

METER

Tânia M. M. Shibata
tania@metergroup.com

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



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 / m³ 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 NAS 9-12348
PHASE IV

Final Report
September 1975 to September 1976

(NASA-CR-151147) STORAGE STABILITY AND IMPROVEMENT OF INTERMEDIATE MOISTURE FOODS, PHASE 4 Final Report, Sep. 1975 - Sep. 1976 (Minnesota Univ., St. Paul.) 485 p HC 617/82 501

377-15640

USCIB 15461

OSCE 062 03/24

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

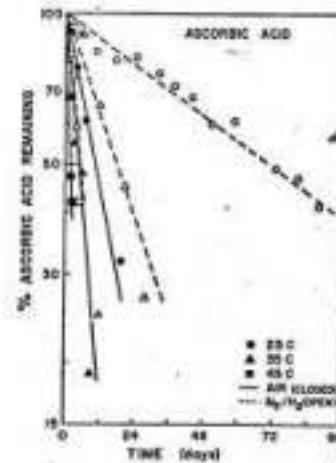
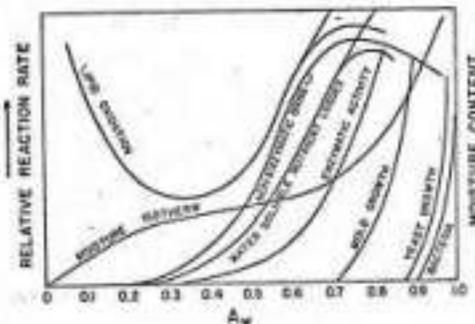
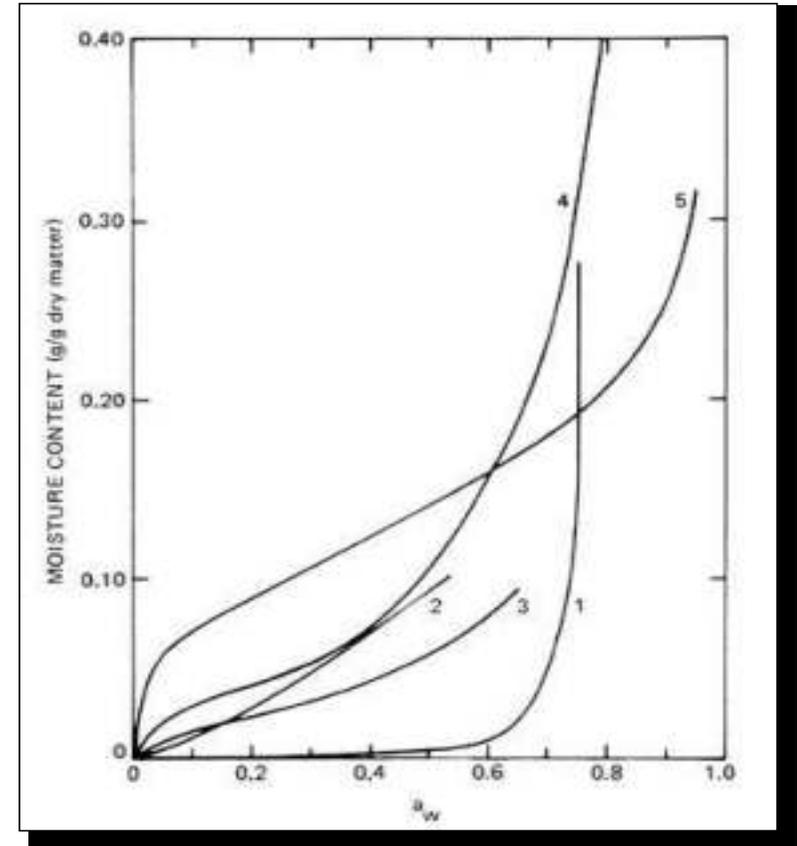
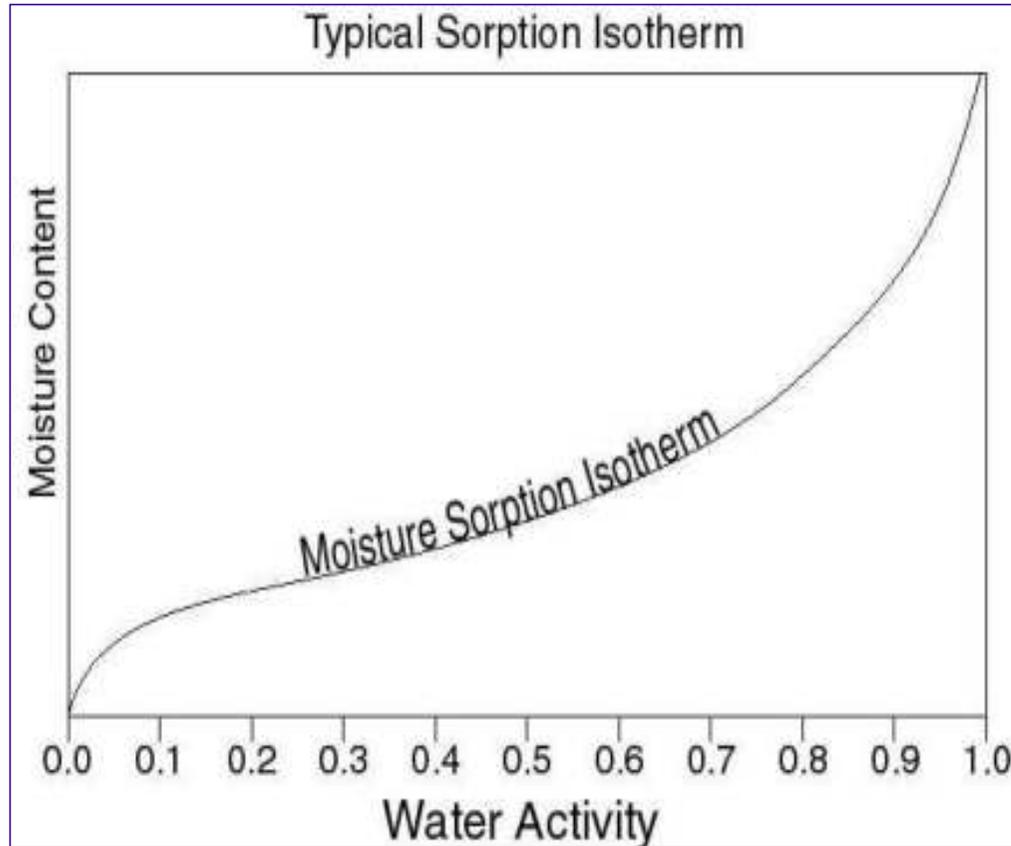


Fig. 4. - Reaction of ascorbic acid remaining as a function of A_w and time for an intermediate moisture food (A_w 0.88) in air and in 5% low atmosphere.



O QUE É ISOTERMA DE SORÇÃO?

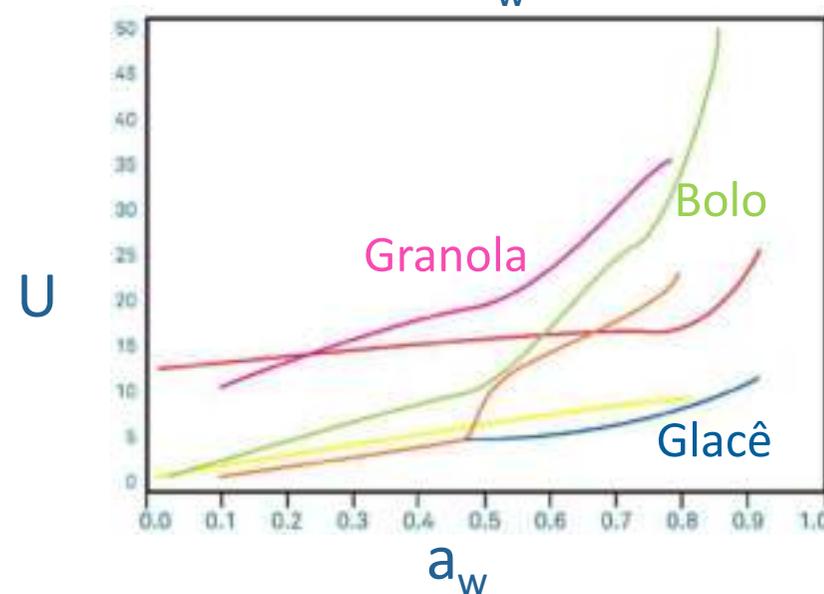
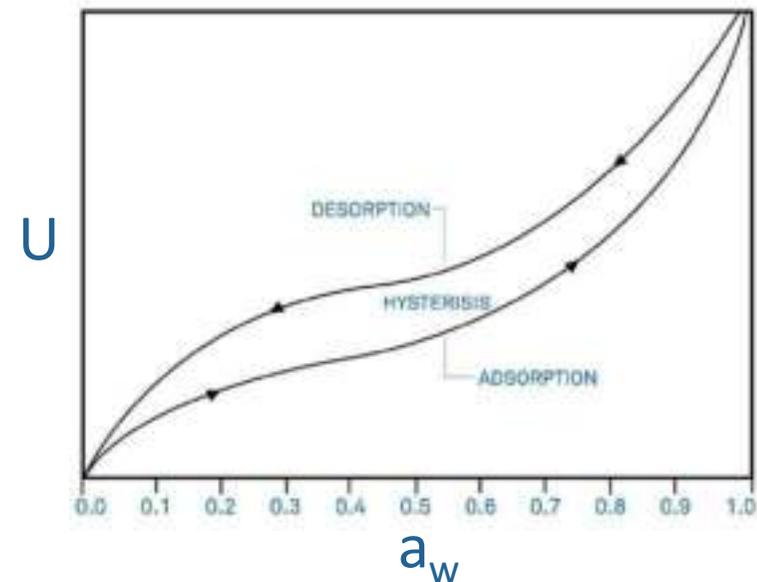
ISOTERMA DE SORÇÃO DE VAPOR DE ÁGUA



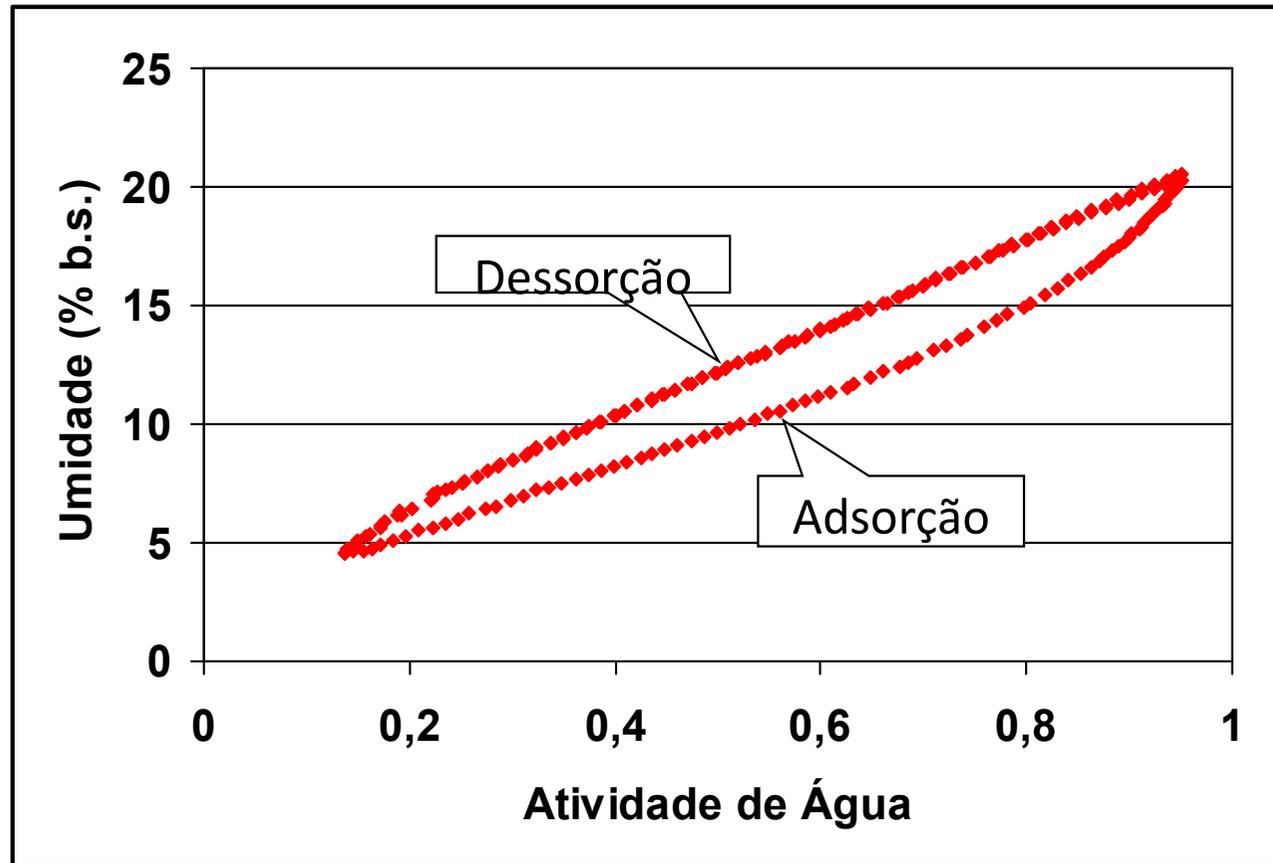
- **Isoterma de sorção**

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.

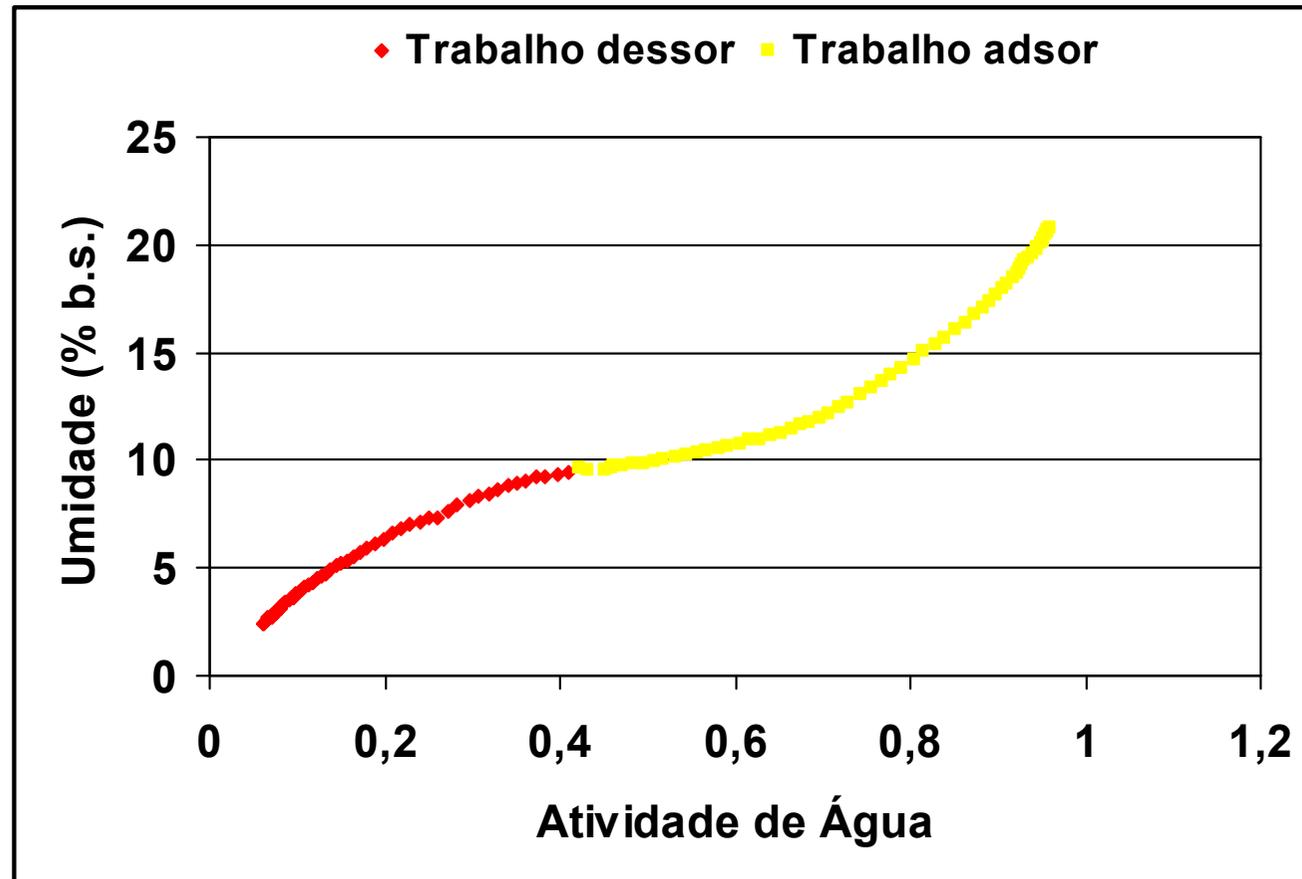


ISOTERMA COMPLETA



*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 ₃ CO ₂ K	0.225	0.216	0.204	0.195	0.192
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0.328	0.324	0.318	0.314	0.312
K ₂ CO ₃	0.432	0.432	0.432	0.432	0.433
NaNO ₂	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 ₂ ·6H ₂ O	32.05	31.10	29.93
K ₂ CO ₃	43.64	42.99	42.40
NaBr	54.55	51.95	50.15
NaNO ₂	62.84	60.11	57.64
NaCl	74.87	74.52	74.41
KCl	82.95	81.74	80.70
K ₂ SO ₄	96.71	96.12	95.53

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

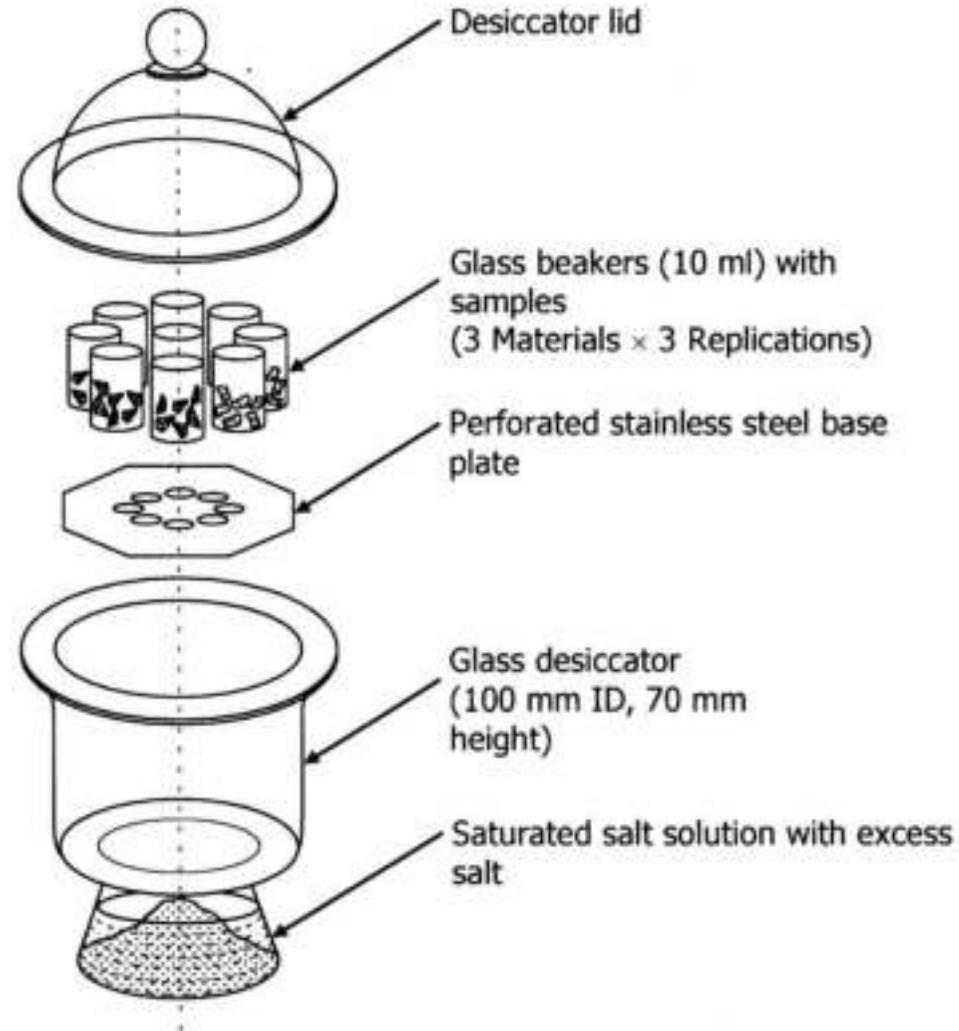
No	Salt formula	Equilibrium relative humidity % at			
		30 °C	40°C	50°C	60°C
1	K ₂ SO ₄	96.00	95.8	95.8	95.82
2	KCl	84.3	82	81.2	80.25
3	NaCl	75.6	75.3	74.4	74.5
4	KI	68.86	66.0	64.4	63.11
5	Mg(NO ₃) ₂	51.4	48.4	45.4	47.3
6	K ₂ CO ₃	43.16	40	38.5	37.7
7	MgCl ₂	32.8	31.6	30.5	29.26
8	KC ₂ H ₃ O ₂	22	20.8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

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

Método DVS 1: Dessecaadores

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

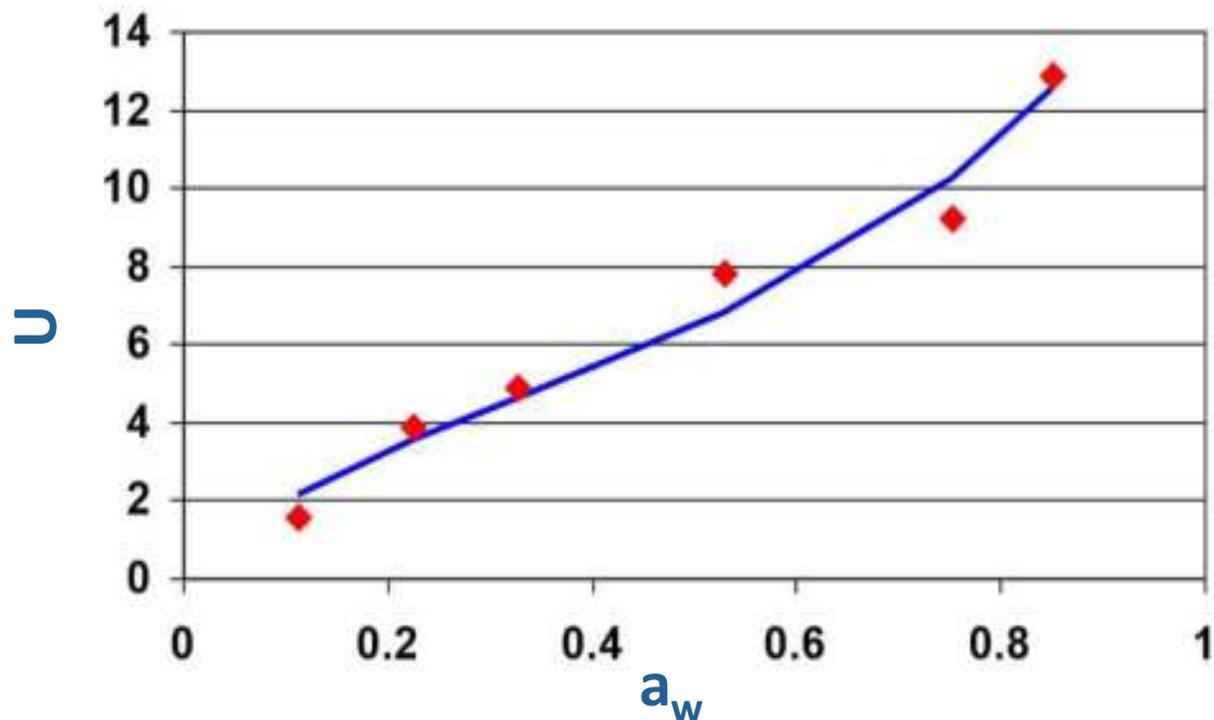
Acompanhar o ganho / perda de peso em cada umidade de equilíbrio.

1 a 3 semanas para atingir o equilíbrio



Método DVS 1: Desseccadores

- 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)

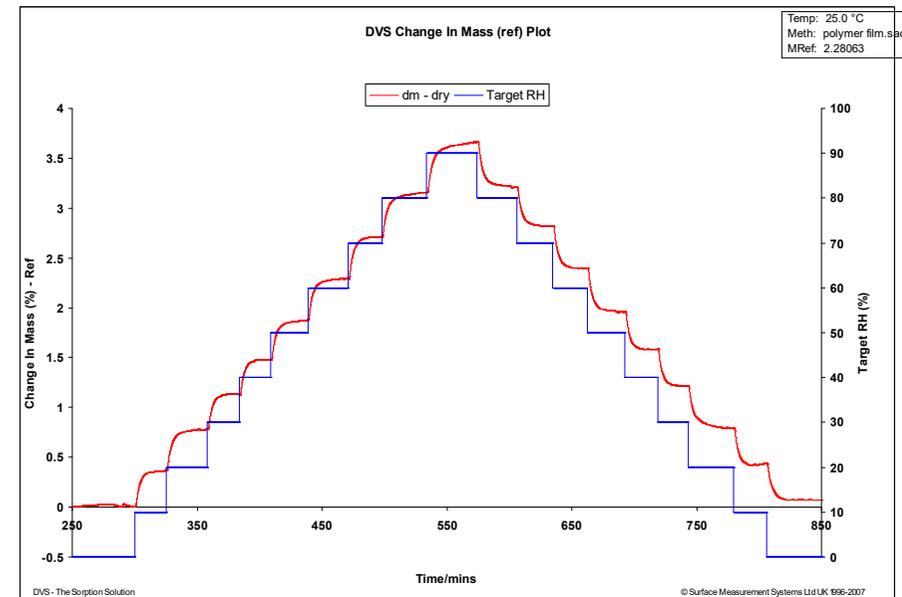
Ciclo automático de a_w

Determinação gravimétrica quando alteração do peso “estabiliza”

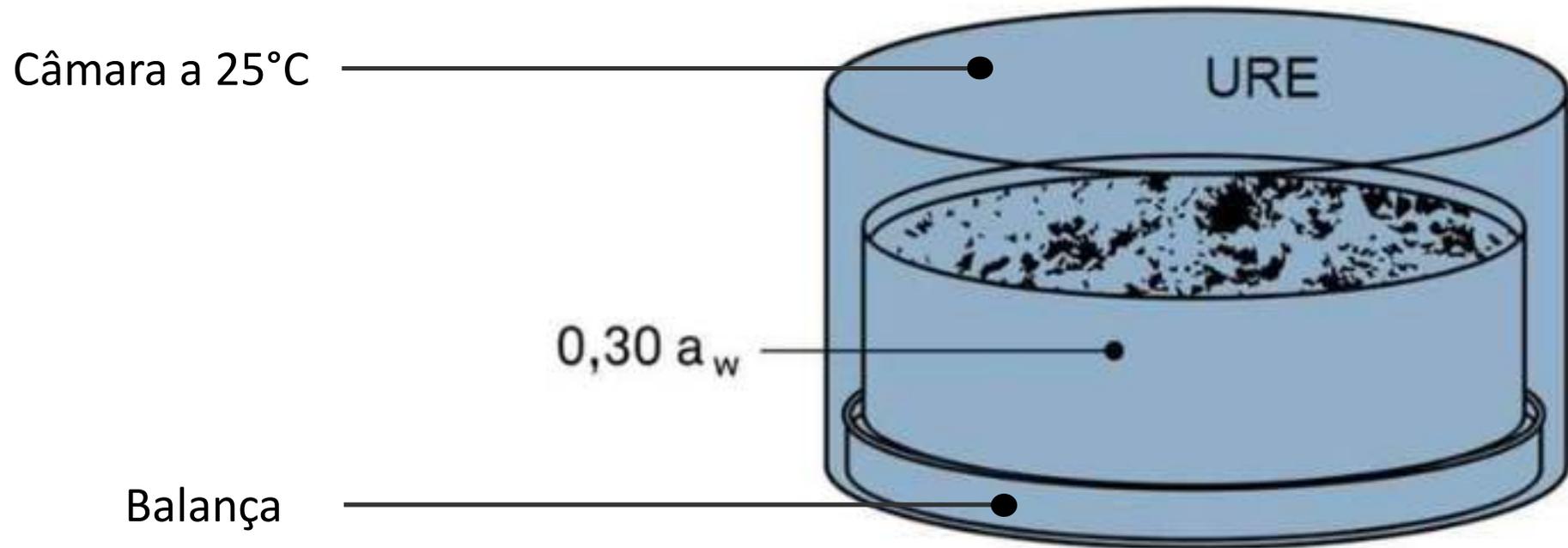
Mais rápido que o métodos tradicionais

Facilidade para avaliação da cinética de sorção

Ainda depende do equilíbrio para definir os níveis de a_w

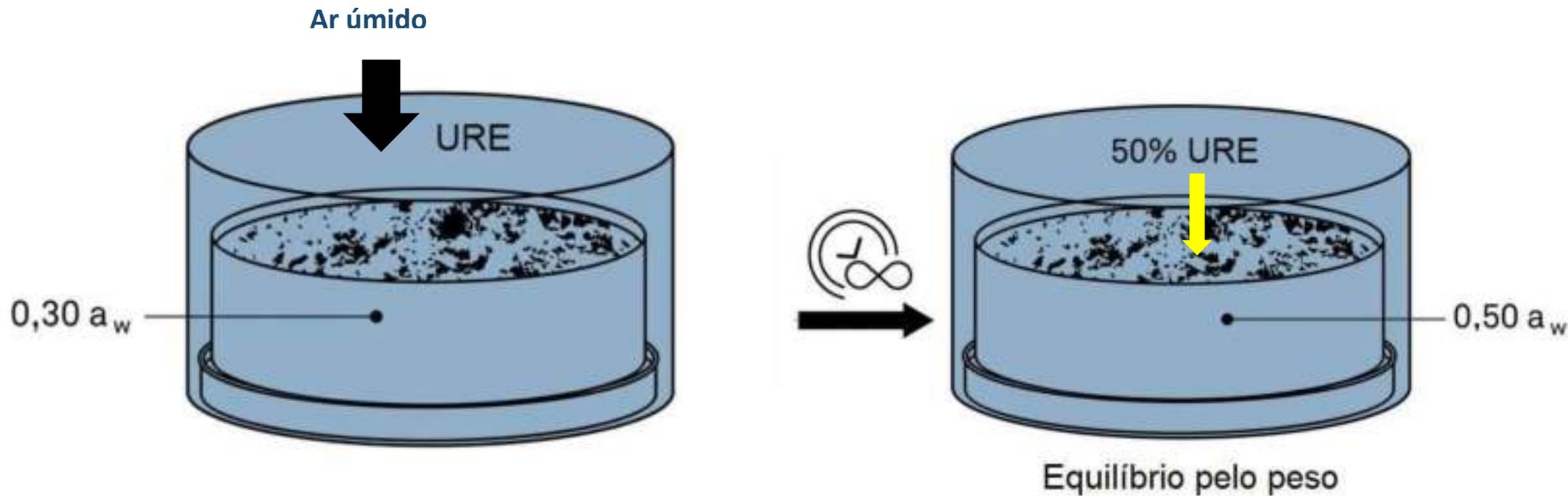


Método DVS 2: Equipamento



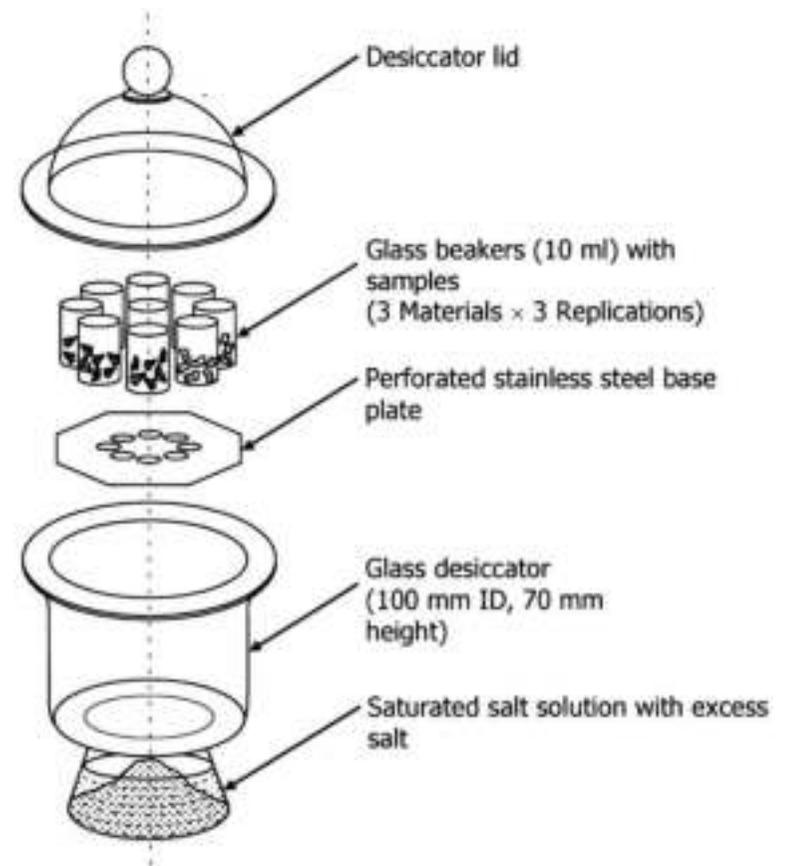
Método DVS 2: Equipamento

Alteração depende do tempo



MÉTODO 3: DINÂMICO DESSECADORES

Método 3: Dinâmico Dessecadores



MÉTODO DDI 4: DINÂMICO EQUIPAMENTO

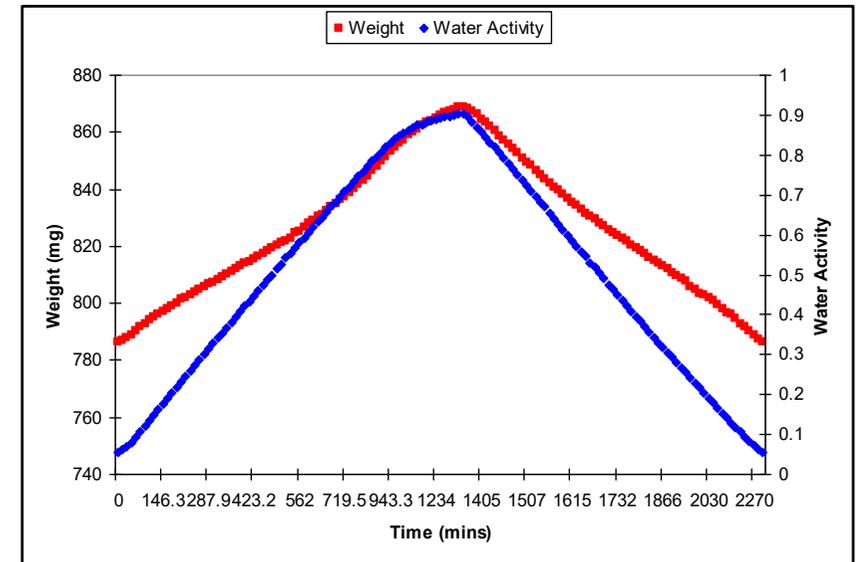
Método DDI 4: Dinâmico Equipamento

- **Dynamic Dewpoint Isotherm**

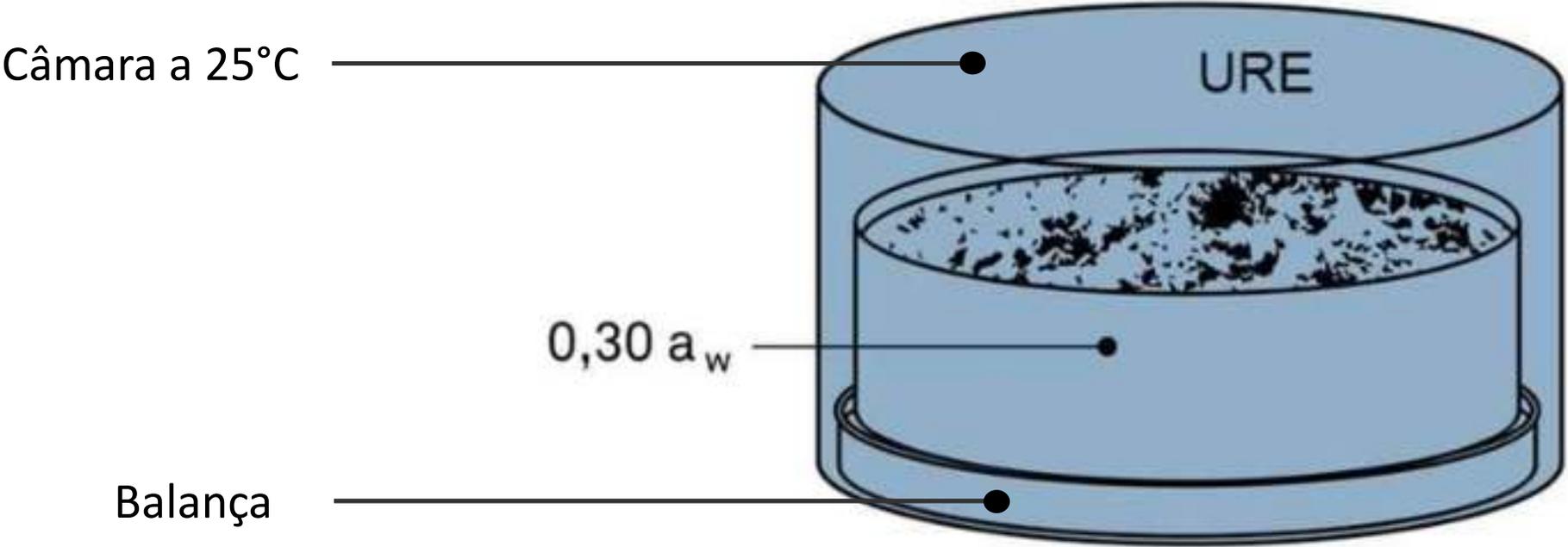
Ar seco ou umidificado é pulsado continuamente sobre a amostra.

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 .



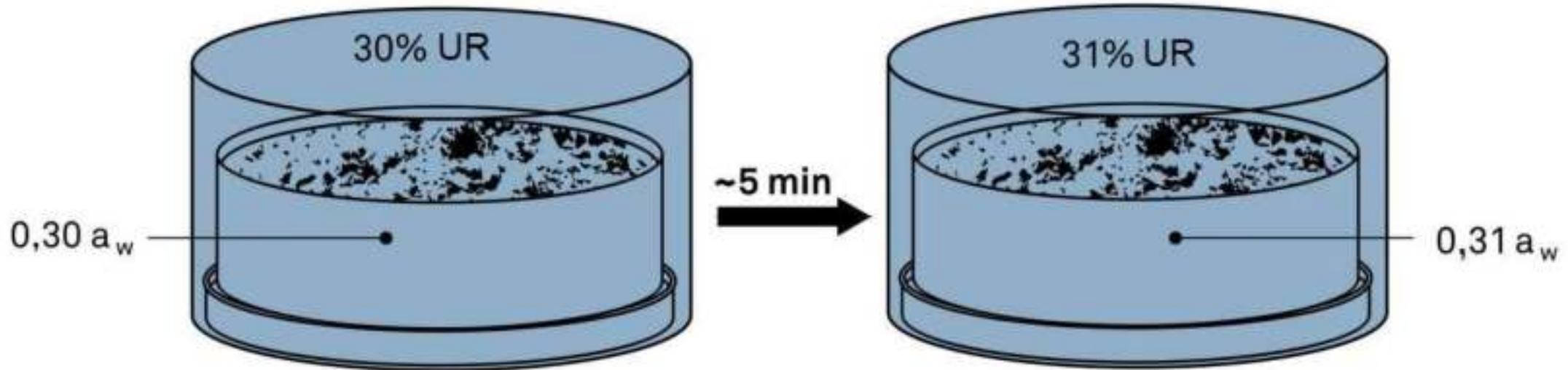
Método DDI 4: Dinâmico Equipamento



Método DDI 4: Dinâmico Equipamento

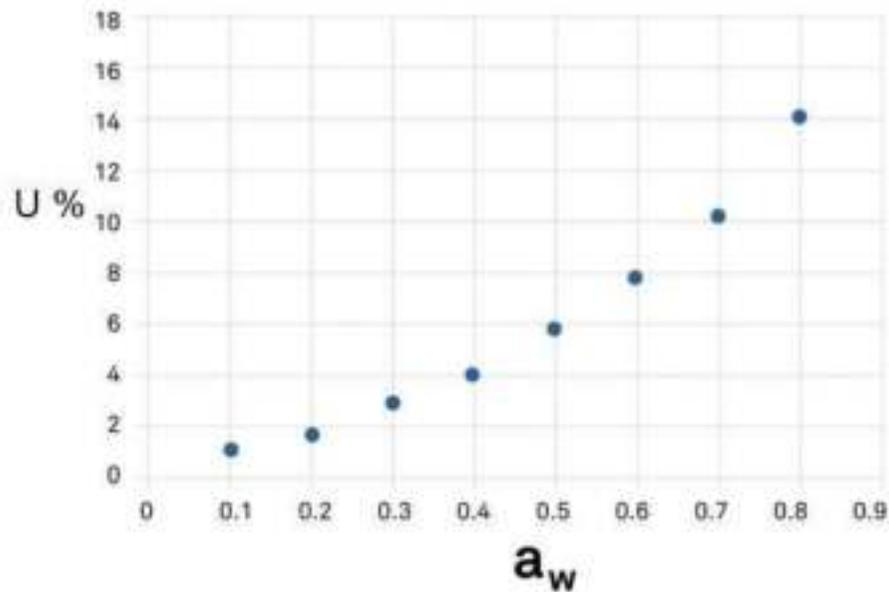
Identifica transições

Ar úmido



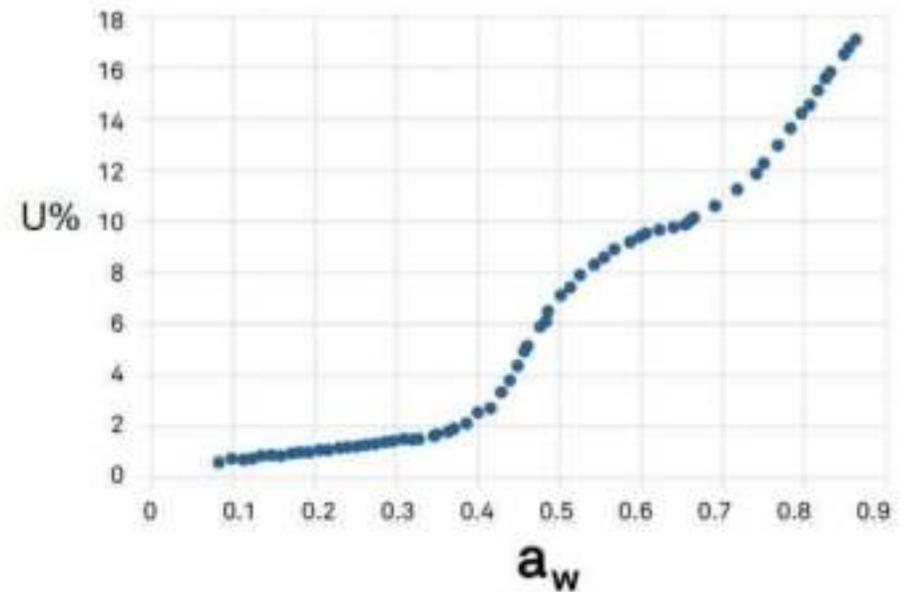
Equilíbrio por atividade de água

DVS



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

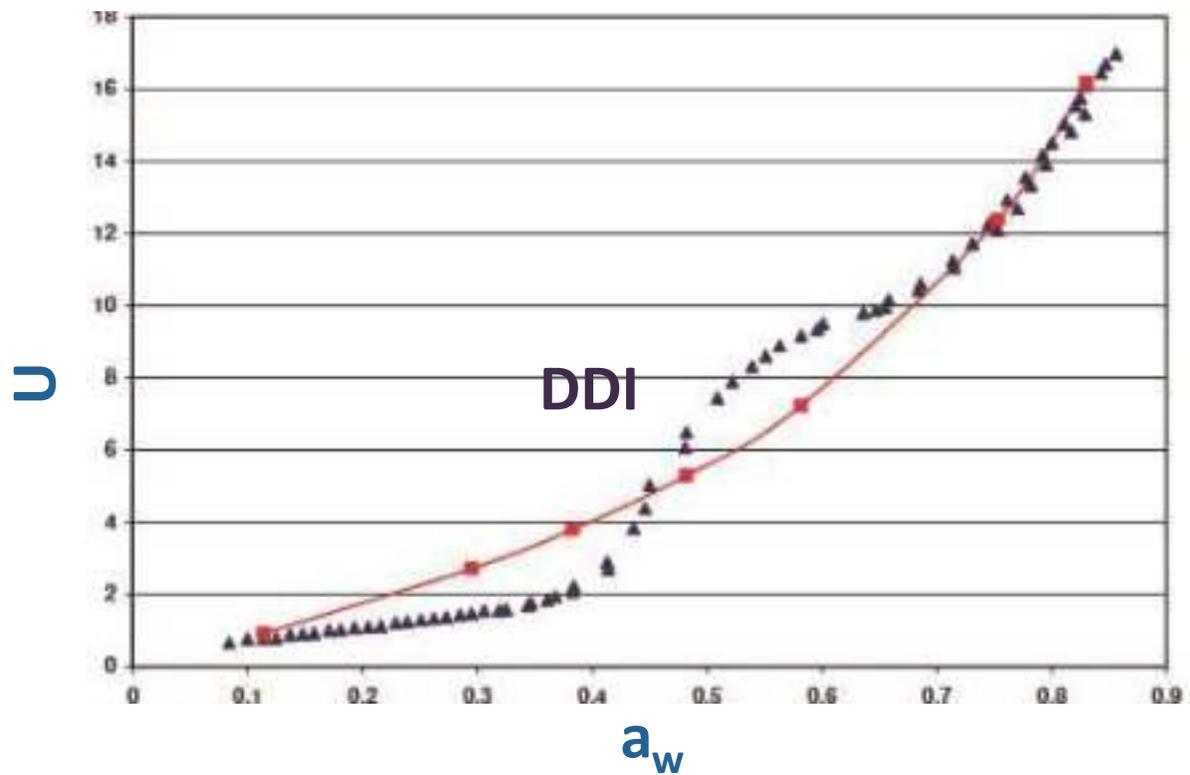
DDI



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

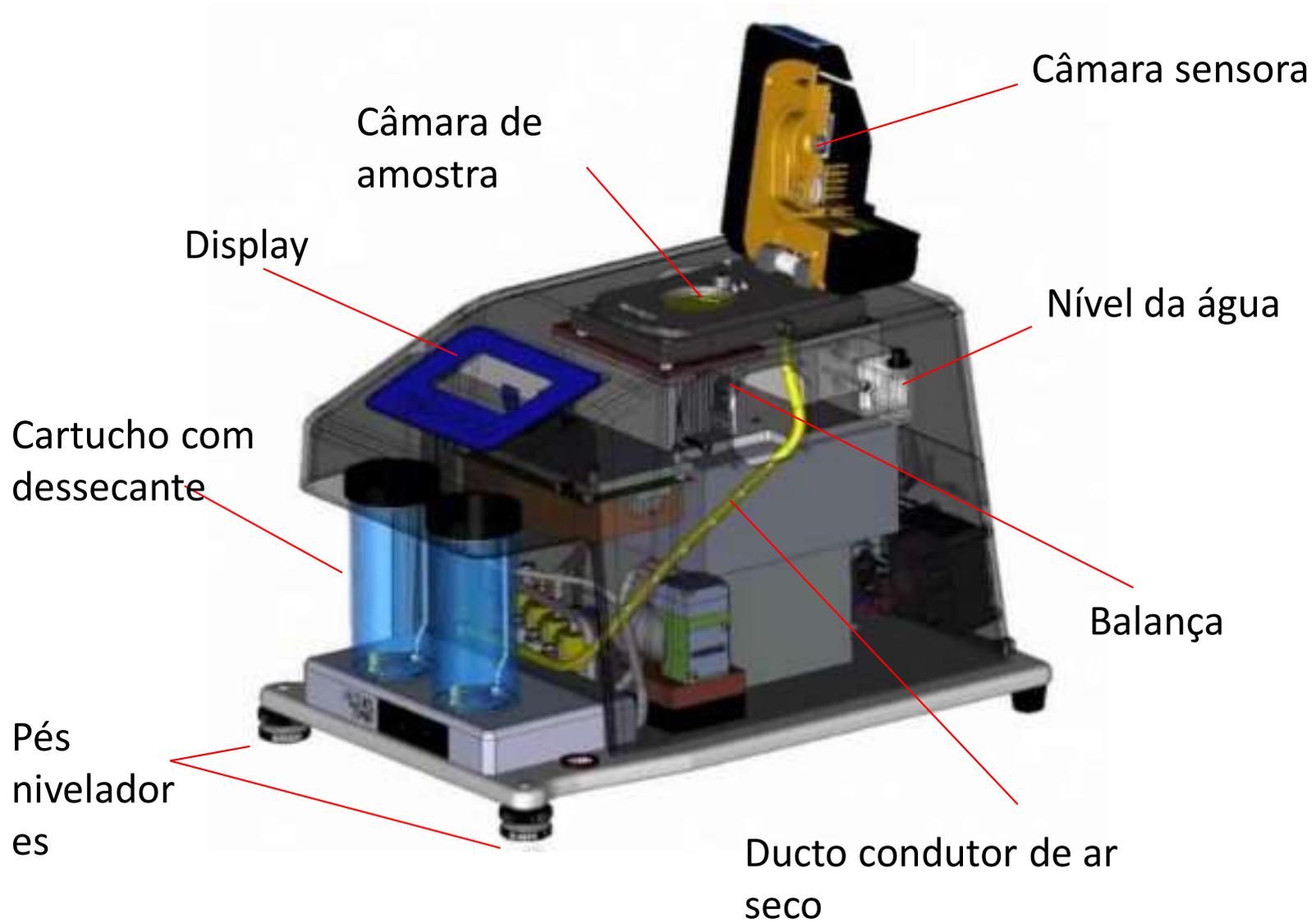
DDI e DVS

Leite em pó em Spray Dryer

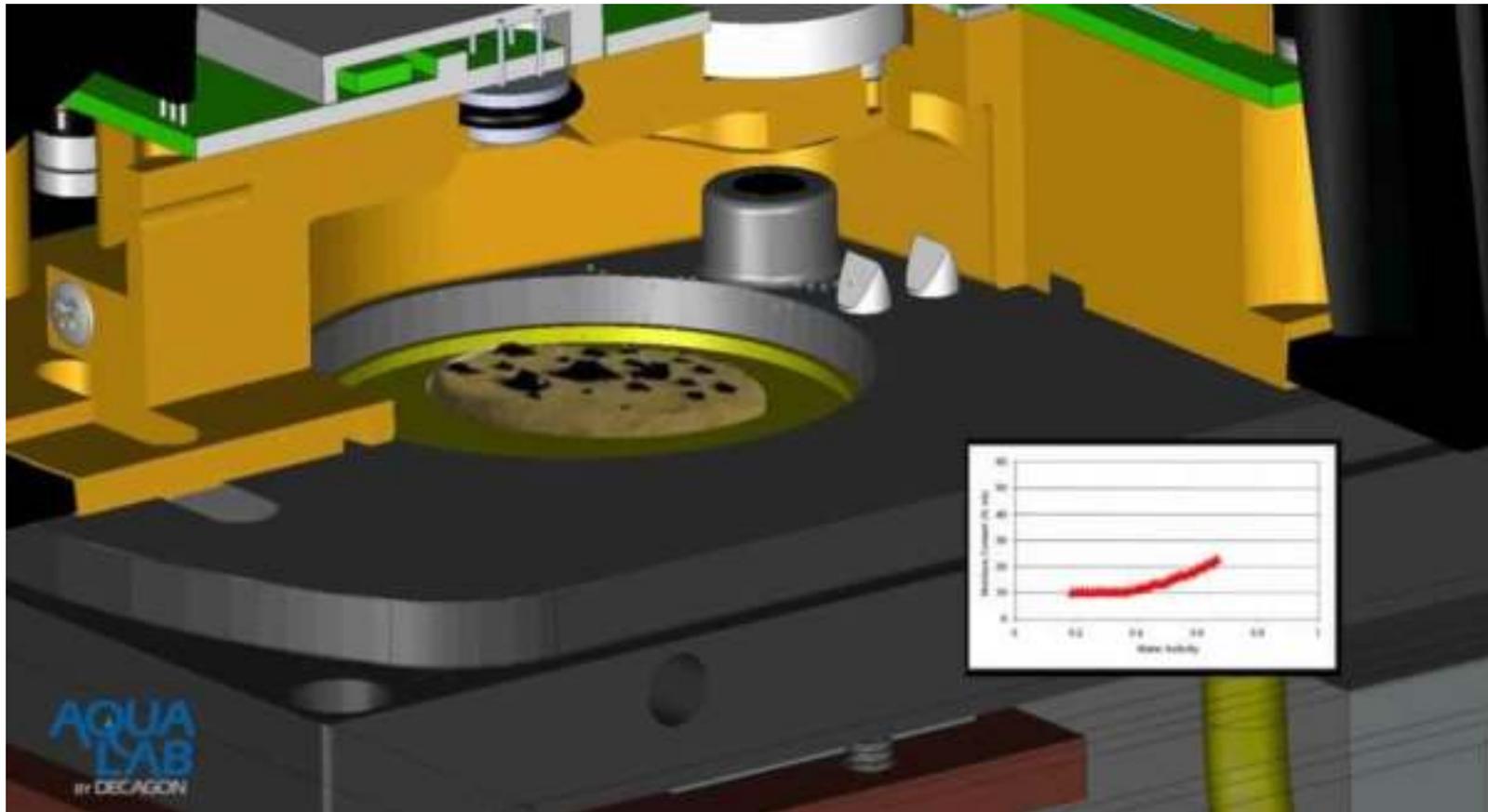


Equipamento





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*.

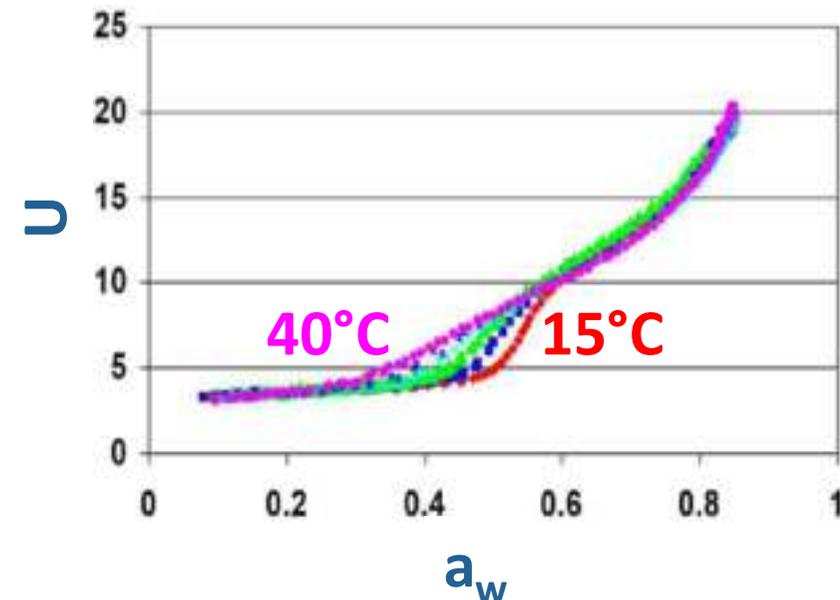
Temperaturas mais altas também reduzem pontos de transição de textura.

- 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:

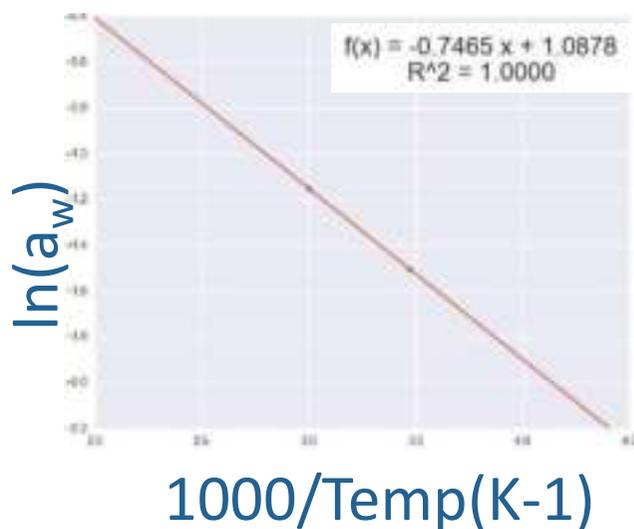
15, 30, 60 °C

Please enter a specific moisture content to use:

Moisture Content: **5,57 %**

Please specify a sorption direction:

Adsorption
 Desorption



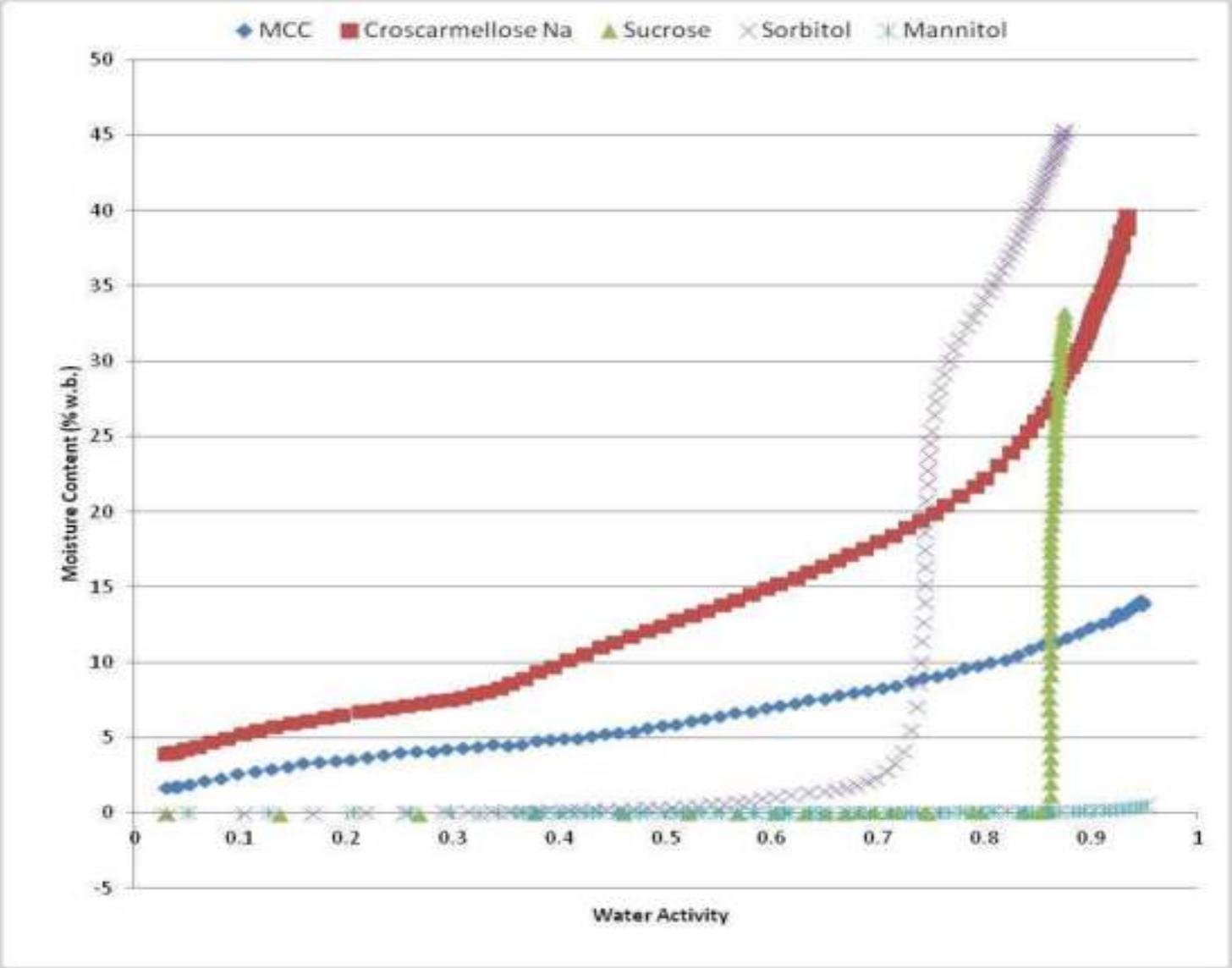
Predict Water Activity:

Temperature (C): **35 °C**

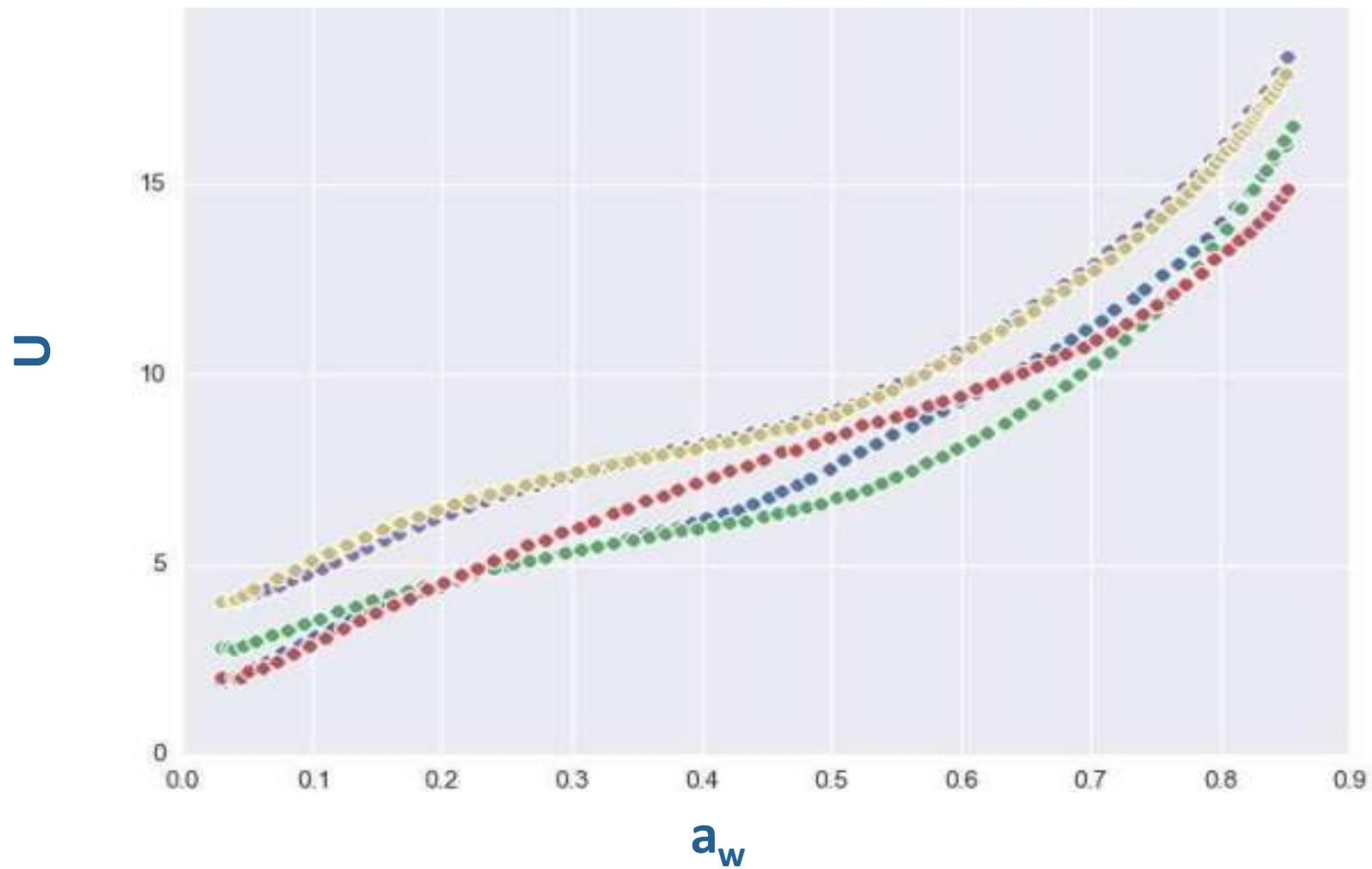
Predict Water Activity: **0,70**

Predict Water Activity





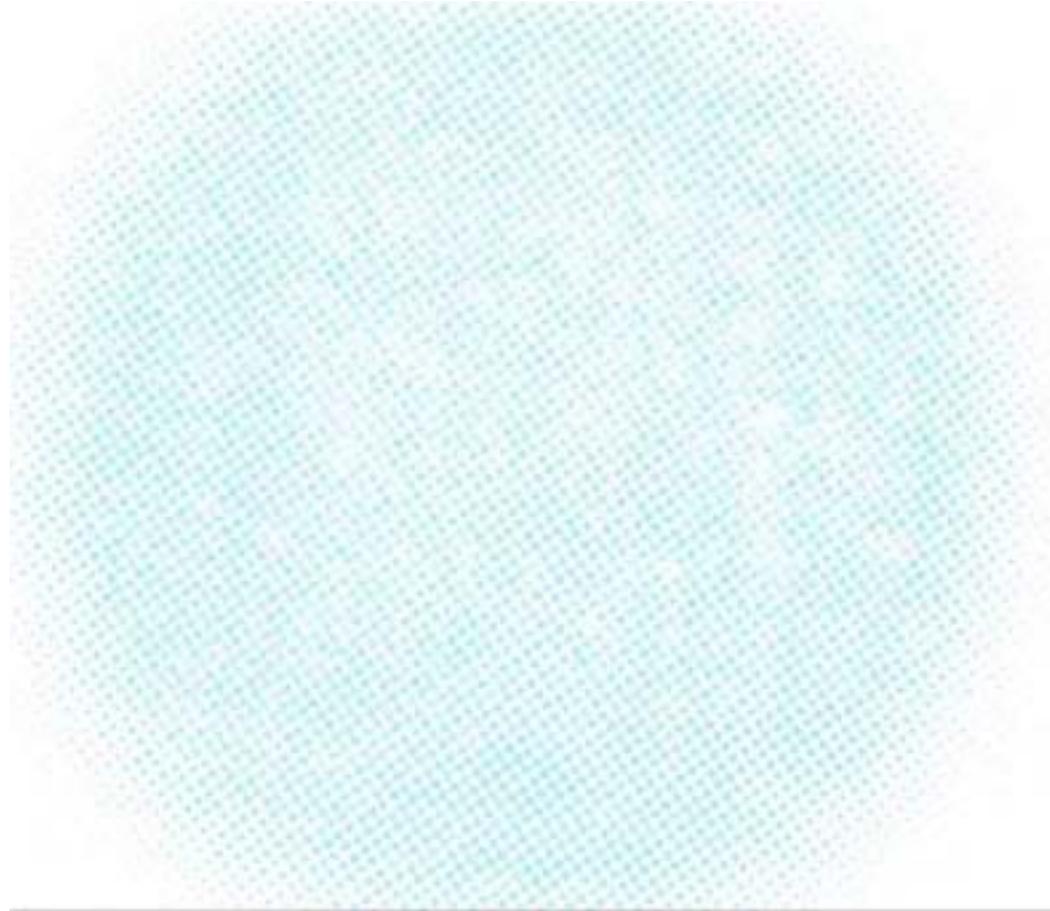
Comparação de isotermas



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:

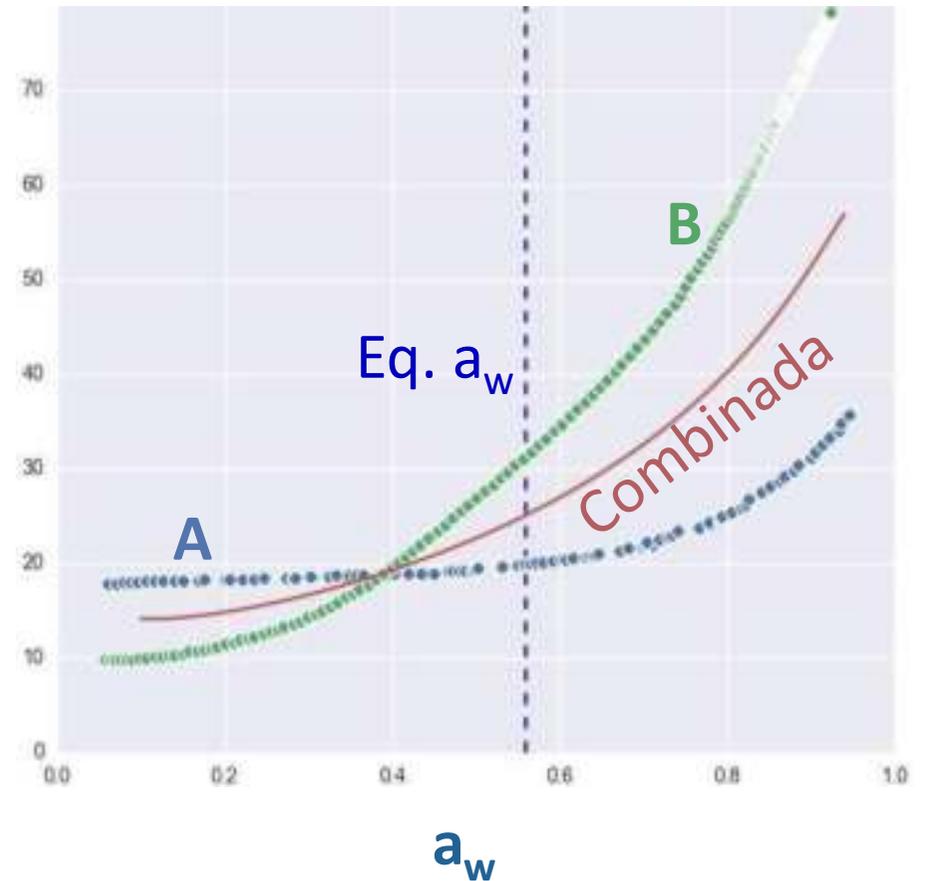
Ingredient	a_w	Mass (g)
A	0,48	25,00
B	0,60	25,00

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

