

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

HIGROLOGIA

Leandro Bertoldo

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

Dedicatória

Dedico este livro aos meus familiares
José Bertoldo Sobrinho,
Anita Leandro Bezerra,
Francisco Leandro Bertoldo.

E aos amados cachorrinhos:
Miquita, Bodinho, Kelle e Laika.

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

“Os aposentos que não são expostos à luz e ao ar tornam-se úmidos. As camas e a roupa atraem umidade, e a atmosfera desses recintos é tóxica, porque não foi purificada pela luz e pelo ar”. (II Mensagens Escolhidas, 462).

Ellen Gould White
Escritora, conferencista, conselheira,
e educadora norte-americana.
(1827-1915)

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

Sumário

Dados biográficos

Prefácio

1. Glossário Higrológico

2. Introdução Geral à Umidade

1. Introdução
2. Umidade Atmosférica
3. Substâncias Higroscópicas
4. Umidade do Ar
5. Efeitos da Umidade
6. Características da Higrologia
7. Unidade de Umidade
8. Caracterização da Umidade
9. Estado Higroscópico da Matéria
10. Tipos de Comprimentos Higrológicos
11. Noção de Umidade Absorvida
12. Tipos de Corpos Higroscópicos Absorvedores
13. Índice de Absorvidade Higroscópica (Equação

Fundamental)

14. Classificação do Índice de Absorvidade Higroscópica

15. Fundamentos das Classes Higroscópicas
16. Teorema Higroscópico
17. Principais Unidades da Higrologia
18. Densidades Higroscópicas
19. Unidades de Densidades Higroscópicas

3. Higrometria

1. Introdução

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

2. Sensação Higroscópica
3. Equilíbrio Higroscópico
4. Higroscópio
5. Lei nula da Higrologia
6. Propriedade, Grandeza e Substância Higrométrica
7. Medida de Umidade
8. Inconvenientes dos Higrômetros de Alongamento
9. Sobre os Higrômetros
10. Construção de um Higrômetro de Fio de Cabelo
11. Pontos Absolutos da Higrologia
12. Escalas Higrométricas
13. Unidade de Umidade
14. Graduação de um Higrômetro de Escala
15. Conversão entre Escalas Higrométricas
16. Equação Dimensional da Umidade
17. Função Higrométrica
18. Equação Higrométrica
19. Técnica da Escala Higrométrica
20. Características dos Higroscópios
21. Corpo Higroscópico Absoluto
22. Higrômetro Simples
23. Situação ao Nível Estrutural
24. Balança Higrostática

4. Alongamentos Higroscópicos

1. Introdução
2. Definições
3. Classificação dos Alongamentos
4. Alongamento Linear
5. Lei Fundamental ou Geral
6. Unidades da Constante Higroscópica
7. Primeira Lei do Alongamento Higroscópico
8. Índice de Higrocidade

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

9. Relação entre o Índice de Higricidade e a Constante Higrométrica

10. Equação de Alongamento Linear

11. Curva Característica de um Corpo Higroscópico

12. Lei Generalizada do Alongamento Linear

13. Coeficiente de Alongamento Linear

14. Equação Dimensional do Coeficiente de Alongamento Linear

15. Equação Generalizada do Alongamento Linear

16. Gráficos do Alongamento Linear

17. Variação da Densidade Linear com a Umidade

18. Corpo Higroscópico Independente da Absorção da Umidade

19. Dedução Teórica de uma Lei do Alongamento Linear

20. Equação Oriunda da Lei Teórica do Alongamento Linear

21. Relação entre a Constante de Alongamento Primeiro e o Índice de Higricidade

22. Variáveis de Estado

23. Transformações Higroscópicas Particulares

24. Bons e Maus Alongamentos

25. Alongamento Superficial

26. Variação da Densidade Superficial com a Umidade

27. Relação entre Densidade Final e Inicial

28. Alongamento Volumétrico

29. Análise do Alongamento Volumétrico

30. Equação Volumétrica

31. Equação do Alongamento Volumétrico

32. Relação entre "i" e " \mathfrak{S} "

33. Variação da Densidade Volumétrica com a Umidade

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

- 34. Relação entre Densidade Final e Inicial
- 35. Relação entre os Coeficientes i , x e \mathfrak{S}

5. Gráficos

- 1. Introdução
- 2. Introdução Gráfica
- 3. Classificação Algébrica do Alongamento Linear
- 4. Gráfico do Alongamento Linear
- 5. Gráficos do Índice de Higrocidade no Alongamento Linear
- 6. Coeficiente Angular da Reta
- 7. Áreas

6. Índice de Higrocidade

- 1. Introdução
- 2. Sistema Higroscópico
- 3. Bipolos
- 4. Higrocidade
- 5. Corpos Higroscópicos
- 6. Limite de Higrocidade
- 7. Primeira Lei para o Índice de Higrocidade
- 8. Classificação Geral dos Corpos Higroscópicos
- 9. Unidade do Índice de Higrocidade
- 10. Representação Gráfica
- 11. Constante de Higroscópica
- 12. Unidade da Constante Higroscópica
- 13. Segunda Lei para o Índice de Higrocidade
- 14. Gráfico da Segunda Lei
- 15. Sinais do Índice de Higrocidade
- 16. Tolerância Higroscópica
- 17. Terceira Lei para o Índice de Higrocidade
- 18. Corpos Higroscópicos Dependentes de um Parâmetro

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

- 19.** Instrumentos de Medidas
- 20.** Símbolos Higroscópicos Elementares
- 21.** Corpos Higroscópicos Usuais
- 22.** Corpos Higroscópicos em Geral

7. Associação de Corpos

- 1.** Introdução
- 2.** Corpo Higroscópico Equivalente
- 3.** Característica da Associação em Série
- 4.** Associação em Série

8. Higrodinâmica

- 1.** Introdução
- 2.** Trabalho
- 3.** Máquinas Higrométricas
- 4.** Transformação Isodina
- 5.** Transformação Isométrica
- 6.** Transformação Isoigro
- 7.** Energia Potencial do Trabalho do Peso
- 8.** Energia Potencial Elástica Higroscópica

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

Dados biográficos

Leandro Bertoldo é o primeiro filho do casal José Bertoldo Sobrinho e Anita Leandro Bezerra. Tem um irmão chamado Francisco Leandro Bertoldo. Os dois seguiram a carreira no judiciário paulista, incentivados pelo pai, que via algo de desejável na estabilidade do serviço público.

Leandro fez as faculdades de Física e de Direito na Universidade de Mogi das Cruzes – UMC. Seu interesse sempre crescente pela área das exatas vem desde os seus 17 anos, quando começou a escrever algumas teses sérias a respeito do assunto. Em 1995, publicou o seu primeiro livro de Física, que foi um grande sucesso entre os professores universitários. O seu comprometimento com o Direito é resultado de suas atividades junto ao Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo.

Leandro casou-se duas vezes e teve uma linda filha do primeiro matrimônio chamada Beatriz Maciel Bertoldo. Sua segunda esposa Daisy Menezes Bertoldo tem sido sua grande companheira e amiga inseparável de todas as horas. Muitas de suas alegrias são proporcionadas pelos seus amados cachorros: Fofa, Pitucha, Calma e Mimo.

Durante sua carreira como cientista contabilizou centenas de artigos e dezenas de livros, todos defendendo teses originais em Física e Matemática, destacando-se: “Teoria Matemática e Mecânica do Dinamismo” (2002); “Teses da Física Clássica e Moderna” (2003); “Cálculo Seguimental” (2005); “Artigos Matemáticos” (2006) e “Geometria Leandroniana” (2007), os quais estão sendo discutidos por

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

vários grupos de pesquisas avançadas nas grandes universidades do país.

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

Prefácio

A presente obra destaca-se por sua criatividade e originalidade. Ela foi produzida no outono de 1981, quando o autor contava apenas vinte e dois anos de idade e estava cursando o terceiro ano de Física da Universidade de Mogi das Cruzes – UMC.

O livro recebeu o título de “Higrologia” porque procura apresentar um estudo sistemático da umidade sob o ponto de vista da Física Clássica.

Os temas que foram apresentados desenvolvem-se numa ordem lógica e progressiva; a partir dos conceitos mais simples avança progressivamente até os mais complexos.

A obra está fundamentada em algumas observações cruciais, tais como a relação existente entre alongamento e umidade. A seguir essas observações são analisadas por meio do método matemático. Porém, a matemática empregada na descrição dos fenômenos é uma das mais simples, o que torna óbvio o estudo dos assuntos considerados.

O livro encontra-se estruturado em oito capítulos. O primeiro, intitulado “Glossário Higrológico” mostra resumidamente o amplo campo do estudo da Higrologia. O segundo, intitulado “Introdução Geral à Umidade”, apresenta os conceitos fundamentais que caracterizam o estudo da umidade. O terceiro, chamado de “Higrometria”, partindo das sensações subjetivas da umidade avança progressivamente até a criação de uma escala graduada com suas unidades e medidas. O quarto capítulo, intitulado “Alongamentos Higroscópicos”, apresenta o estudo dos alongamentos em função da humidade, definindo os alongamento linear, superficial e volumétrico. O

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

quinto capítulo, simplesmente chamado de “Gráficos”, estuda as propriedades da umidade e dos alongamentos, vistos sob a ótica das curvas gráficas cartesianas. O sexto capítulo, intitulado “Índice de Higroscopicidade”, apresenta as três leis do índice de higroscopicidade de um sistema higroscópico. O sétimo capítulo, “Associação de Corpos”, apresenta o estudo da associação de corpos higroscópicos, fixando na análise da associação equivalente e da associação em série. Finalmente, o oitavo e último capítulo, intitulado “Higrodinâmica”, estuda resumidamente o trabalho realizado pela força da umidade e apresenta o conceito de máquinas higrométricas.

Observando os temas apresentados no “Glossário Higrológico” pode-se verificar facilmente que muito mais poderia ser estudado a respeito da umidade. Entretanto, o autor considera que a alma que Higrologia encontra-se estabelecida nesta obra e deixa a cargo de outros pesquisadores visionários a árdua tarefa de desenvolver os diversos ramos da Ciência da Higrologia. Desde já, o autor deixa a todos os pesquisadores da Higrologia os seus sinceros votos de sucesso.

leandrobertoldo@ig.com.br

1. Glossário Higrológico

Higro: Prefixo de origem grega, designativo de umidade.

Umidade: Qualidade ou estado daquilo que é úmido ou está úmido.

Úmido: Adjetivo de origem latina e significa algo que está impregnado de líquido ou vapor de água.

Seco: Ausência de umidade.

Secadeira: Lugar preparado para nele se secar, natural ou artificialmente qualquer matéria.

Secador: Instrumento destinado a fazer evaporar a parte aquosa de qualquer elemento.

Higrometria: Ciência que tem por fim determinar o estado de umidade de qualquer corpo.

Higrométrico: Adjetivo relativo à higrometria. E significa, estado higrométrico da matéria; ou seja, a quantidade de vapor de água que ele contém.

Higrômetro: O termo grego **higro** significa “úmido” e o termo **metro**, significa “medida”. Logo, o higrômetro é um instrumento, com que se determina o grau de humidade da matéria.

Higrômetro de cabelo: O referido higrômetro é um dos mais simples; a secura faz encolher o fio de cabelo, enquanto que a umidade distende-o; então se o fio é fixo por uma de suas extremidades e a outra é enrolada numa roldana, a qual apresenta um ponteiro que corre sobre um quadrante graduado.

Higroscópio: Instrumento que indica aproximadamente a maior ou menor humidade da matéria ou do meio ambiente. O higroscópio que indica a umidade do ar,

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

mais conhecido, é aquele que representa um frade capucho, cujo capuz se abaixa sobre a cabeça ou se levanta consoante o ar estar seco ou úmido; o movimento do capuz é obtido por uma corda de tripa, torcida, que se destorce, quando o ar está úmido.

Higrologia: Ciência que tem por objetivo realizar o estudo da umidade.

Higrólico: Instrumento que é movido pela umidade; turbina higrólica; engenheiro higrólico.

Higrodinâmica: Parte da física que trata do movimento, da força e do equilíbrio dos corpos úmidos.

Higrófilo: O que é ávido de umidade, que absorve a umidade.

Higrogenia: Teoria sobre a formação de massas de umidade, difundidas sobre o globo terrestre.

Higrografia: Ciência que trata do regime das umidades de uma região.

Higromecânico: Em que se emprega a umidade como força motriz.

Higrolização: Ato de umedecer. Ou estado daquilo que se umedeceu.

Higrobiologia: Estudos dos fenômenos úmidos que se produzem nos seres vivos; sejam eles animais ou vegetais.

Higropotologia: Ciência que estuda as causas, sintomas e natureza das doenças oriundas da umidade.

Higrotécnica: Ciência das aplicações da umidade nas indústrias.

Higroelástico: Estudo das deformações elásticas provocadas pela umidade.

Empuxo higróstático: À medida que o ar fica úmido, ele fica mais denso. Isto implica que aparece nos corpos nele imerso, um empuxo, que denominei por “empuxo higróstático”.

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

2. Introdução Geral à Umidade

1. Introdução

Ao propor os fundamentos desta inovadora teoria, é absolutamente necessário que se tenha conhecimento de certos conceitos básicos que, evidentemente, serão largamente empregados no decorrer da obra.

Nesta pequena introdução à umidade, vou procurar apresentar os conceitos de umidade, acentuando o caráter de causa e efeito.

Na umidade, a noção de substâncias higrocópicas terá um relevante papel. Nesse caso a umidade será discutida em termos de alongamento e contrações.

A higrologia estuda os efeitos da umidade na alteração de dimensões ou forma de corpos à que ela entra em contato.

2. Umidade Atmosférica

No ar existe uma quantidade de água sob a forma de vapor. Quanto mais quente for o ar, maior será a quantidade de vapor de água que ele pode conter. No presente tratado, vou sempre procurar estudar a umidade numa temperatura constante, salve ressalva contrária.

Nos dias úmidos, o ar contém maior quantidade de água; por este motivo os corpos secam mais dificilmente, porque o ar está carregado de vapor de água. Existe uma prova muito convincente de que habitualmente existe água na

Leandro Bertoldo
HIGROLOGIA

atmosfera: é muito difícil manter o sal seco; ele acaba sempre ficando molhado.

Então, verifica-se que a água que molha o sal somente pode vir do ar.

3. Substâncias Higroscópicas

Substâncias que como o sal, absorvem a umidade do ar, chamam-se *higroscópicas*.

O cloreto de cobalto é uma delas e, o que é interessante, muda de cor quando úmido; é vermelho quando molhado, e azul quando seco.

O cloreto de cobalto permite constatar a existência de umidade no ar, mas não permite medir a quantidade de umidade. Isso pode ser feito por intermédio de aparelhos chamados *higrômetros*, dos quais existem vários tipos. Um dos mais simples é o do fio de cabelo. Observou-se experimentalmente que um fio de cabelo aumenta de comprimento quando molhado e fica mais curto quando seco. É nesta propriedade que se baseia o chamado *higrômetro de cabelo*.

Outra substância higroscópica é caracterizada por um pedaço de *catgut* (trata-se de um fio usado pelos cirurgiões em suturas). Ele é higroscópico; ou seja, absorve facilmente a umidade, torcendo-se quando úmido, e voltando à situação inicial quando seco.

4. Umidade do Ar

Chama-se de umidade à presença de vapor de água no ar. A quantidade de vapor de água no ar é *variável*. Existem dias secos e dias úmidos de acordo com a menor ou maior