

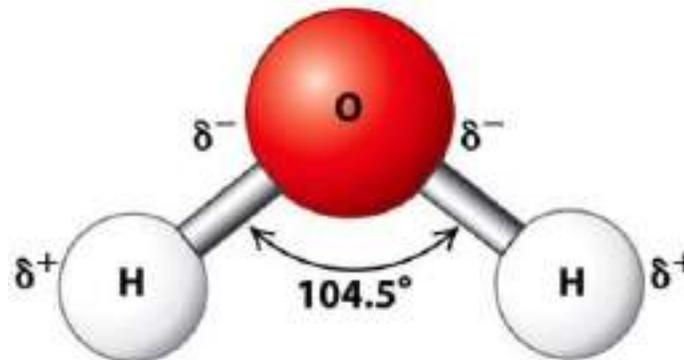
# **INTRODUÇÃO AO PARÂMETRO ATIVIDADE DE ÁGUA**

TÂNIA SHIBATA

BRUNA DE OLIVEIRA

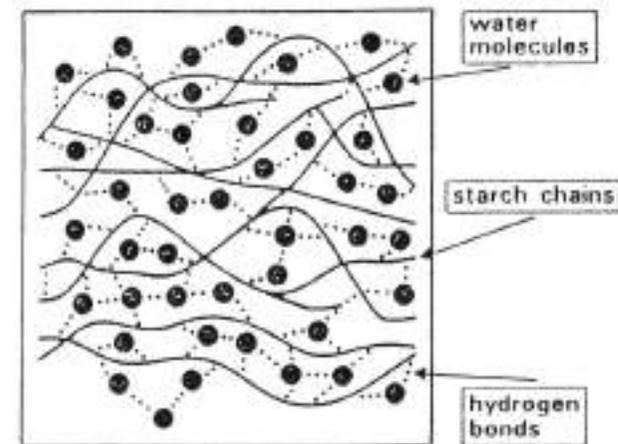
# A ÁGUA

- **Composição:** 2 átomos de Hidrogênio e 1 átomo de Oxigênio
- **Estrutura:**

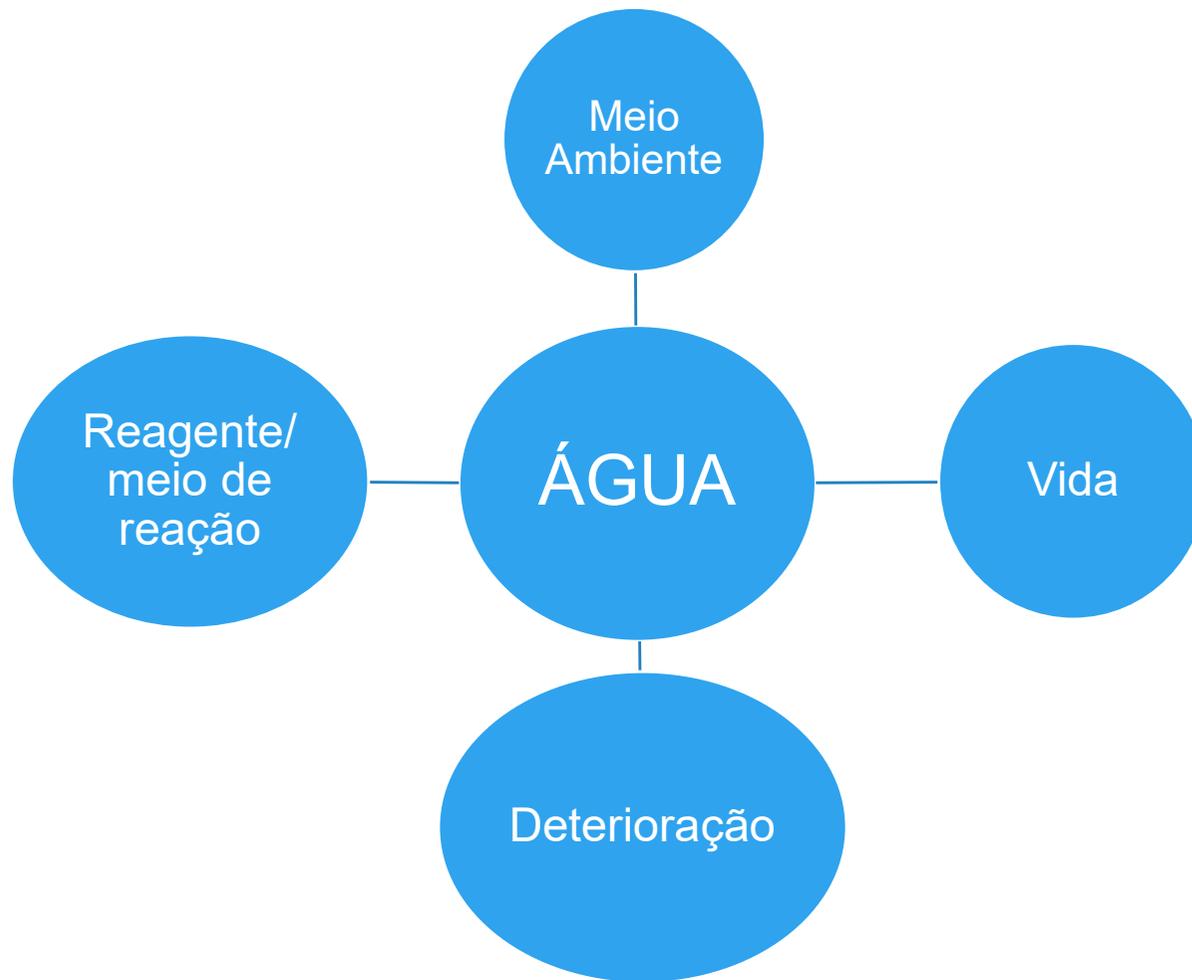


# PROPRIEDADES DA ÁGUA

- **Propriedades únicas da água**
- Constante dielétrica
- Capacidade calorífica
- Calor de transição de fases
- Tensão superficial
- Condutividade térmica
- Difusividade térmica
- Densidade



# IMPORTÂNCIA DA ÁGUA



**ONDE EU ENCONTRO A ATIVIDADE DE ÁGUA**

ATIVIDADE DE ÁGUA É O ESTADO DA ENERGIA DA ÁGUA

CALCULANDO A ENERGIA

# A ÁGUA



# CALCULANDO A ENERGIA

Utilizando a primeira lei da termodinâmica, vamos considerar a redução na pressão de vapor e calcular a mudança da energia que acompanha a mudança na pressão.

$U$  = energia em um sistema

$V$  = volume

$p$  = pressão

Se calcularmos a mudança na  $U$  que ocorre quando alteramos o volume, em uma pressão constante temos:

$$dU = -pdV$$

$dU$  = pequena mudança na energia

$dV$  = pequena mudança no volume

\*Assumindo que não há perda ou ganho de calor

# CALCULANDO A ENERGIA

- A RELAÇÃO ENTRE A PRESSÃO E O VOLUME É CHAMADA DE LEI DOS GASES IDEAIS.

$$pV = nRT$$

$n$  = número de mol do gás

$R$  = constante dos gases (8,31 J/mol K)

$T$  = temperatura do gás em Kelvins

# CALCULANDO A ENERGIA

- PODE-SE DIFERENCIAR A LEI DO GÁS IDEAL PARA OBTER DV

$$dV = nRT \frac{dp}{p^2}$$

- COMBINANDO COM A PRIMEIRA LEI, TEMOS:

$$dU = nRT \frac{dp}{p}$$

## CALCULANDO A ENERGIA

- ENERGIA REQUERIDA PARA IR DA PRESSÃO DE VAPOR DA ÁGUA PURA NO COPO, NA QUAL CHAMA-SE PRESSÃO DE VAPOR DE SATURAÇÃO OU  $p_0$ , PARA PRESSÃO DE VAPOR DA ÁGUA NA ESPONJA

$$U = nRT \int_{p_0}^p \frac{dp}{p} = nRT \ln \left( \frac{p}{p_0} \right)$$

A razão  $p/p_0$  é denominada atividade de água ( $a_w$ ) – esponja, alimentos, outros produtos. Chama-se umidade relativa quando aplicada ao vapor de água no ar e multiplicada por 100 para expressar em porcentagem.

A razão entre  $U/n$  é a energia por mol de água e é chamada de potencial hídrico com o símbolo  $\Psi$ . Potencial hídrico tem a unidade em Joules/ mol. Com esta substituição chegamos a equação relacionada a energia da água na esponja e sua atividade de água.

# CALCULANDO A ENERGIA

- A EQUAÇÃO MOSTRA QUE SE PODE EXPRESSAR O ESTADO DE ENERGIA DA ÁGUA EM UM PRODUTO COMO POTENCIAL HÍDRICO OU COMO ATIVIDADE DE ÁGUA.

$$\Psi = RT \ln a_w$$

- ALGUNS CAMPOS DA CIÊNCIA USAM POTENCIAL HÍDRICO E OUTROS ATIVIDADE DE ÁGUA.
- ALGUNS UTILIZAM A DEPRESSÃO DO PONTO DE CONGELAMENTO OU A OSMOLARIDADE, SÃO TODOS CONCEITOS EQUIVALENTES.

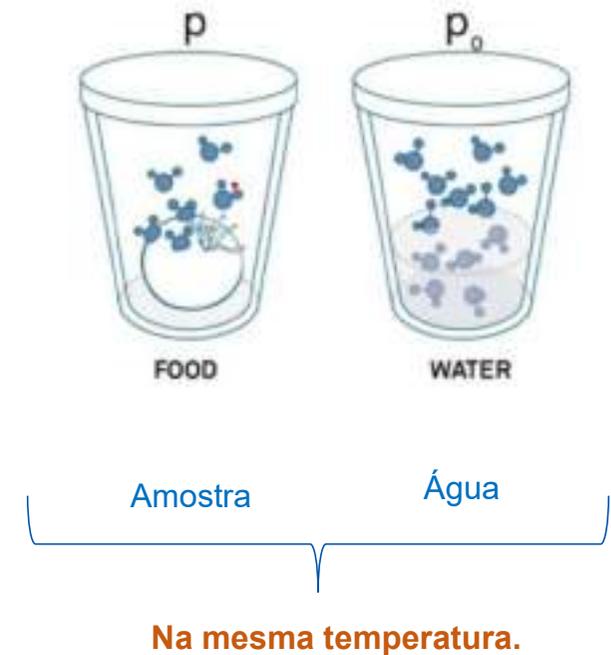
Há vantagens e desvantagens em cada um, e o importante é entender que todos medem o estado de energia da água e tem forte embasamento teórico.

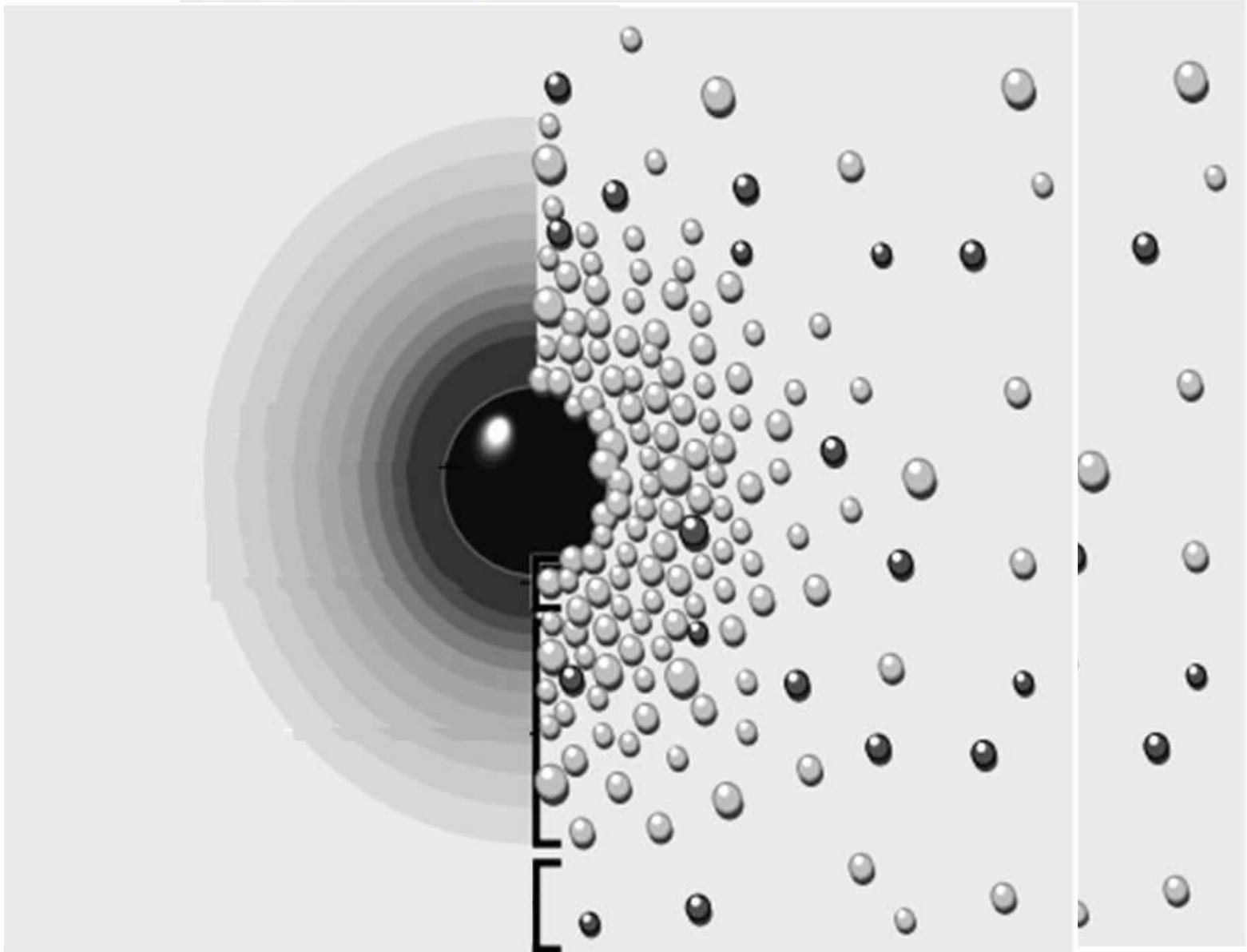
A atividade de água é um parâmetro largamente utilizado na ciência e engenharia de alimentos.

# ATIVIDADE DE ÁGUA

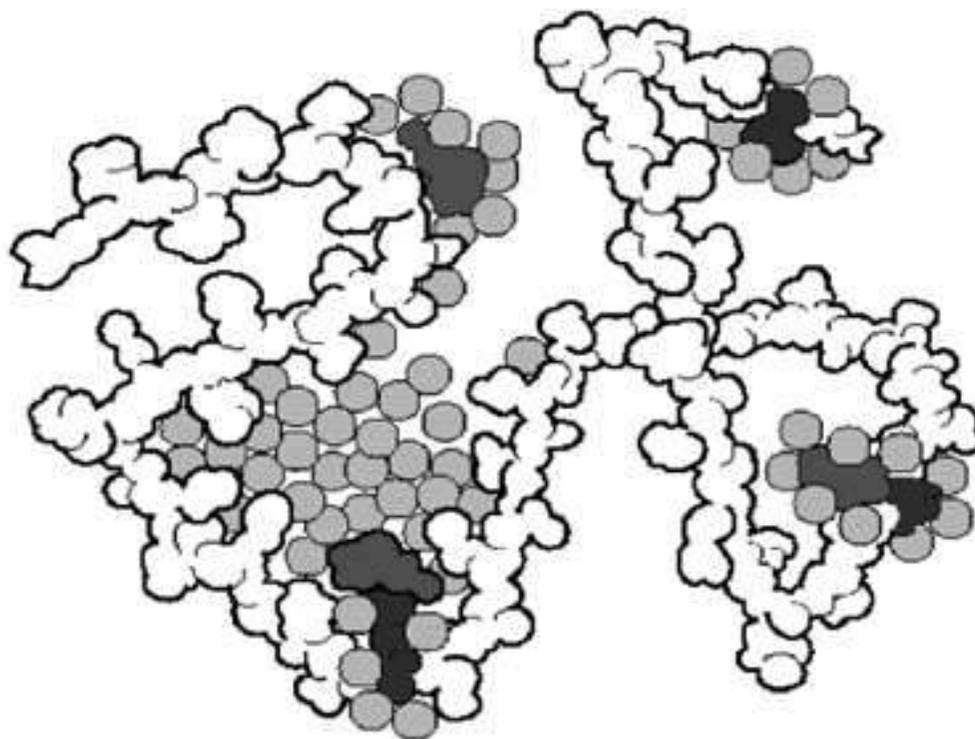
- Atividade de água NÃO é água livre.
- É o estado de energia da água em um sistema. (Qualitativa)
- Qualidade interna independente da quantidade de amostra

$$a_w = \frac{p}{p_o}$$



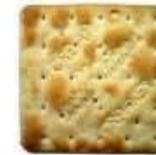


Desenho Zetameter  
Dr. Louis Ravina



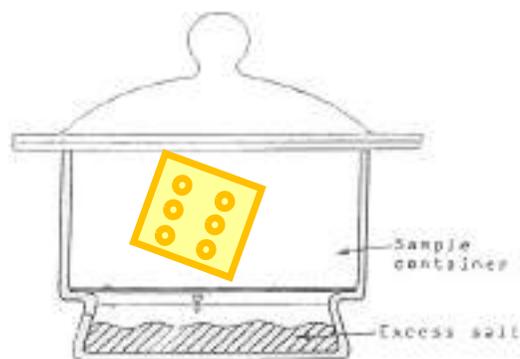
**FIGURE 20.1**

Heterogeneous distribution of water molecules about a polymer chain. Reactive species are shaded as an illustration of the hydration state of chemical reactants. *Illustration by Cynthia Gresham.*

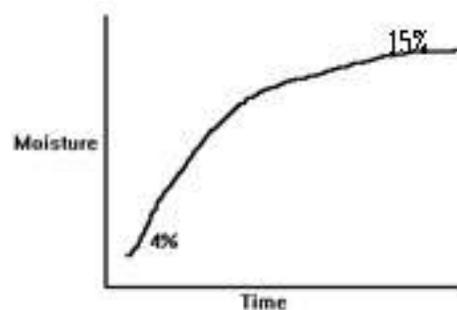


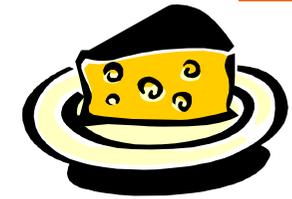
## Experimento clássico do Dr. Ted Labuza Sistema Biscoito Cream Cracker x Queijo

Experimento 1 - **Biscoito** é colocado em recipiente selado contendo solução saturada NaCl = 75% UR até atingir o equilíbrio



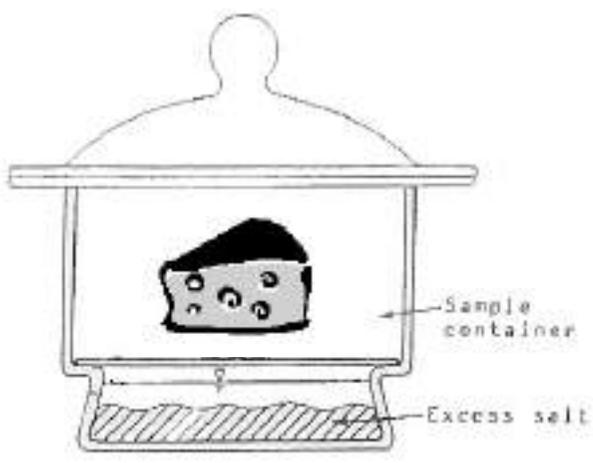
	Inicial	Equilíbrio
Umidade	4%	15%
Atividade de água	0,30	0,75



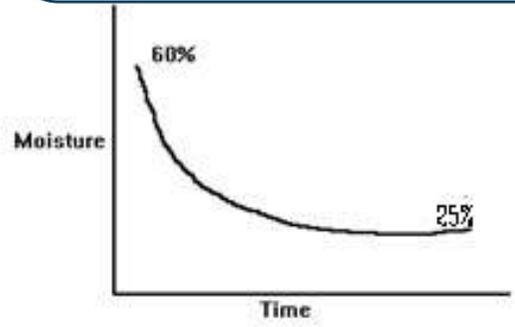


# Sistema Biscoito Cream Cracker x Queijo

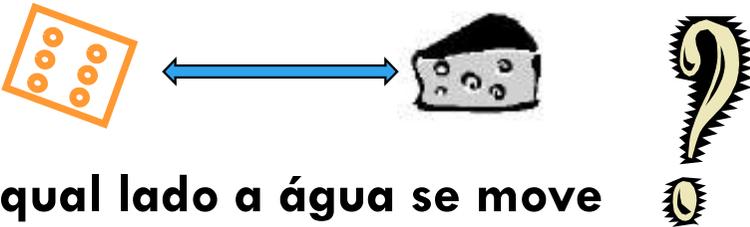
Experimento 2 – **Queijo** é colocado em recipiente selado contendo solução saturada NaCl = 75% UR até atingir o equilíbrio



	<u>Inicial</u>	<u>Equilíbrio</u>
Umidade	60%	25%
Atividade de Água	0,90	0,75



Experimento 3 – Ao final do experimento anterior o **Biscoito** e o **Queijo** são colocados juntos em um recipiente selado



**Para qual lado a água se move**

Amostra	Amostra (g)	Água (g)	Sólidos (g)
Biscoito	100	15	85
Queijo	100	25	75
Total	200	40	160

Como as amostras já estão em equilíbrio de  $a_w$  ou  $\mu$ , não haverá migração da água.

Teoricamente:  
 Umidade da mistura no equilíbrio  $40/200 = 20\%$  (b.u.)





# POR QUE MEDIR A ATIVIDADE DE ÁGUA?

- ✓ Prever o desenvolvimento microbiano
- ✓ Evitar empedramentos e aglomerações de pós
- ✓ Avaliar as reações químicas
- ✓ Formular produtos rentáveis
- ✓ Escolher embalagem adequada
- ✓ Predizer abusos de temperaturas nas amostras
- ✓ Controlar a migração da água entre ingredientes
- ✓ Alcançar a textura ideal
- ✓ Vida de prateleira

# MODELOS DE ATIVIDADE DE ÁGUA

## Solução Ideal

Lei de Raoult - para solutos ideais a redução relativa da pressão de vapor do solvente é igual a fração molar do soluto.

$$a_w = X_w = \frac{n_w}{n_s + n_w}$$

$X_w$  = fração molar da água

$n_w$  e  $n_s$  = n° de moles da água e do solute respectivamente

# Modelos de atividade de água

$$a_w = p/p_0 = X \text{ (fração molar)}$$

$$X = \frac{n^\circ \text{ de moles água}}{n^\circ \text{ de moles da água} + n^\circ \text{ de moles soluto (} n_s \text{)}}$$

$$n_s = \frac{\text{massa}}{\text{massa molecular soluto}}$$

# Modelos de atividade de água

Massa molecular:

Sacarose = 340

Glicose = 180

Água = 18

$$X = \frac{2}{2 + \frac{100 \text{ (sacarose)}}{340 \text{ (massa molecular)}}} = 0,87$$

$$X = \frac{2}{2 + \frac{100 \text{ (glicose)}}{180 \text{ (massa molecular)}}} = 0,78$$

**Solutos de baixa massa molecular reduzem mais a  $a_w$ .**



## AGENTES MODIFICADORES DE $A_w$

- **Sais:** NaCl; KCl.
- **Açúcares:** Sacarose; Glucose;
- **Umectantes:** Gliceróis; Sorbitol.
  - Substância Que Protege Os Alimentos Da Perda De Umidade Em Ambientes Com Baixa Umidade Relativa Ou Facilita A Dissolução De Uma Substância Seca Em Meio Aquoso.
- **Antiumectantes:** Alumínio Silicato de Sódio; Carbonato de Cálcio; Carbonato de Magnésio.
  - Substância capaz de reduzir as características higroscópicas dos alimentos e diminuir a tendência de adesão uma às outras
- **Plastificantes:** Monoglicerídeos acetilados; Citratos de alquila (embalagens); Óleos vegetais.

# Atividade de água e o desenvolvimento de micro-organismos em alimentos\*

	Faixa de $a_w$	Micro-organismos inibidos em $a_w$ abaixo da faixa	Alimentos geralmente dentro da faixa de $a_w$
	1,00–0,95	<i>Pseudomonas</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Shigella</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i> , alguns <i>Streptococcus</i>	Alimentos altamente perigosos: frango, frutos cozidos, vegetais, carne, peixe, leite e bebidas.
	0,95–0,91	<i>Sarcosporidium</i> , <i>Microsporidium</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Shigella</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Yersinia</i> , <i>Escherichia coli</i> , alguns fungos, leveduras ( <i>Pichia</i> , <i>Kluyveromyces</i> )	Alguns queijos (Cheddar, Brie), Muesli, Provolone, carnes curadas, presunto, pão, torrada.
	0,91–0,87	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Shigella</i> , <i>Yersinia</i> , <i>Escherichia coli</i>	Frutas e vegetais cozidos, salmão, bife, queijo seco, margarina.
	0,87–0,80	Maisia dos fungos ( <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Trichoderma</i> ), <i>Saccharomyces</i> , <i>Debaryomyces</i> , <i>Candida</i>	Maisia dos sucos de frutas, condensados, leite condensado, sorvete, gelado, sorbetes, iogurte, maqui.
	0,80–0,75	Maisia das bactérias halófilas, <i>Aspergillus</i> , <i>Microsporidium</i>	Marmelada, maqui, gelado, carne seca.
	0,75–0,65	Fungos xerófilos ( <i>Aspergillus</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Penicillium</i> ), <i>Saccharomyces</i> , <i>Debaryomyces</i>	Melão, açúcar, frutos de uva, algumas frutas secas, nozes, sementes, farinha para pão.
	0,65–0,60	Leveduras xerófilas ( <i>Saccharomyces</i> , <i>Debaryomyces</i> ), alguns fungos ( <i>Aspergillus</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Trichoderma</i> )	Frutas, leite condensado (15-20% umidade), Caramelo e bolos maduros, mel, doces.
	0,60–0,50	Não há proliferação microbiana.	Macerado seco, temperos, arroz, cereais, trigo.
	0,50–0,40	Não há proliferação microbiana.	Ovo em pó, gelado de maqui, farinha, legão.
	0,40–0,30	Não há proliferação microbiana.	Biscuitos, crackers, crosta de pão, crosta madura, queijo seco, carne de amido.
	0,30–0,20	Não há proliferação microbiana.	Leite em pó integral, vegetais desidratados, fermentados, amido de milho, batata chips, milho chips.

Adaptado de L. R. Beuch, Cereal Foods World, 26:345 (1981)

**SENSORES**

# TIPOS DE SENSORES

- Dielétrico/ Capacitivo
- Laser Diodo
- Ponto de Orvalho



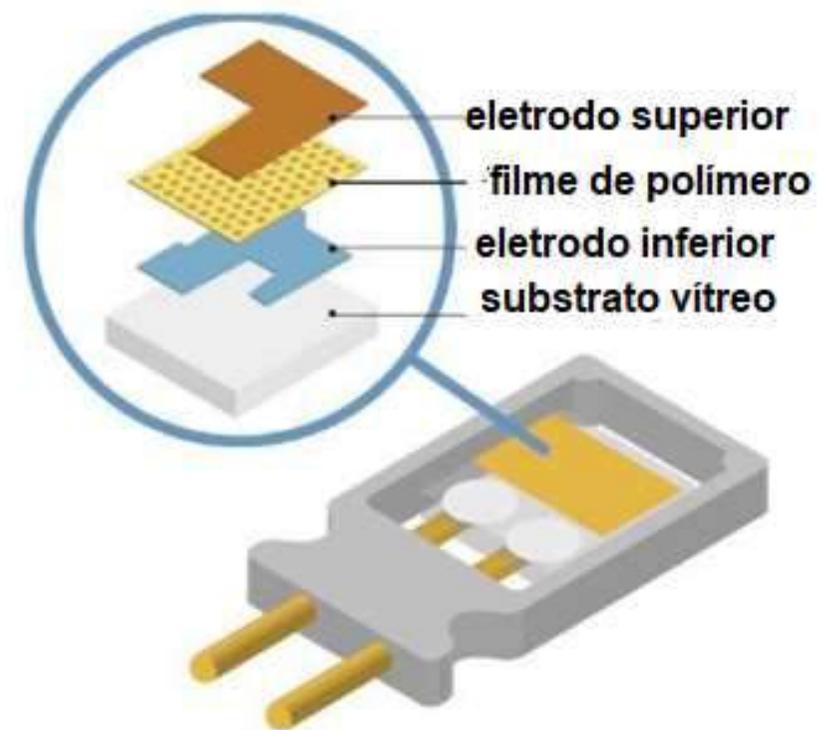
# DIELÉTRICO/ CAPACITIVO

## VANTAGENS

- Relativamente insensível aos voláteis
- Leitura de toda faixa de  $a_w$

## DESVANTAGENS

- Sensor requer compensação da temperatura
- Sensor pode sofrer histerese



# DIELÉTRICO/ CAPACITIVO



**Pawkit**

Exatidão:  $\pm 0,02 a_w$   
Sem controle de temperatura



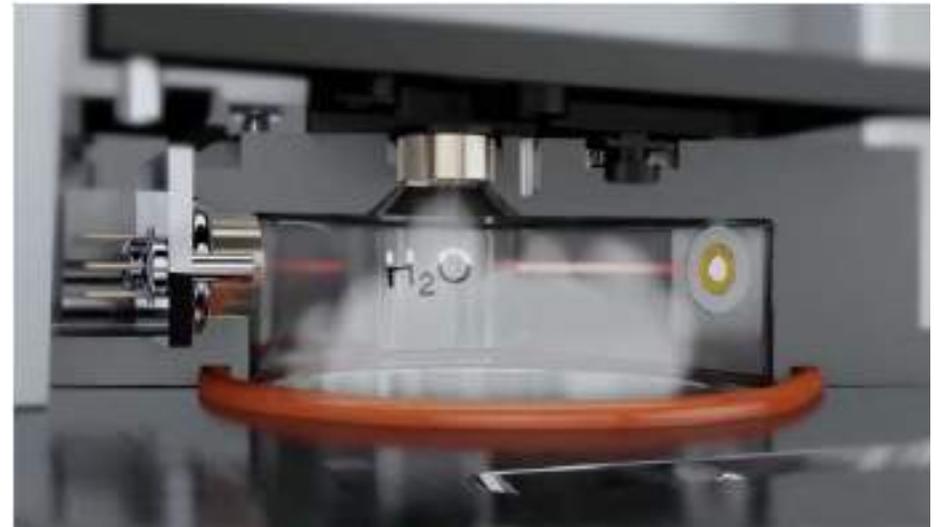
**PRE**

Exatidão:  $\pm 0,015 a_w$   
Condiciona a temperatura da amostra  
para 25°C



# DIODO LASER

- Exatidão:  $\pm 0,005 a_w$
- Condiciona a temperatura da amostra para exatos 25°C.
- Preciso, rápido e fácil de manusear
- Lê **qualquer tipo** de amostra, até as **mais voláteis**

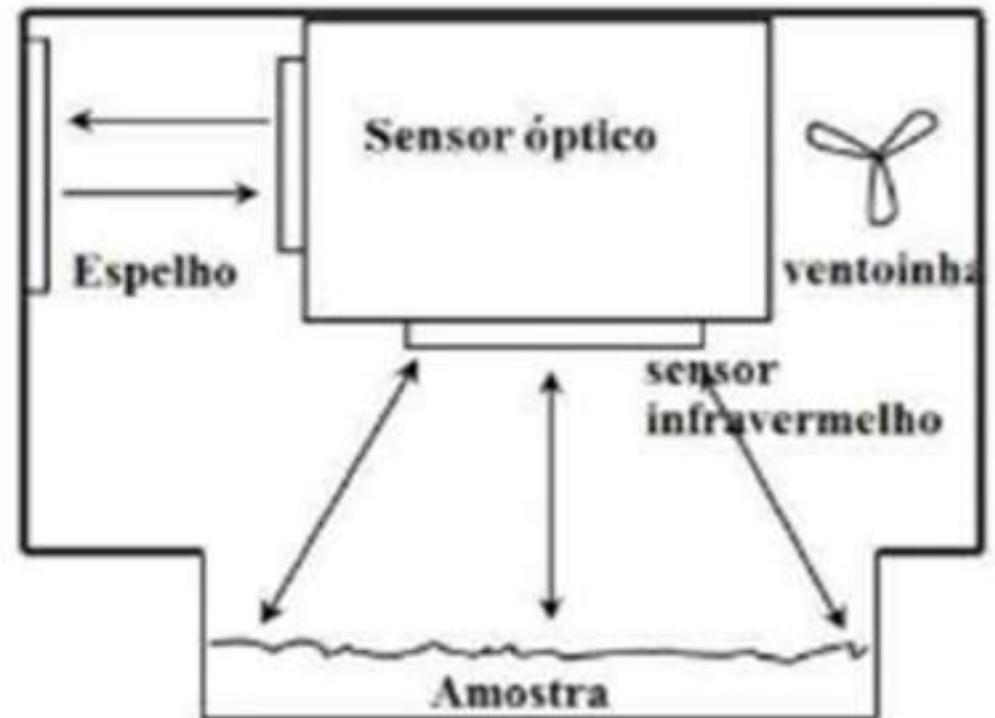


# TUNABLE DIODE LASER- TDL



## PONTO DE ORVALHO

- O Sensor ponto de orvalho é a **medida primária** da atividade de água.
- O espelho se resfria até que se forme o orvalho.
- Célula fotoelétrica detecta o ponto exato da primeira condensação no espelho.
- Um termopar grava a temperatura na qual ocorreu a condensação.
- Aqualab então emite um sinal sonoro e apresenta os valores de atividade de água final e temperatura.



# PONTO DE ORVALHO

## VANTAGENS

- Método primário da atividade de água
- Preciso, rápido e fácil de manusear

## DESVANTAGENS

- Leituras podem ser afetadas por altas concentrações de voláteis (álcool, propilenoglicol, ácido acético)



# PONTO DE ORVALHO



**AquaLab 4TE**

Exatidão:  $\pm 0,003 a_w$   
Condiciona a temperatura da amostra  
na faixa de 15 a 50°C.



**AquaLab PRE**

Exatidão:  $\pm 0,010 a_w$   
Condiciona a temperatura da amostra  
para 25°C.



# ENCONTRE-NOS



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



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



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



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



<https://twitter.com/metergrouplatam>



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

**OBRIGADA PELA PARTICIPAÇÃO**

**comercial@metergroup.com**

