

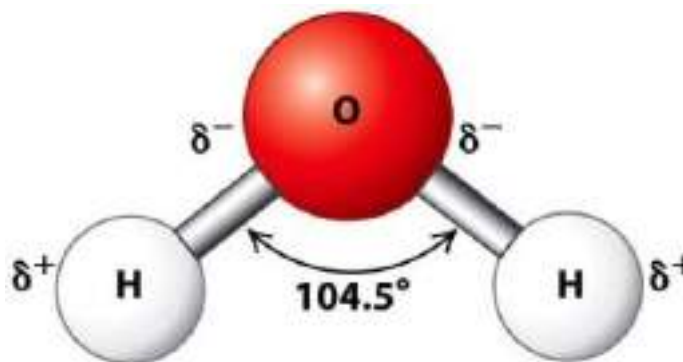
INTRODUÇÃO AO PARÂMETRO ATIVIDADE DE ÁGUA

TÂNIA SHIBATA

BRUNA DE OLIVEIRA

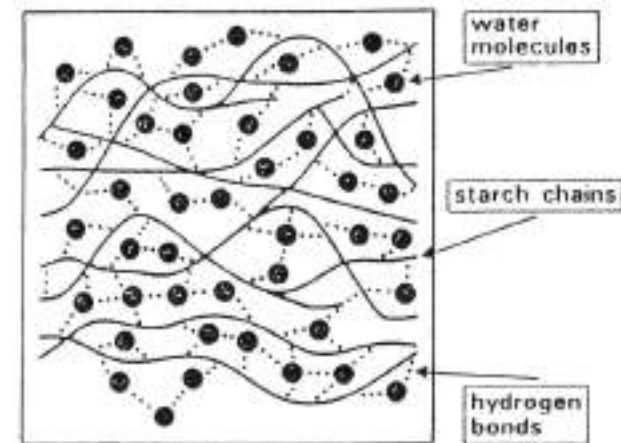
A ÁGUA

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

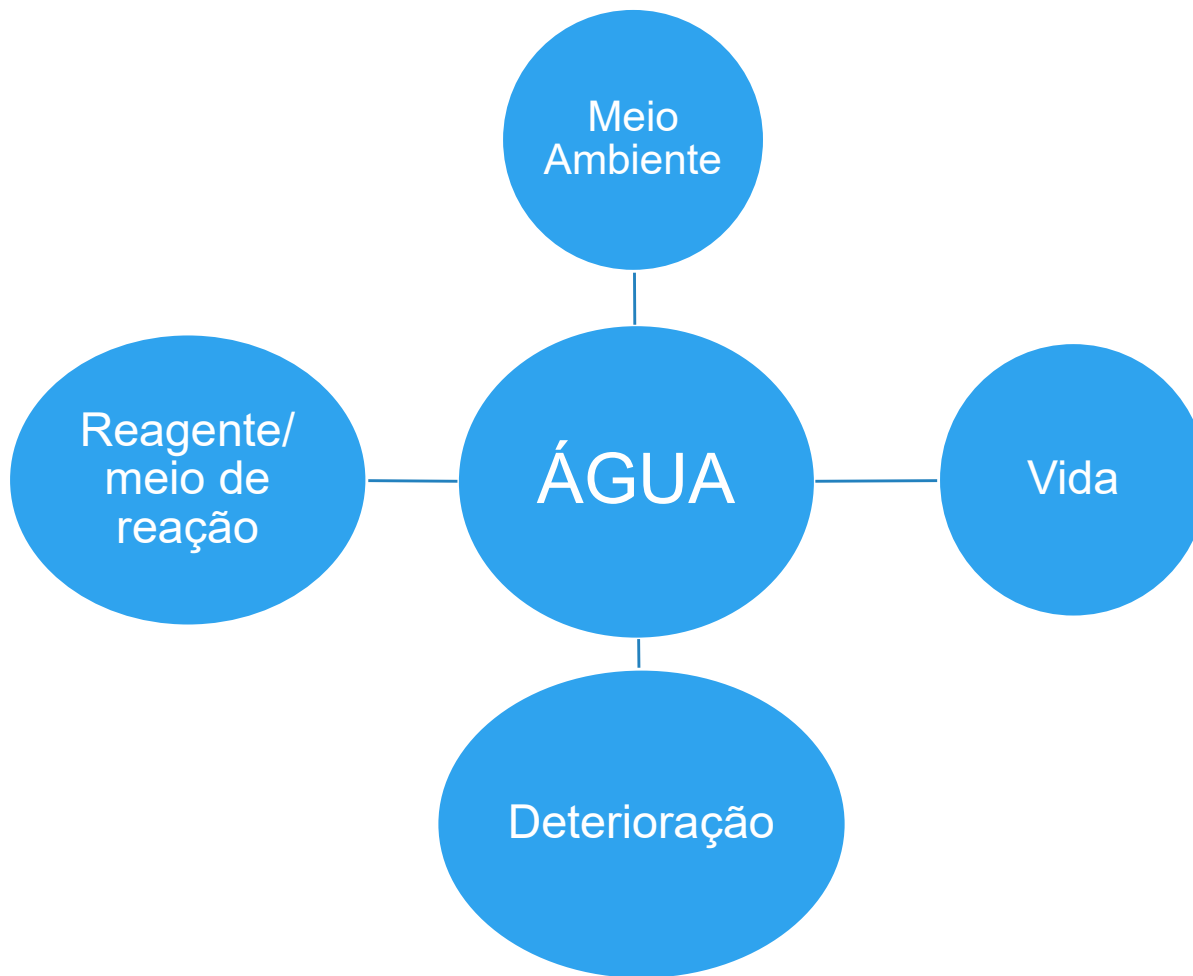


PROPRIEDADES DA ÁGUA

- **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 Ψ . 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.

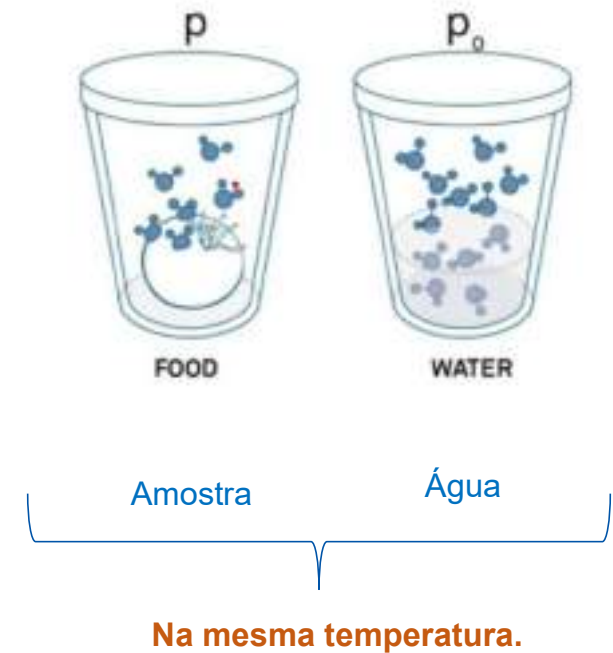
Há vantagens e desvantagens em cada um, e o importante é entender que todos medem o estado de energia da água e tem forte embasamento teórico.

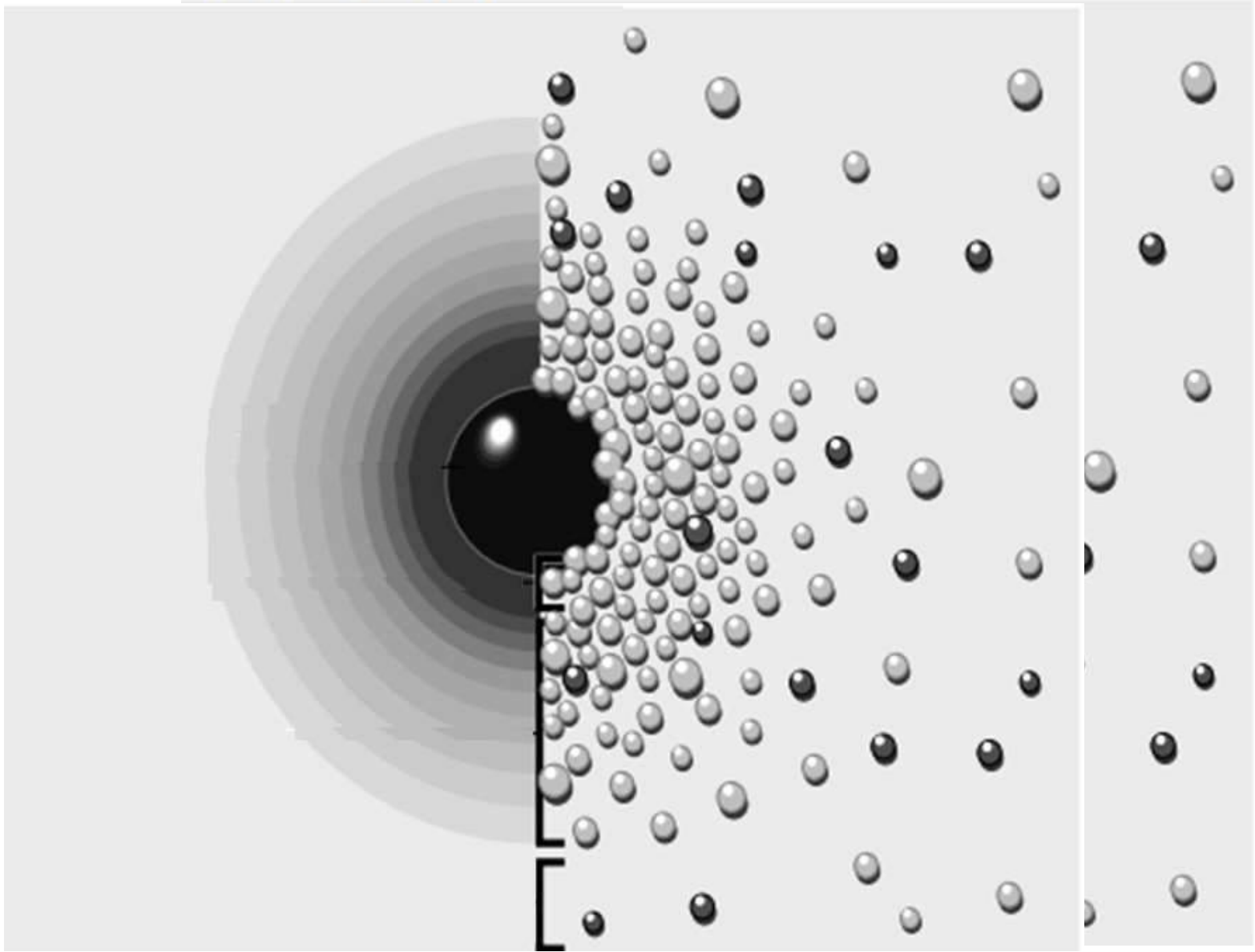
A atividade de água é um parâmetro largamente utilizado na ciência e engenharia de alimentos.

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

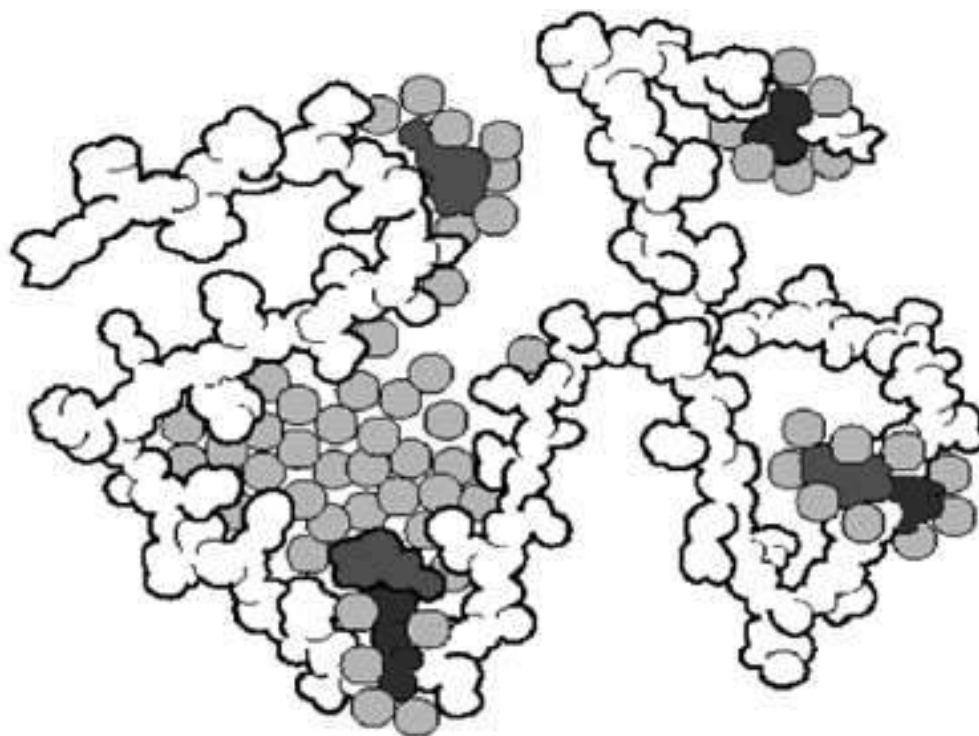


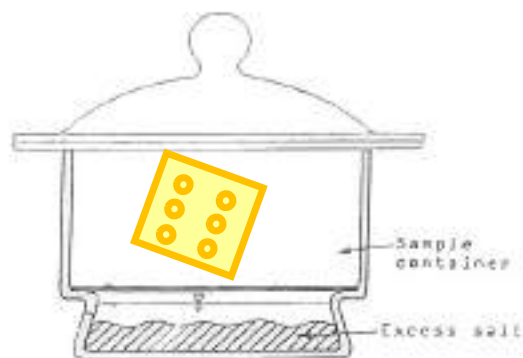
FIGURE 20.1

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.*

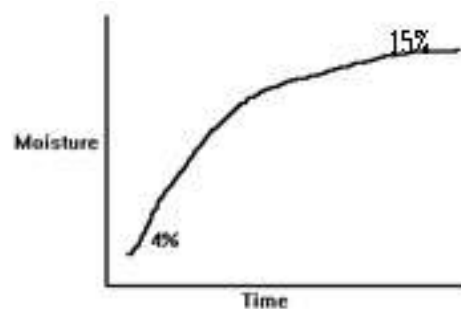


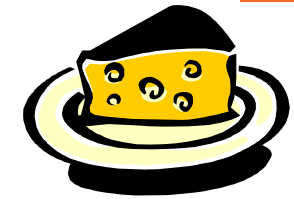
Experimento clássico do Dr. Ted Labuza Sistema Biscoito Cream Cracker x Queijo

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



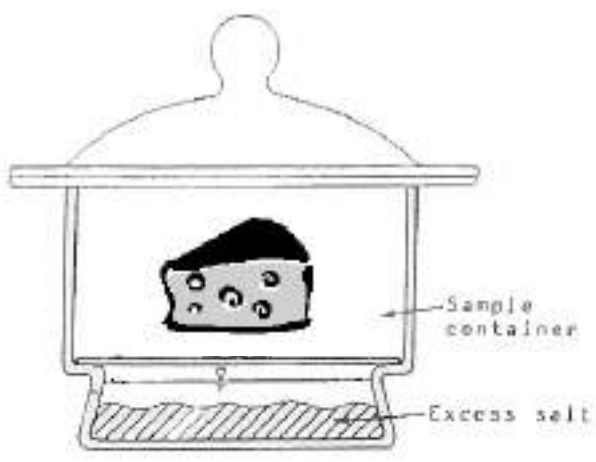
	Inicial	Equilíbrio
Umidade	4%	15%
Atividade de água	0,30	0,75



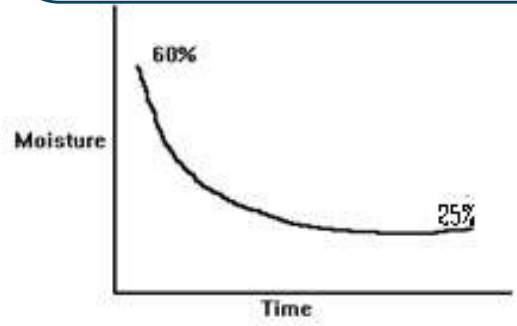


Sistema Biscoito Cream Cracker x Queijo

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 μ , 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>Listeria</i> , <i>Penic</i> , <i>Shigella</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Giardia</i> , <i>Campylobacter</i> , alguns <i>invertebrados</i> .	Alimentos altamente perigosos: frango, frutos cozidos, vegetais, carne, peixe, leite e bebidas.
	0,95–0,91	<i>Serratia</i> , <i>Micrococcaceae</i> , <i>C. botulinum</i> , <i>Leptospira</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Bacteroides</i> , alguns fungos, <i>invertebrados</i> (<i>Phlebotomus</i> , <i>Aedes</i>).	Alguns queijos, <i>Clasidra</i> , <i>Salsa</i> , <i>Muhamale</i> , <i>Provolone</i> , <i>carne cozida</i> , <i>presunto</i> , <i>paes</i> , <i>torrada</i> .
	0,91–0,87	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Candida</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Mycobacterium</i> .	Frutas cozidas, <i>temperado</i> , <i>salada</i> , <i>torrada</i> , <i>queijo seco</i> , <i>muhamale</i> .
	0,87–0,80	Maisia dos fungos (<i>Penicillium</i> , <i>Microascus</i>), <i>Saccharomyces</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Dactylospora</i> .	Maisia dos sucos de frutas, <i>condensados</i> , <i>leite condensado</i> , <i>sorvetes</i> , <i>gelado</i> , <i>compotas</i> , <i>sação</i> , <i>maça</i> .
	0,80–0,75	Maisia das bactérias, <i>halófilas</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Microascus</i> .	Marmelada, <i>maizena</i> , <i>gelado</i> , <i>carne seca</i> .
	0,75–0,65	Fungos, <i>Aspergillus</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Microascus</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Aspergillus</i> .	Melado, <i>açúcar</i> , <i>trigo</i> , <i>de uva</i> , <i>algumas</i> , <i>frutas</i> , <i>secas</i> , <i>nozes</i> , <i>saquinho</i> , <i>salgado</i> , <i>salgado</i> , <i>para</i> , <i>leite</i> .
	0,65–0,60	<i>Levedura</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Microascus</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Microascus</i> , <i>Aspergillus</i> .	Frutas, <i>suco</i> , <i>condensado</i> de 15-20% <i>umidade</i> , <i>Carretilo</i> e <i>leite</i> , <i>maizena</i> , <i>mel</i> , <i>doce</i> .
	0,60–0,50	Não há proliferação microbiana.	Maizena, <i>leite</i> , <i>temporais</i> , <i>amido</i> , <i>condensado</i> , <i>trigo</i> .
	0,50–0,40	Não há proliferação microbiana.	Ovo em pó, <i>gelado</i> , <i>maizena</i> , <i>leite</i> , <i>leite</i> .
	0,40–0,30	Não há proliferação microbiana.	Biscuitos, <i>maizena</i> , <i>condensado</i> de leite, <i>condensado</i> , <i>sação</i> , <i>leite</i> , <i>condensado</i> .
	0,30–0,20	Não há proliferação microbiana.	Leite em pó, <i>trigo</i> , <i>vegetais</i> , <i>condensado</i> , <i>condensado</i> , <i>amido</i> , <i>de</i> , <i>leite</i> , <i>leite</i> , <i>leite</i> , <i>leite</i> .

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

SENSORES

TIPOS DE SENSORES

- Dielétrico/ Capacitivo
- Laser Diodo
- Ponto de Orvalho



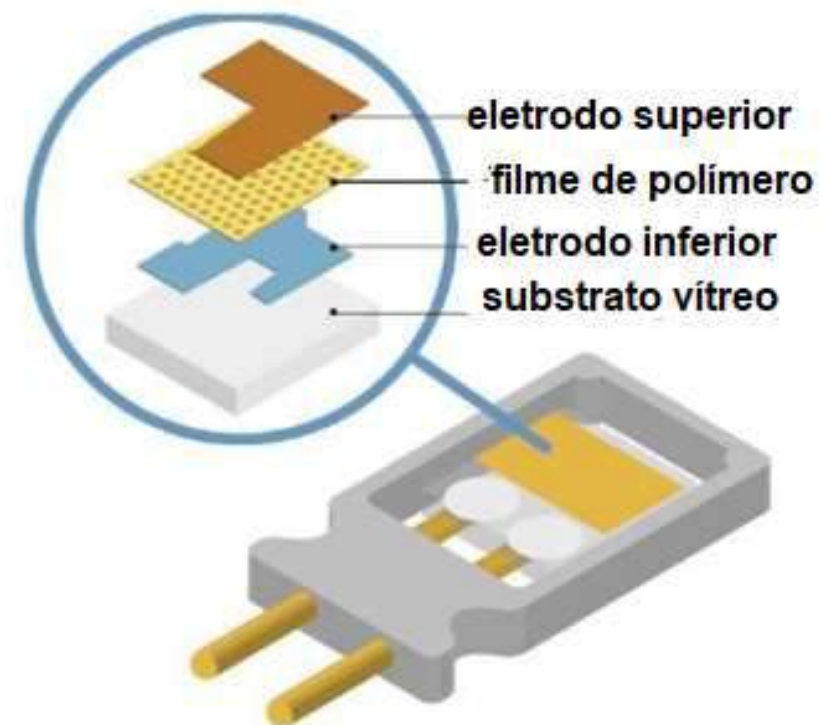
DIELÉTRICO/ CAPACITIVO

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**

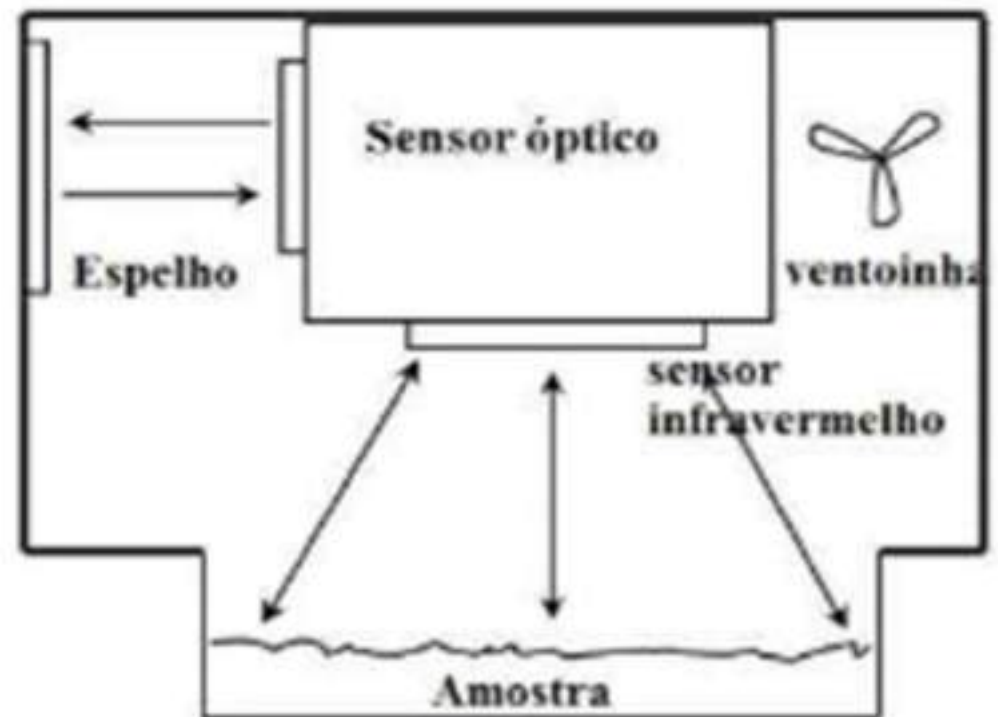


TUNABLE DIODE LASER- TDL



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

