividade de água  $a_w$  (Water Activity):** Medida do estado da energia da água em um sistema. (Qualitativa).



# DEFINIÇÕES

**Umidade absoluta:** Massa do vapor de água presente em uma unidade volumétrica de ar em uma dada temperatura e pressão. (No SI *g de água / m<sup>3</sup> de ar*)

**Absorção (do vapor de água):** É a retenção de “vapor de água” por penetração na estrutura do material.

**Adsorção (do vapor de água):** É a retenção do vapor de água na camada superficial do material.

**Dessorção:** Liberação da água absorvida ou adsorvida.



REC'D  
151147

Storage Stability and Improvement of  
Intermediate Moisture Foods

CONTRACT DAE 9-12548  
PHASE IV

Final Report  
September 1975 to September 1976

(SASA-CO-151147) STORAGE STABILITY AND IMPROVEMENT OF INTERMEDIATE MOISTURE FOODS, PHASE 4 Final Report, Sep. 1975 - Sep. 1976 (Minnesota Univ., St. Paul.) 485 p HC 617/82 101 CSCL 062 01/24 15461

National Aeronautics and Space Administration  
Food and Nutrition Office  
Houston, Texas 77058

Principal Investigator  
Dr. Theodore F. Labuza  
Professor of Food Technology  
Department of Food Science and Nutrition  
University of Minnesota  
St. Paul, Minnesota 55108

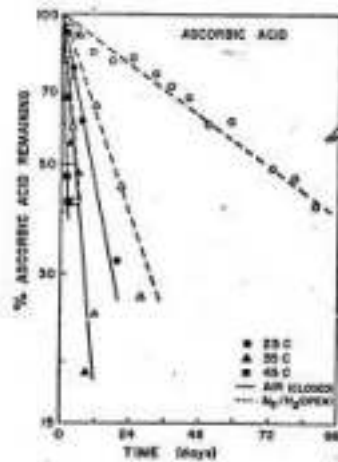
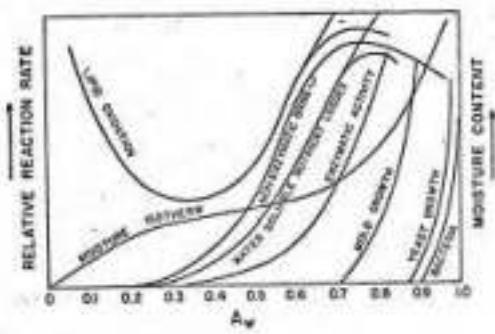
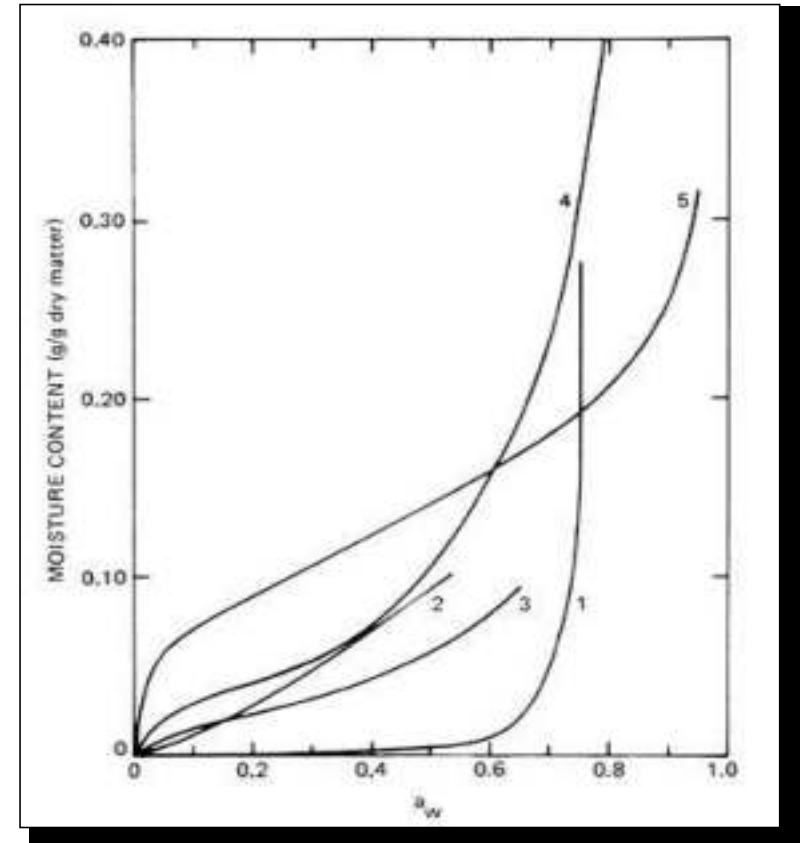
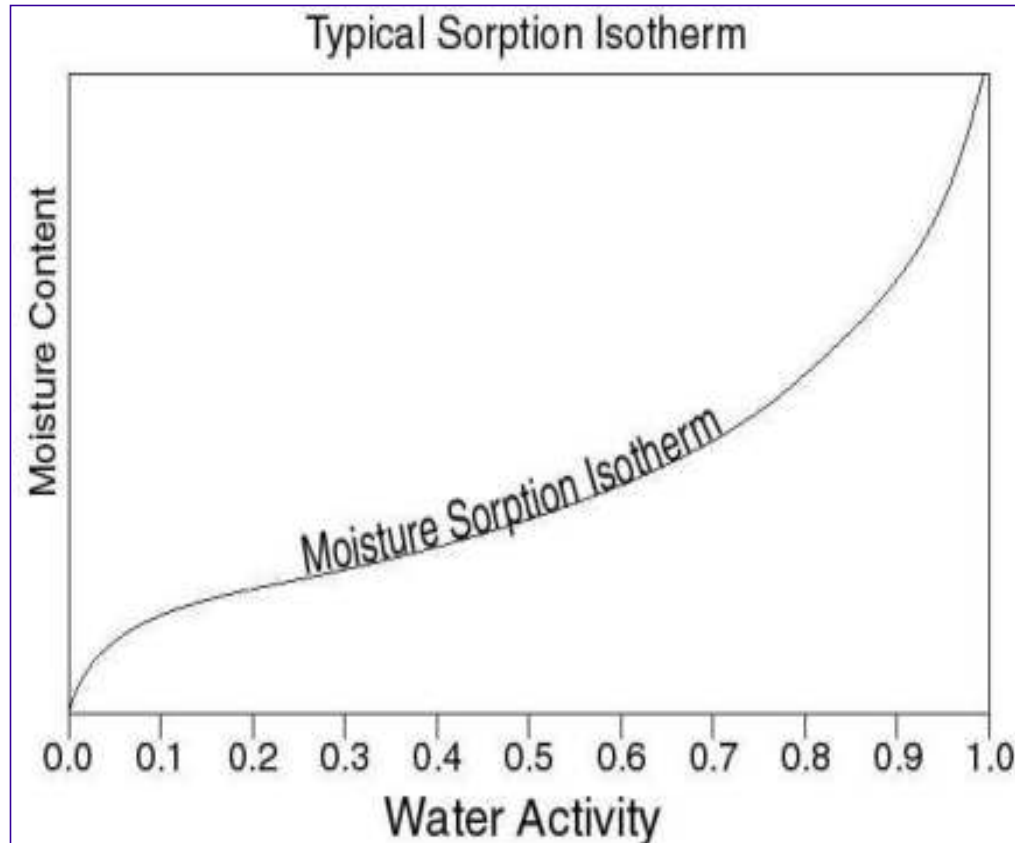


Fig. 4. - Fraction of ascorbic acid remaining as a function of time and temperature for an intermediate moisture food ( $A_w = 0.66$  and an  $S_e$  of 0.05 atmosphere).



**O QUE É ISOTERMA DE SORÇÃO?**

# ISOTERMA DE SORÇÃO DE VAPOR DE ÁGUA

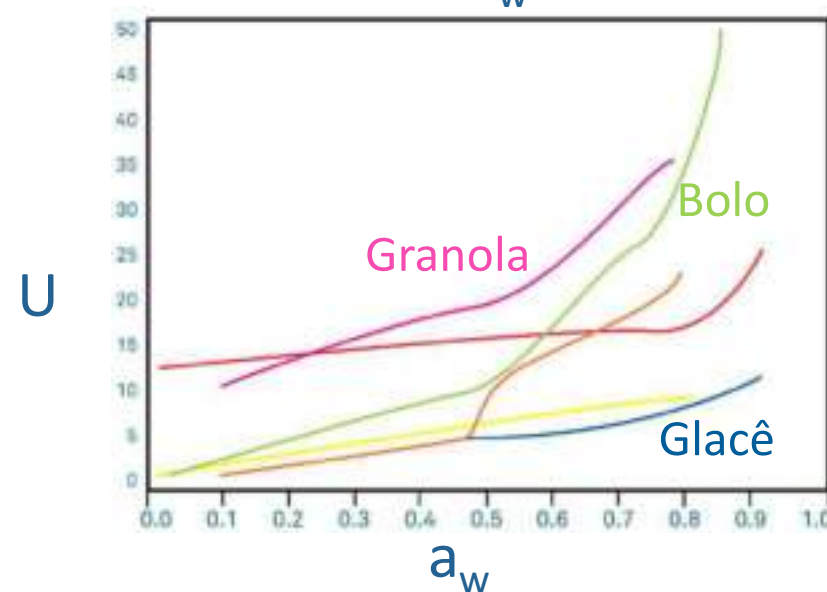
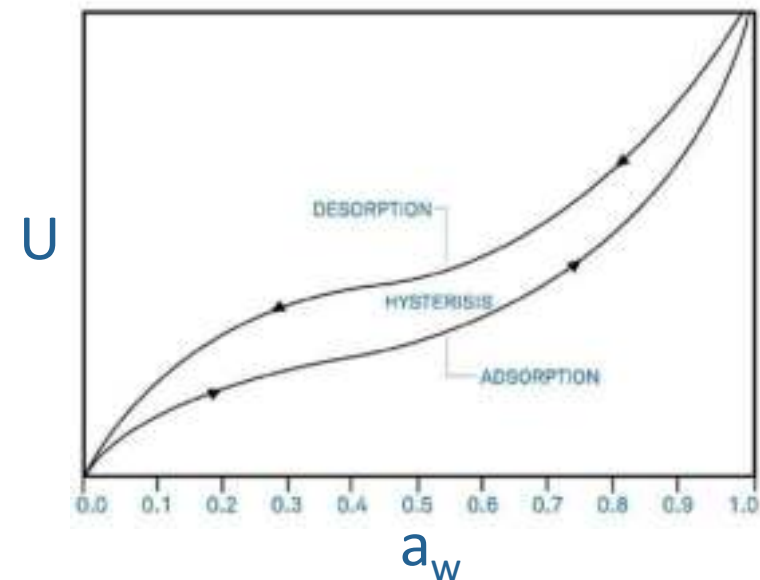




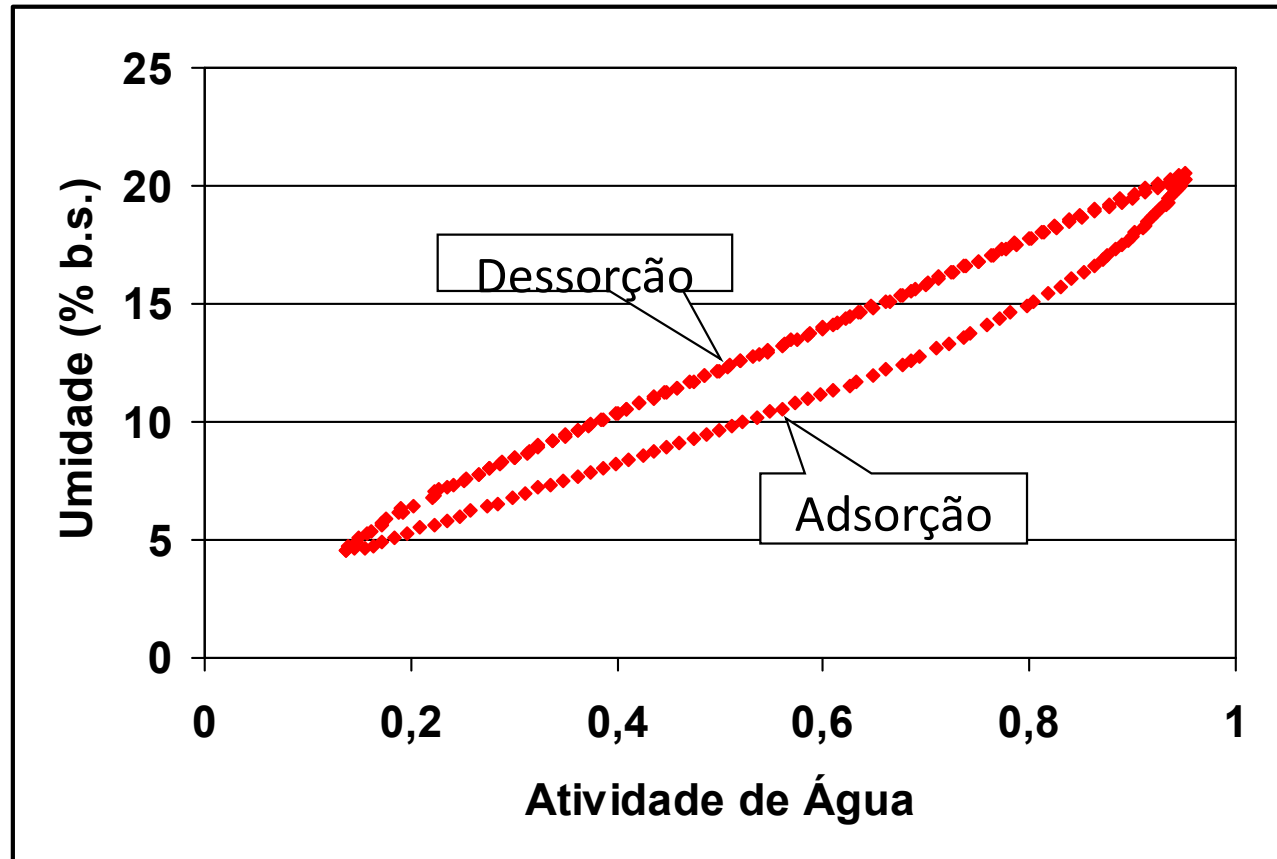
- **Isoterma de sorção**

Relação entre a umidade e a atividade de água em uma determinada temperatura.

Cada ingrediente, produto ou formulação de produto, tem a sua curva de isoterma de sorção única e característica.

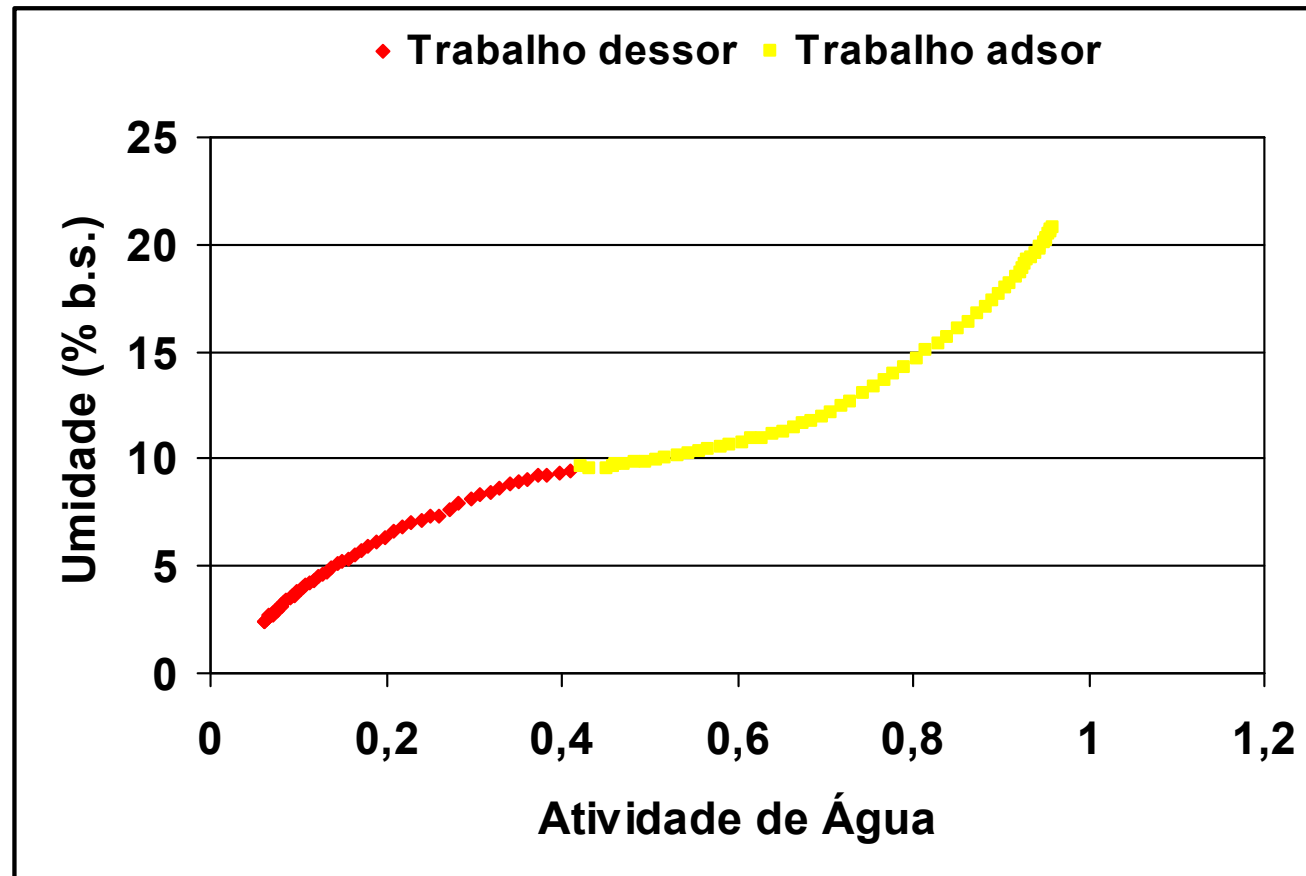


# ISOTERMA COMPLETA



\*Dados de amido de trigo

# ISOTERMA DE TRABALHO



\*Dados de amido de trigo

**COMO SÃO GERADAS AS  
ISOTERMAS?**

# **MÉTODO DVS 1: DESSECADORES**

Salt Solution	Temperature (°C)				
	25	30	40	45	50
	Relative Humidity (decimal)				
LiCl	0.113	0.113	0.112	0.111	0.111
CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> K	0.225	0.216	0.204	0.195	0.192
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0.328	0.324	0.318	0.314	0.312
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.432	0.432	0.432	0.432	0.433
NaNO <sub>2</sub>	0.645	0.635	0.616	0.603	0.597
NaCl	0.753	0.750	0.748	0.747	0.746
KCl	0.843	0.834	0.818	0.808	0.802

Name of the chemical	Relative humidity value		
	35°C	45°C	55°C
KF	24.59	21.46	20.60
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	32.05	31.10	29.93
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	43.64	42.99	42.40
NaBr	54.55	51.95	50.15
NaNO <sub>2</sub>	62.84	60.11	57.64
NaCl	74.87	74.52	74.41
KCl	82.95	81.74	80.70
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	96.71	96.12	95.53

Salt	Equilibrium relative humidity (%)		
	25°C	40°C	60°C
KOH	0.0549	0.0823	0.0626
MgCl <sub>2</sub>	0.3300	0.3159	0.2926
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.4376	0.4230	0.3921
NaNO <sub>3</sub>	0.7379	0.7100	0.6735
KCl	0.8426	0.8232	0.8025
BaCl <sub>2</sub>	0.9019	0.8910	0.8728

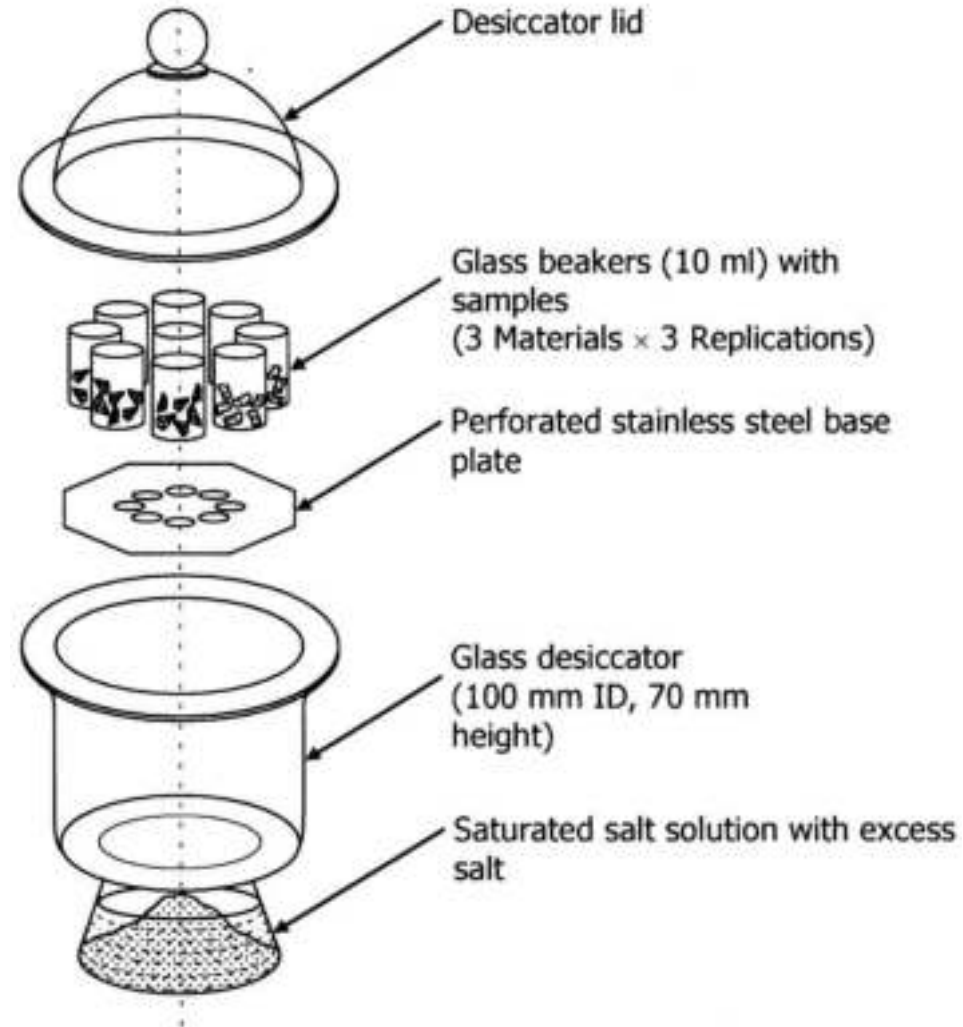
No	Salt formula	Equilibrium relative humidity % at			
		30 °C	40°C	50°C	60°C
1	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	96.00	95.8	95.8	95.82
2	KCl	84.3	82	81.2	80.25
3	NaCl	75.6	75.3	74.4	74.5
4	KI	68.86	66.0	64.4	63.11
5	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	51.4	48.4	45.4	47.3
6	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	43.16	40	38.5	37.7
7	MgCl <sub>2</sub>	32.8	31.6	30.5	29.26
8	KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	22	20.8	20.4	20
9	LiCl	11.3	11.2	11.1	11

Saturated Salt Solutions	20°C (Theory)	25°C <sup>43</sup> (Theory)	25°C (Exp.)
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	33%	32.5%	36±1%
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	55.5%	50.5%	52±2%
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	65.5%	62.5%	61±1%
NaCl	75.5%	75.3%	71±1%
KCl	85%	85%	82±2%

# Método DVS 1: Dessecadores

## Equilíbrio isopiéstico

*(processo de aquecimento de um gás a pressão constante, com variação de volume)*



# Método DVS 1: Dessecatadores

Determinar o equilíbrio de umidade em várias atividades de água.

Coloque o produto (seco ou hidratado) em câmaras com umidade relativa controlada a temperatura constante.

São necessários 6 a 9 diferentes níveis de  $a_w$

Controle de temperatura

Acompanhar o ganho / perda de peso em cada umidade de equilíbrio.

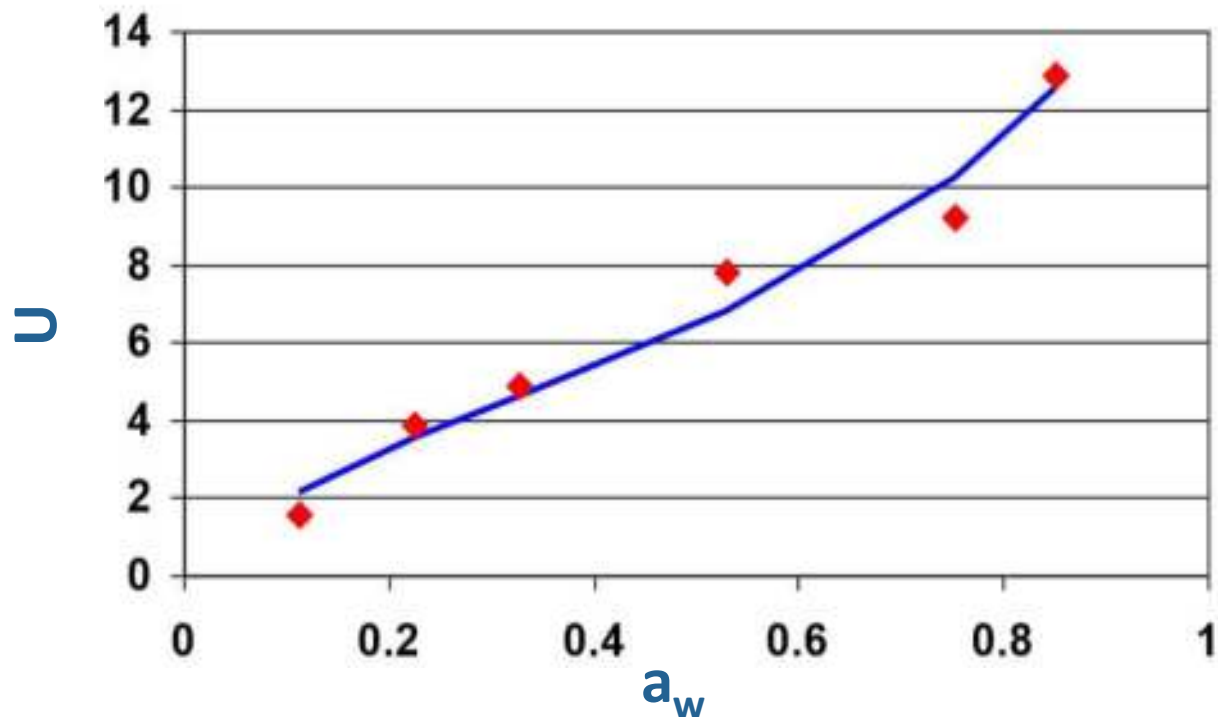
1 a 3 semanas para atingir o equilíbrio





# Método DVS 1: Dessecatadores

- Determinar o equilíbrio da U em diferentes  $a_w$ .



# **MÉTODO DVS 2: EQUIPAMENTO**

# Método DVS 2: Equipamento

## MEDIDA DE ISOTERMA: SORÇÃO DINÂMICA DE VAPOR (DVS)

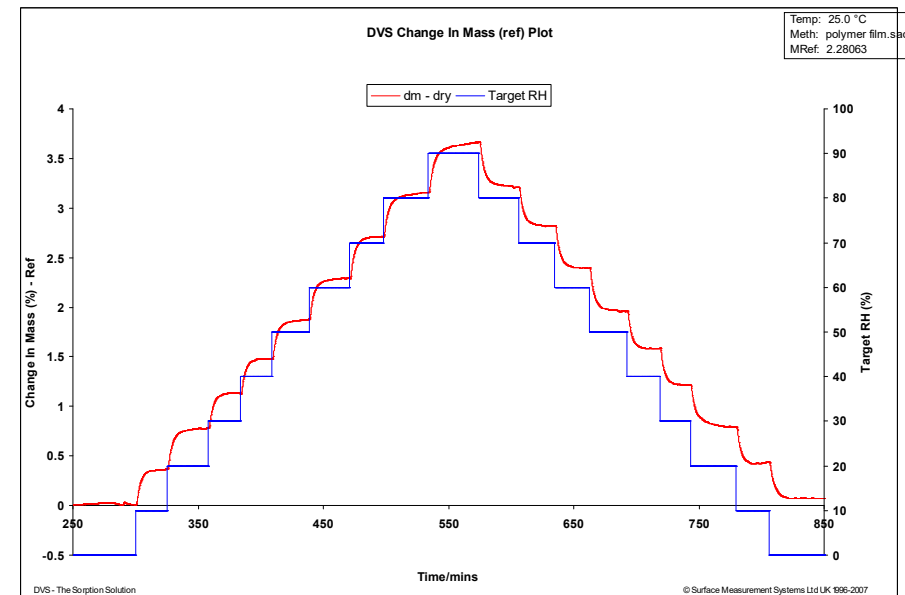
Ciclo automático de  $a_w$

Determinação gravimétrica quando alteração do peso “estabiliza”

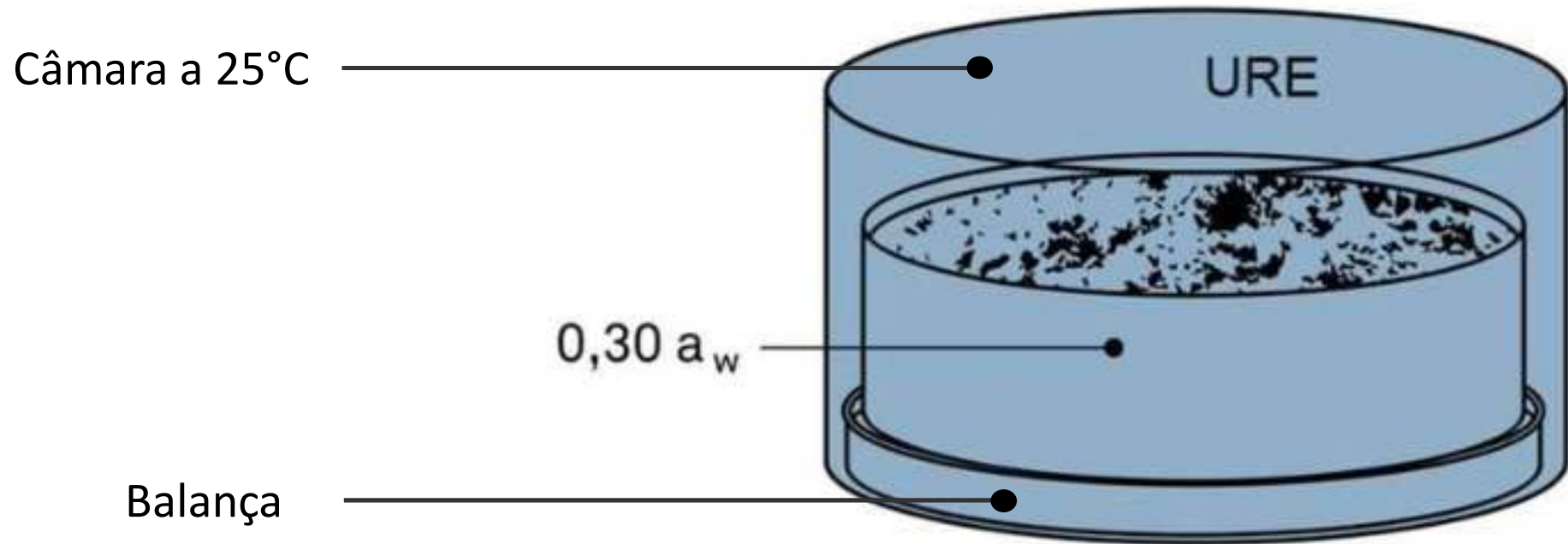
Mais rápido que o métodos tradicionais

Facilidade para avaliação da cinética de sorção

Ainda depende do equilíbrio para definir os níveis de  $a_w$

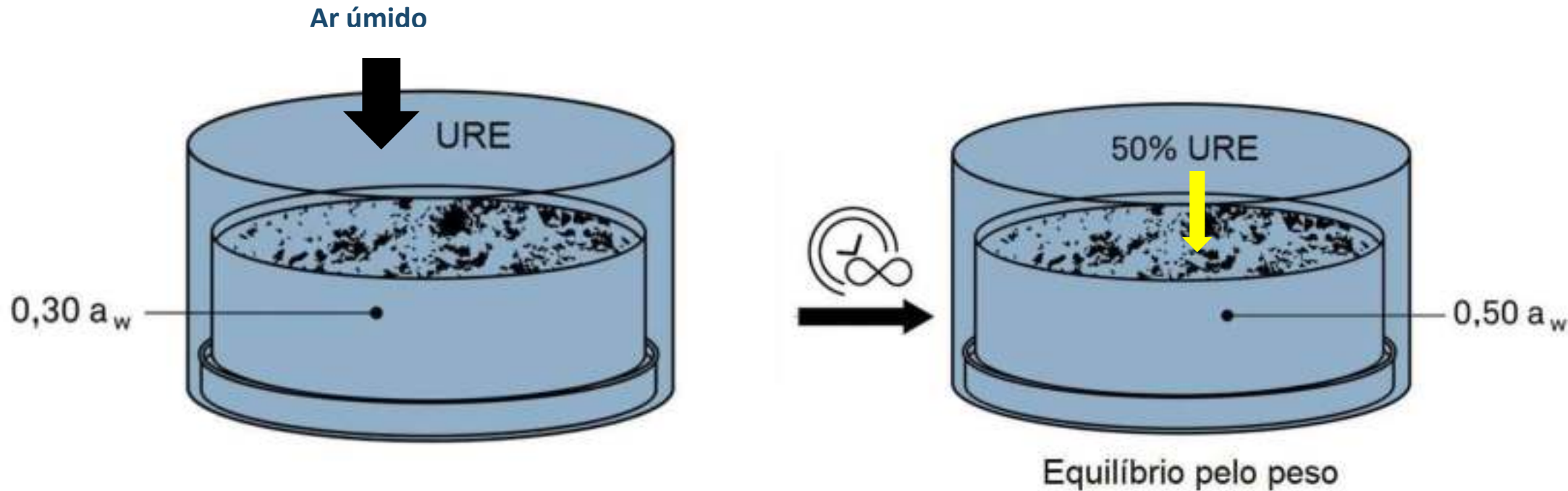


# Método DVS 2: Equipamento



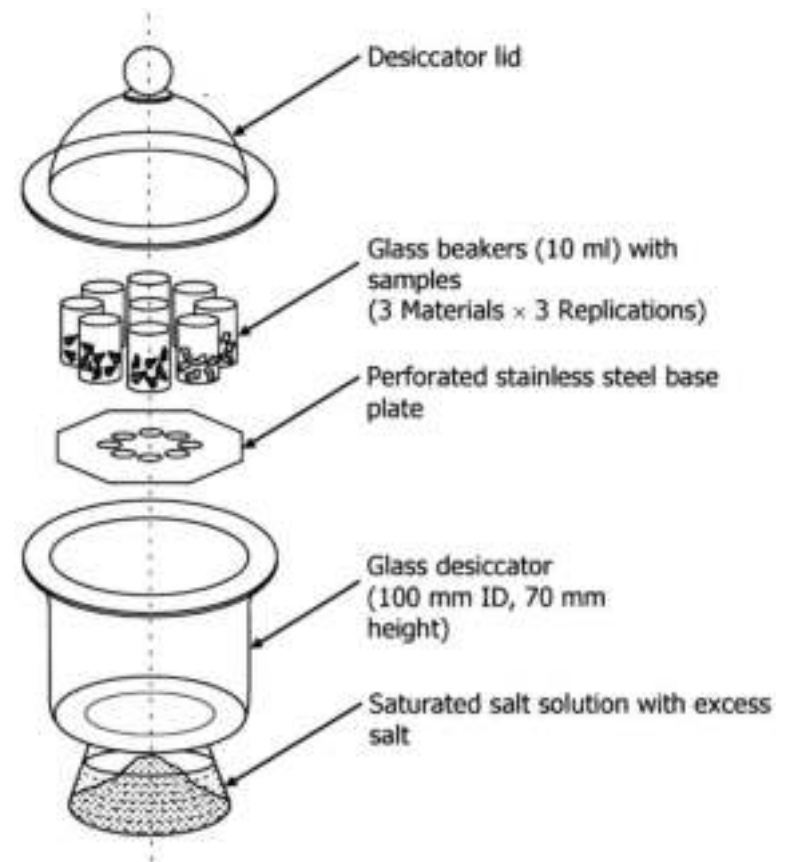
# Método DVS 2: Equipamento

Alteração depende do tempo



# **MÉTODO 3: DINÂMICO DESSECADORES**

# Método 3: Dinâmico Dessecadores



# **MÉTODO DDI 4: DINÂMICO EQUIPAMENTO**



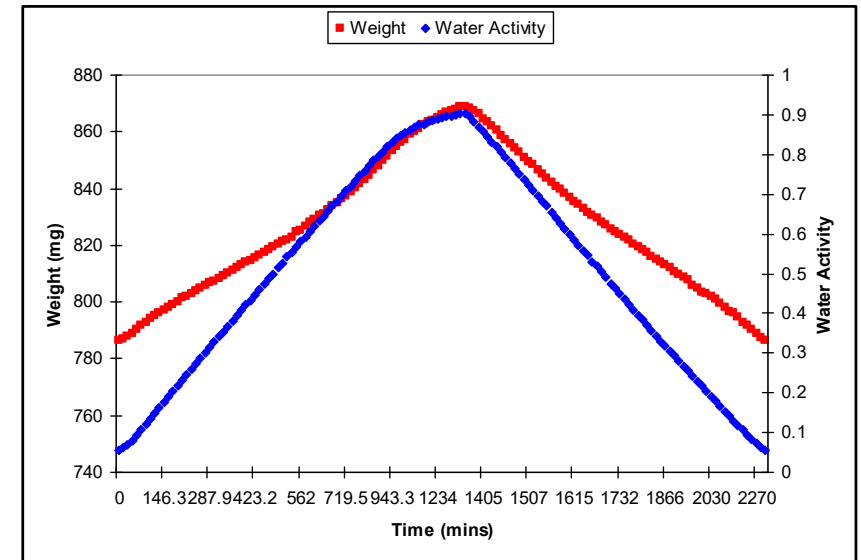
# Método DDI 4: Dinâmico Equipamento

- **Dynamic Dewpoint Isotherm**

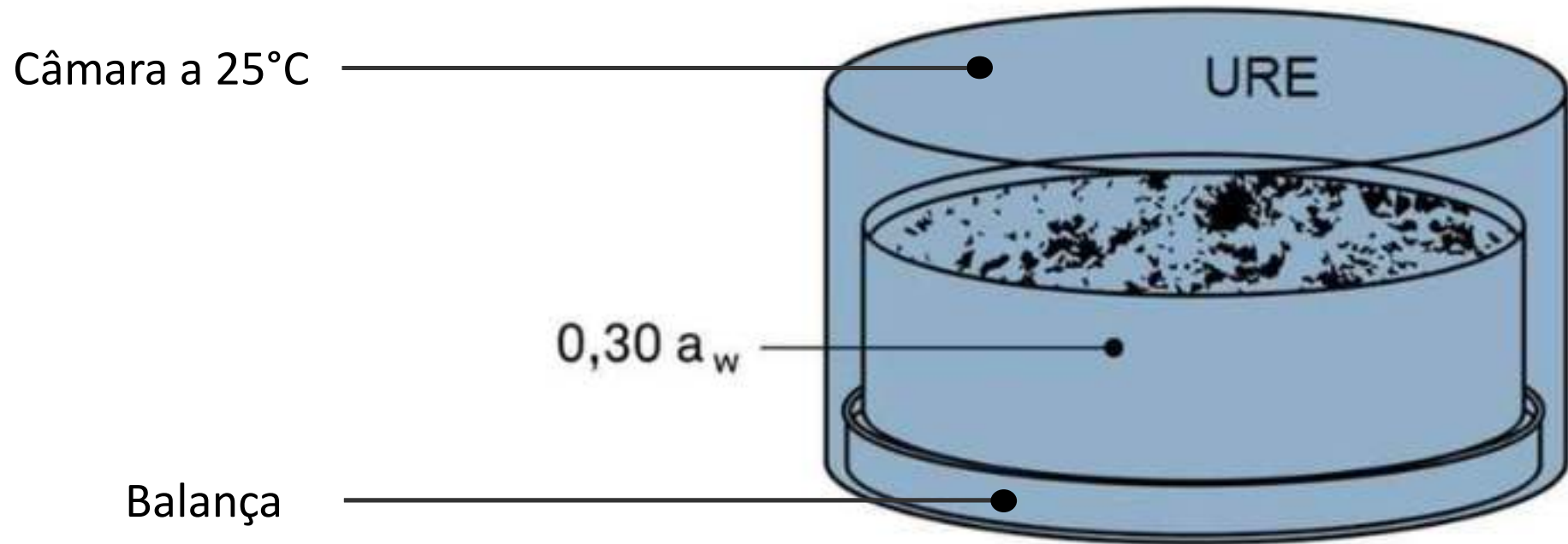
Ar seco ou umidificado é pulsado continuamente sobre a amostra.

A Umidade é rastreada gravimetricamente e a  $a_w$  é medida diretamente com sensor ponto de orvalho

A amostra não necessita equilibrar em uma  $a_w$  conhecida .



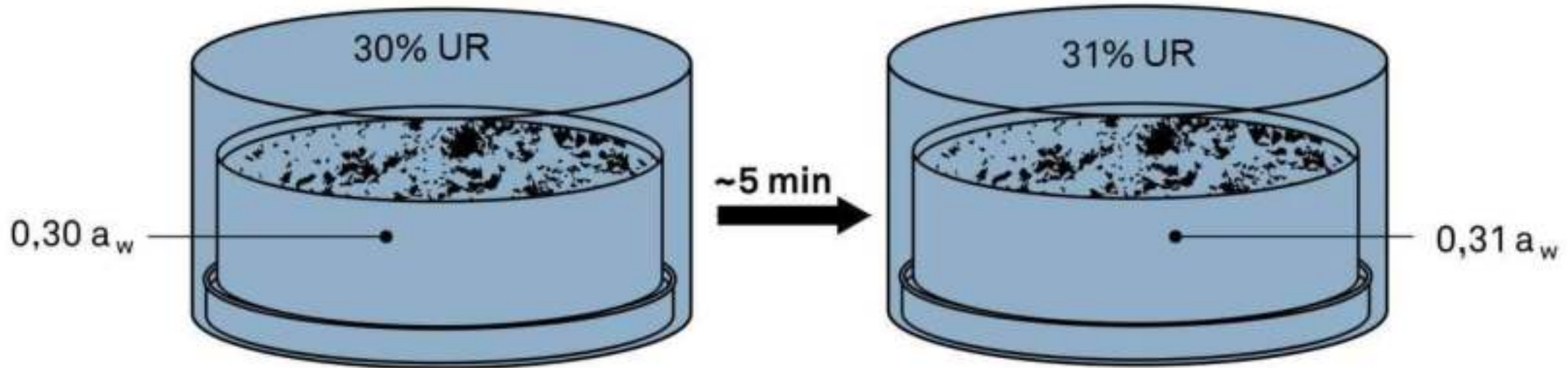
# Método DDI 4: Dinâmico Equipamento



# Método DDI 4: Dinâmico Equipamento

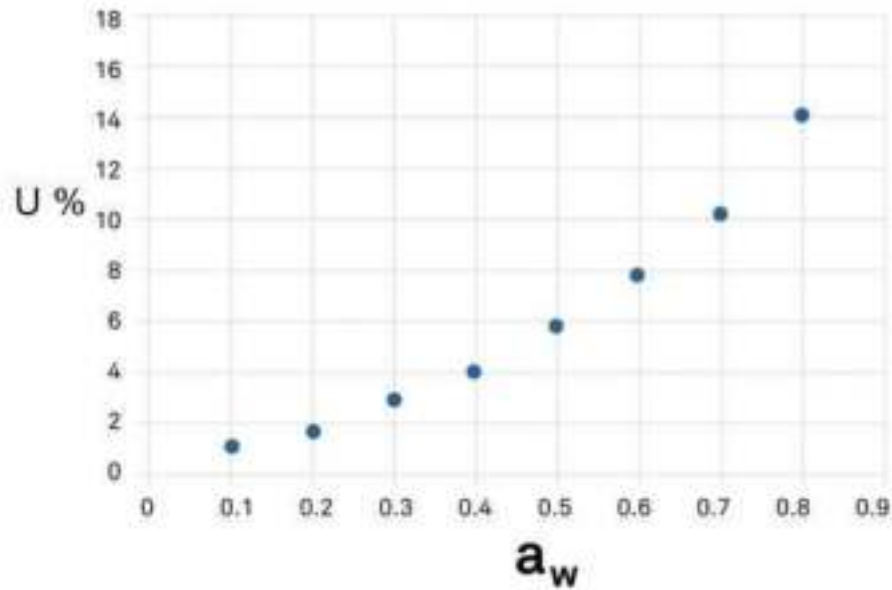
Identifica transições

Ar úmido



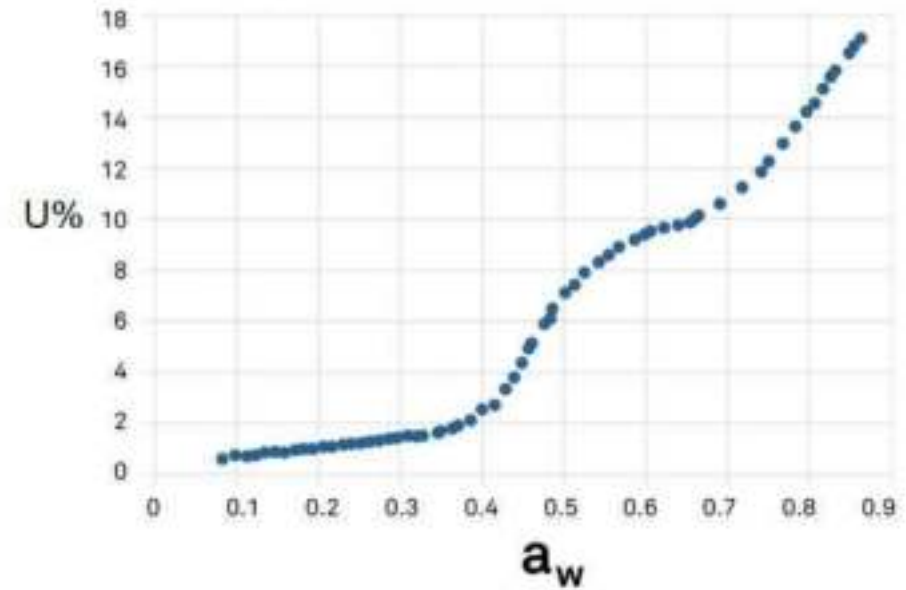
Equilíbrio por atividade de água

# DVS



- Equilíbrio por peso
- Número limitado de pontos
- Mudanças dependentes do tempo

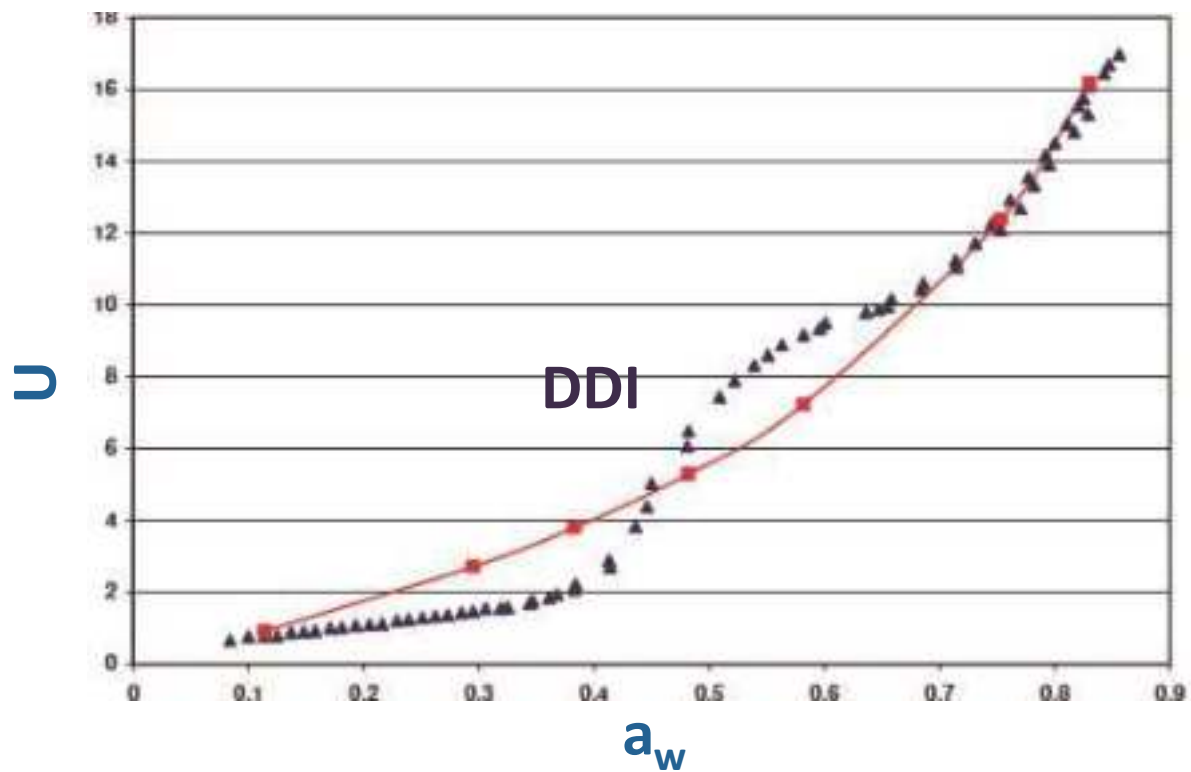
# DDI



- Equilíbrio por atividade de água
- Centenas de pontos
- Identificação de transições

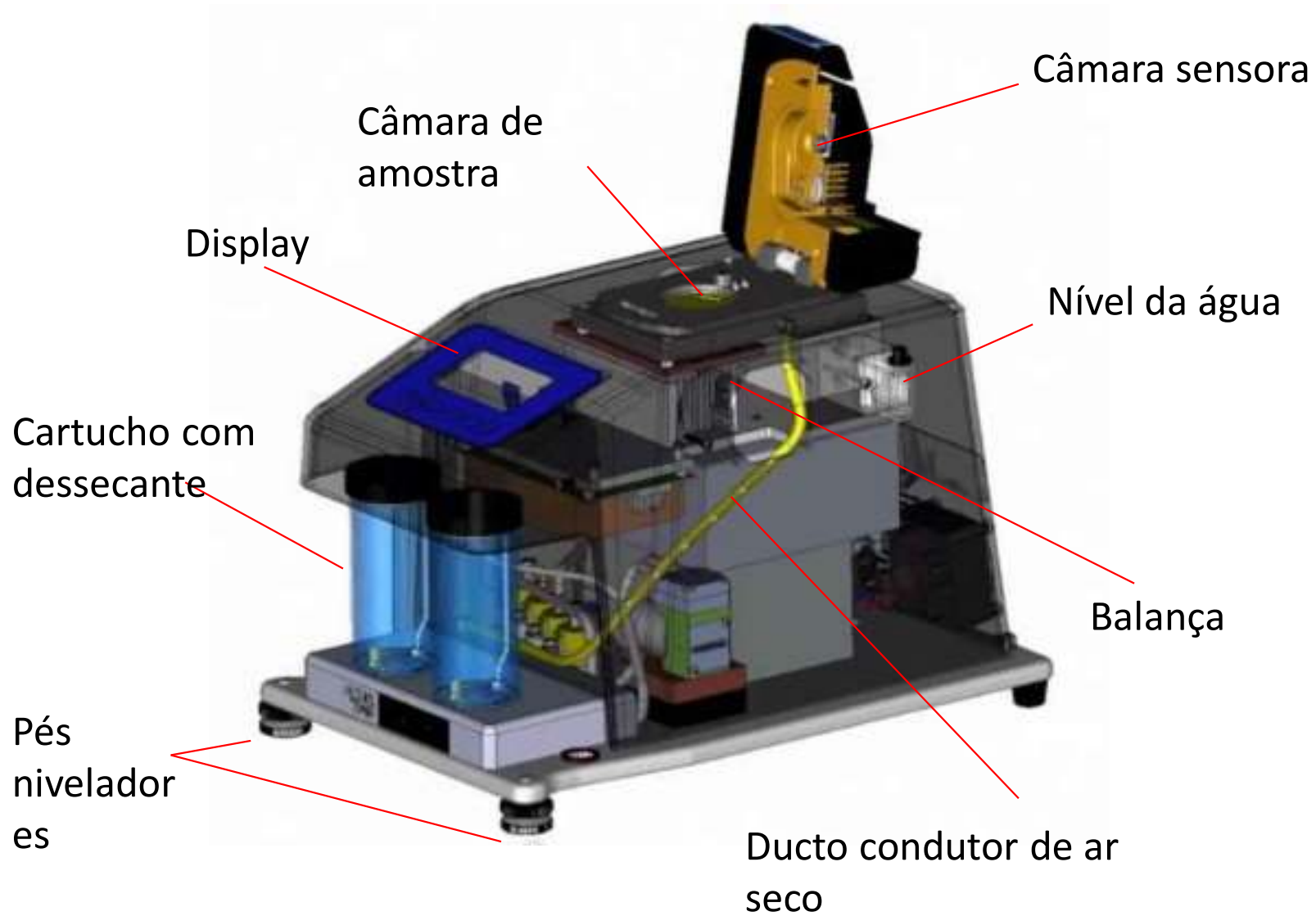
# DDI e DVS

Leite em pó em Spray Dryer

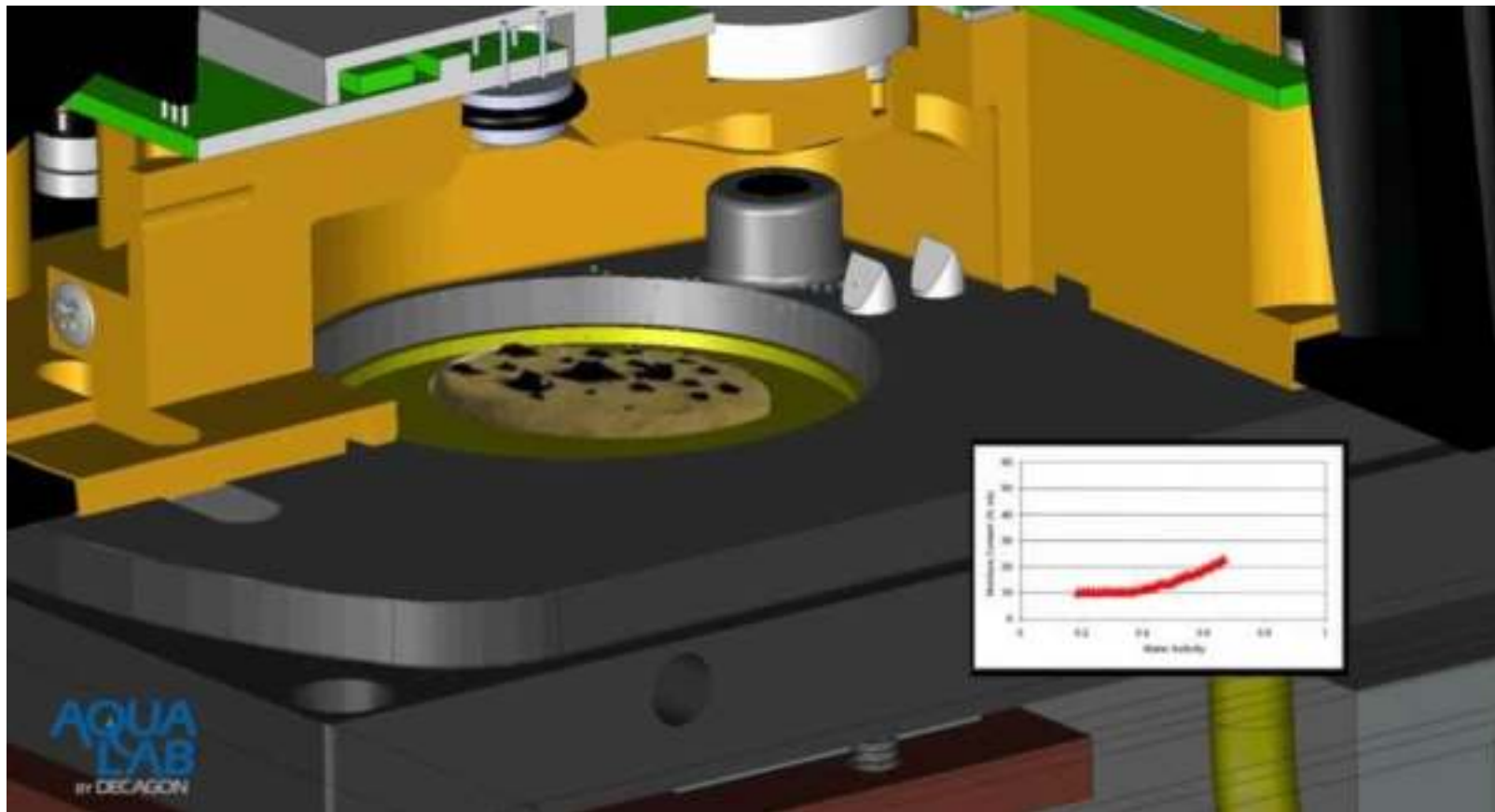


# Equipamento





# AMOSTRA NA CÂMARA





# Benefícios do método DDI

- **DDI é uma isoterma fundamentalmente diferente e única.**

Representa o que ocorre na prática.

- **Ilustra características de sorção mais precisas.**

Amostras raramente são expostas a mudança na umidade em progressão gradual (método DVS).

Normalmente em progressão dinâmica sob condições reais (método DDI)



# Limites de controle de temperatura

- $a_w$  é dependente da temperatura

$a_w$  mais alta em temperaturas mais altas\*.

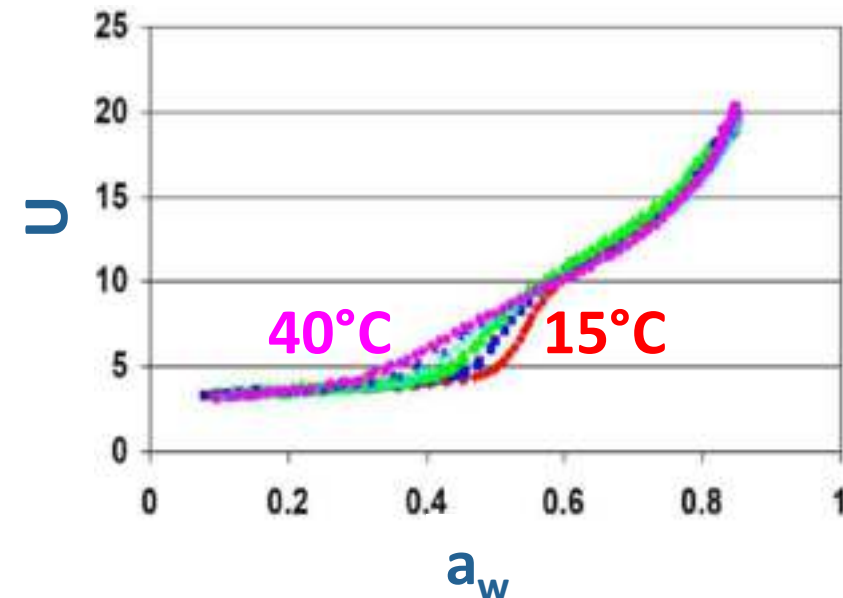
Temperaturas mais altas também reduzem pontos de transição de textura.

- $a_w$  pode ser determinada em qualquer temperatura

Utilizando a relação de Clausius-Clapeyron e análise de regressão linear.

- Requer isotermas em 3 diferentes temperaturas.

Leite em pó por Spray Dryer



$$\ln \frac{a_{w2}}{a_{w1}} = \frac{\Delta H}{R} \left[ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]$$

# Efeito da Temperatura – predição da $a_w$

Enter one or more .isotherm files:

**Selecionar as isotermas.**

Enter temperatures to use:

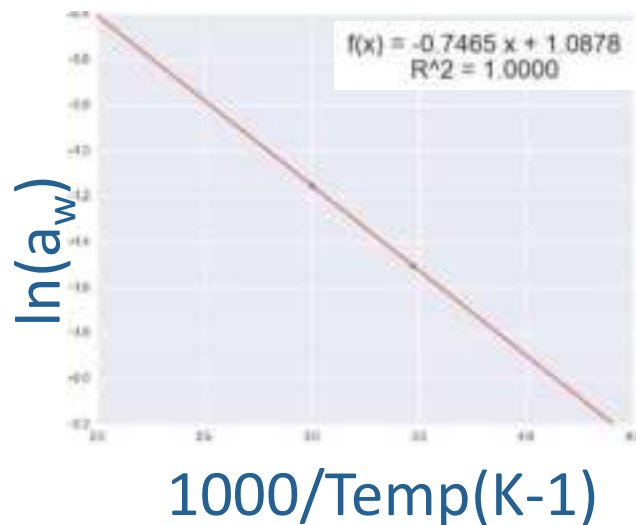
**15, 30, 60 °C**

Please enter a specific moisture content to use:

Moisture Content: **5,57 %**

Please specify a sorption direction:

Adsorption  
 Desorption

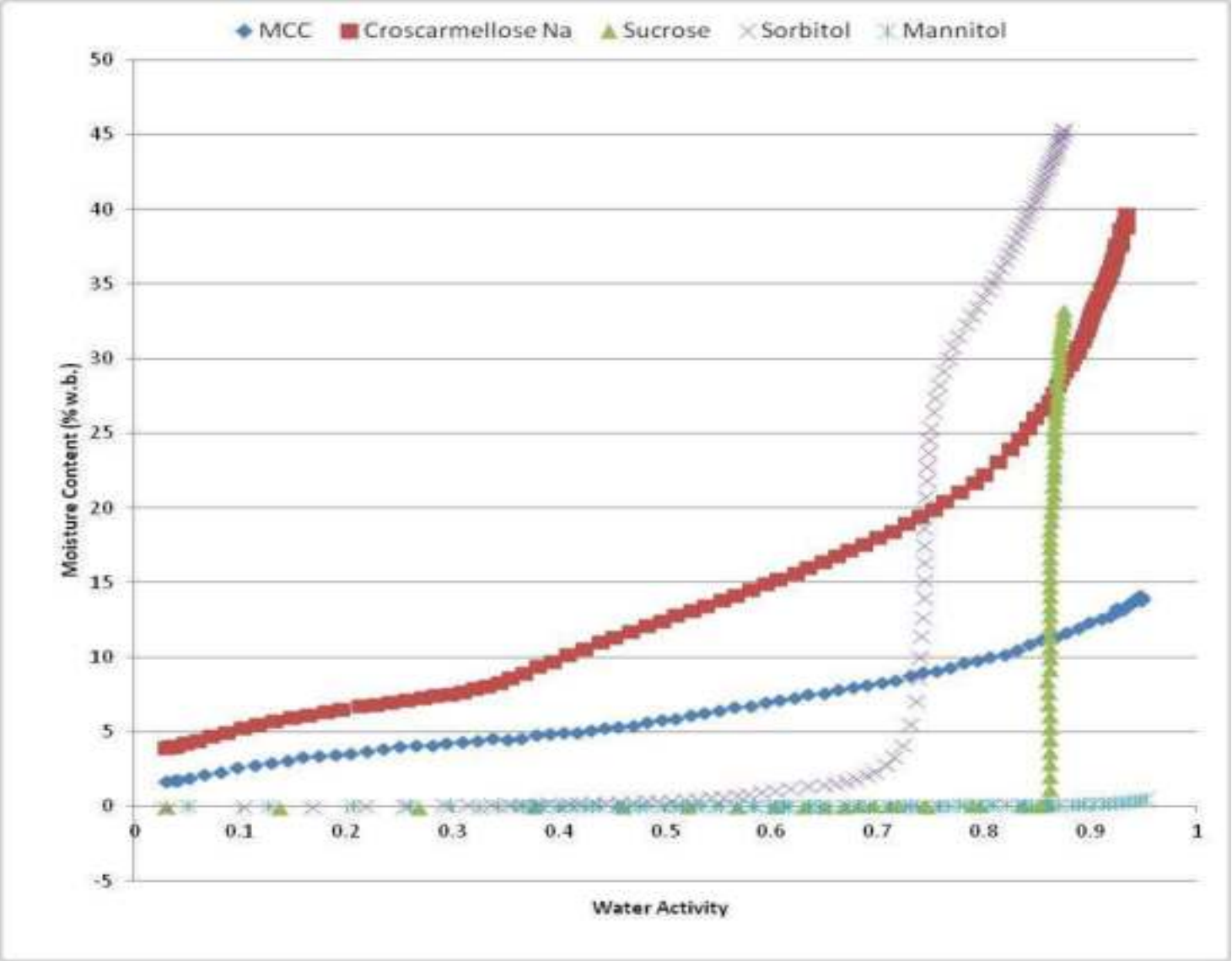


Predict Water Activity:

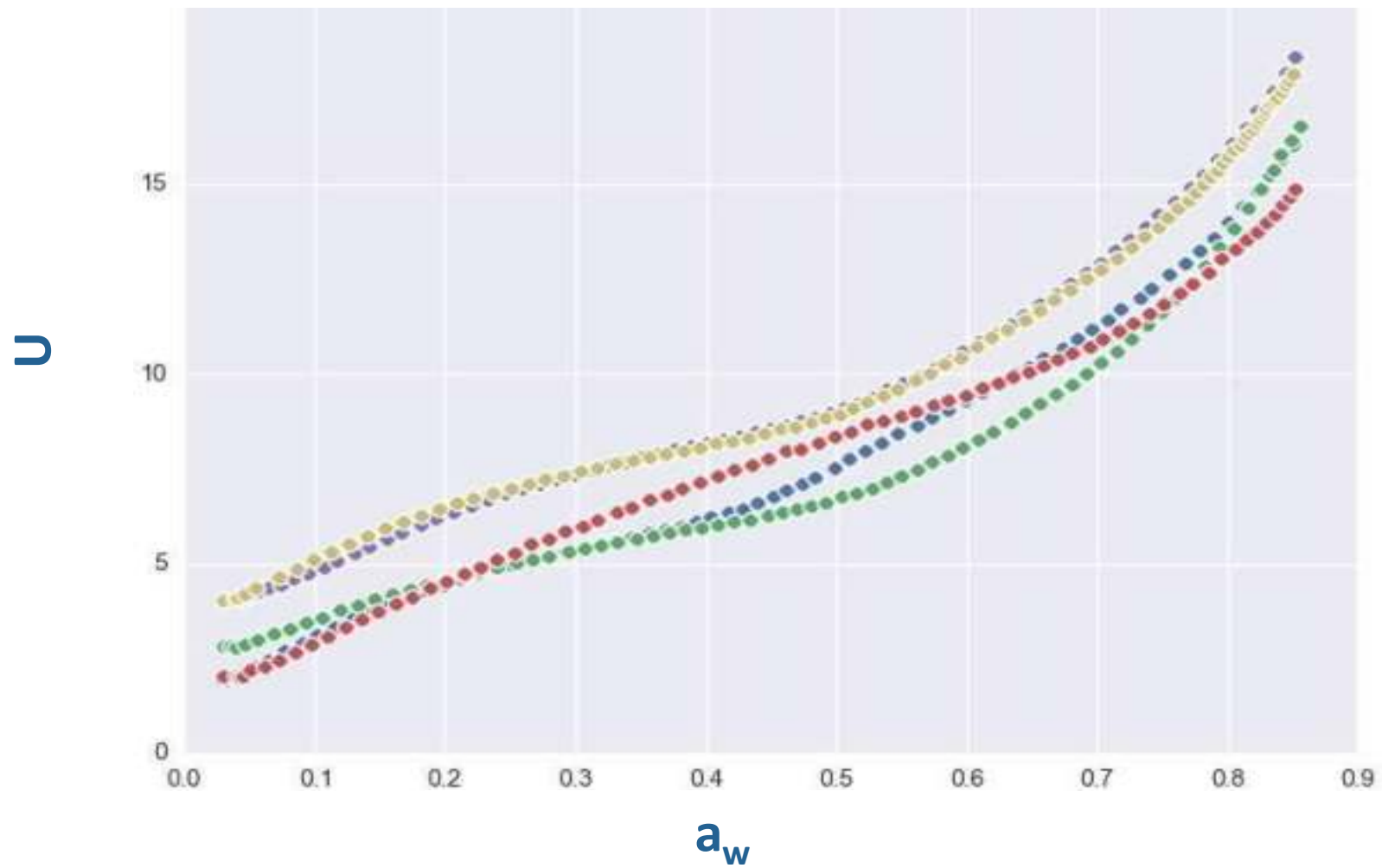
Temperature (C): **35 °C**

Predict Water Activity: **0,70**





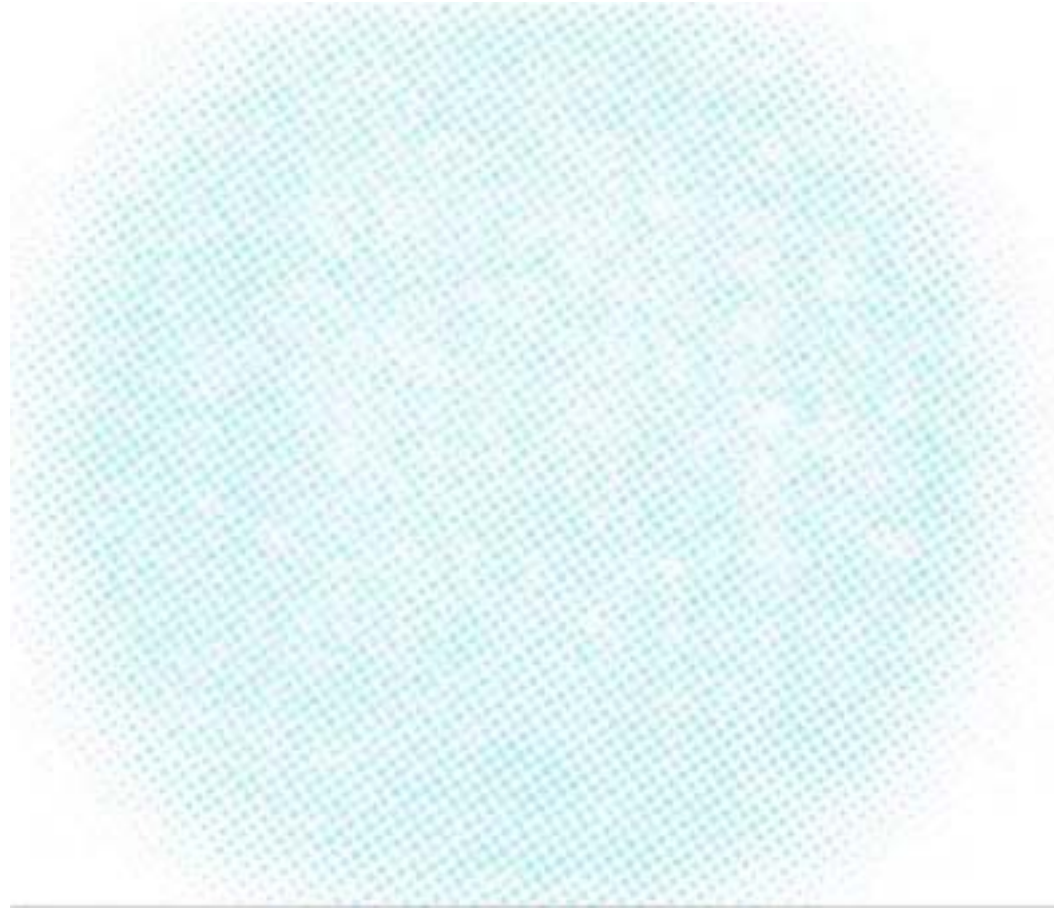
# Comparação de isotermas



Multigrãos

U inicial= 3%  
 $a_w$  inicial = 0,27

U final= 3,6  
 $a_w$  final = 0,42



Amêndoas

U inicial= 3%  
 $a_w$  inicial = 0,47

U final= 2,3  
 $a_w$  final = 0,42

# DLP Mistura de ingredientes

Please add ingredients:

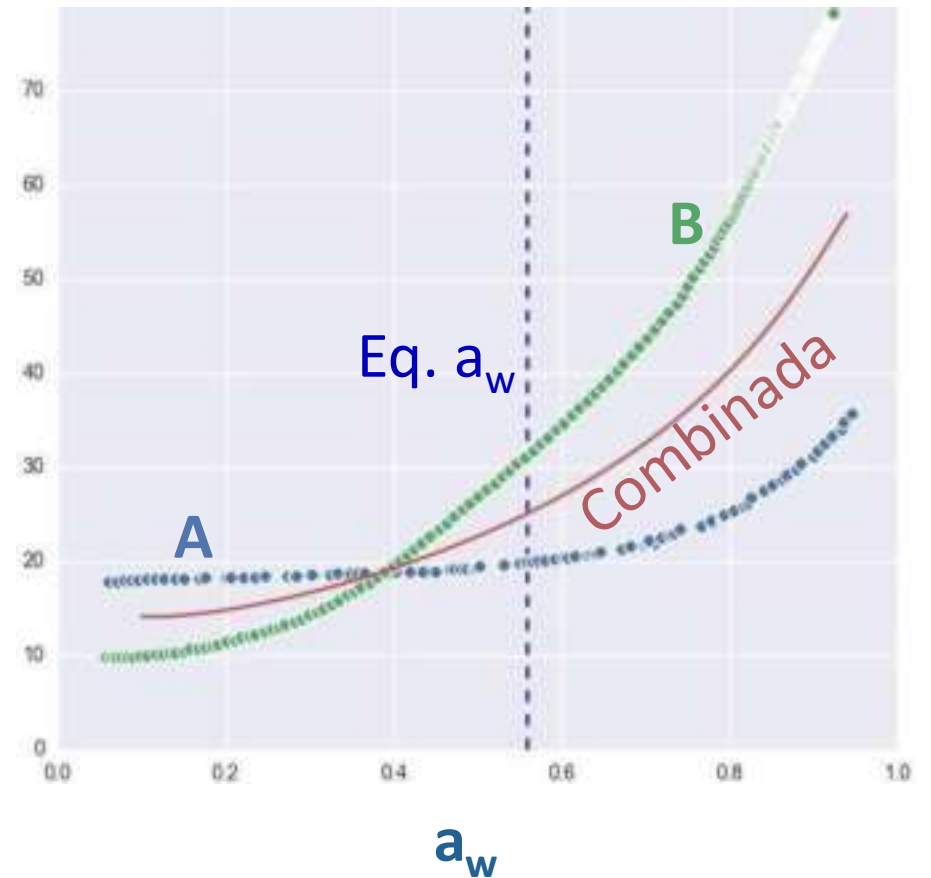
Ingredient	$a_w$	Mass (g)
A	0,48	25,00
B	0,60	25,00

Calculate Cancel

Results:

Final Aw: **0,56**

## Isoterma de adsorção combinadas



# CONSIDERAÇÕES

Formule com a  $a_w$  em mente para alcançar a estabilidade ótima.

Medida de  $a_w$  confirma a vida de prateleira, qualidade e testes de segurança.

$a_w$  é uma das especificações mais efetivas.

Controle da velocidade da esteira e temperatura do forno.

Informação de arquivo para inspeções e reclamações de clientes.





**ESTE SEMINÁRIO  
LHE FOI ÚTIL? DEIXE  
OS SEUS  
COMENTÁRIOS E  
SUGESTÕES.**



perguntas?

# ENCONTRE-NOS



<https://www.facebook.com/metergroupbr/>



<https://www.metergroup.com.br/>



<https://twitter.com/metergrouplatam>



<https://www.youtube.com/metergrouplatam>



<https://www.instagram.com/metergrouplatam/>



<http://linkedin.com/company/metergrouplatam>

# AGRADECEMOS A SUA PARTICIPAÇÃO

## METER Group LatAm

Avenida Andromeda, 693

Sala 204 Floradas de S. José

12.230-000

S.J dos Campos – SP

Fone: (12) 3307-1016



[tania@metergroup.com](mailto:tania@metergroup.com)

