

# O TEMA EVAPORAÇÃO NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

Maria Emília Barreto Bezerra  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
emilia.bezerra@ifrn.edu.br

Nelson Cosme de Almeida  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá  
nelson.almeida@ifap.edu.br

## RESUMO

Esta pesquisa foi realizada durante o mestrado no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A proposta era um estudo sobre o Ensino de Evaporação no contexto de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Para tal, achava-se necessária, inicialmente, a análise de livros didáticos de Física, tanto de Ensino Médio (EM), quanto de Ensino Superior (ES), sobre o tema Evaporação. Para saber que capítulo analisar, primeiro buscou-se no sumário do livro se havia um capítulo ou seção sobre mudanças de fase (ou mudanças de estado). Não havendo, procurou-se no índice remissivo do livro pelos termos: evaporação, vaporização e mudança de fase (ou mudança de estado). Em seguida, os livros foram analisados segundo os seguintes critérios: clareza, aplicações, estímulo ao prazer em conhecer, atividades experimentais, exercícios, imagens e orientações para aprofundamento. Ao todo foram analisados quinze livros, nove do EM e seis do ES. Os resultados da análise mostraram que apenas 5 do EM e 2 do ES definem o processo de evaporação, e apenas 4 do EM citam os fatores que influenciam na evaporação. Apenas 8 relacionam com situações do cotidiano; em 7 do EM aparecem expressões de incentivo à curiosidade; 1 propõe atividade experimental; somente 3 trazem exercícios relacionados ao tema; 8 trazem imagens; e apenas 1 orienta *sites* para aprofundamento. Após a análise, percebeu-se que os livros não abordam de maneira suficiente o processo de evaporação, pois apenas um livro atendeu a todos os critérios analisados. Observou-se ainda que há algumas inconsistências relacionadas ao processo de evaporação. Diante do exposto, acredita-se que o processo de evaporação é bem mais complexo do que a maioria dos livros abordam. Portanto, essa análise dos livros foi de extrema importância para fundamentar o estudo sobre o Ensino de Evaporação no contexto CTS.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Livros Didáticos, Evaporação.

## 1 INTRODUÇÃO

Ensinar Física no Ensino Médio, último nível da Educação Básica no Brasil, é um desafio, pois o professor nesse nível de ensino além de fazer transposição dos conhecimentos científicos do ensino superior para o médio tem ainda que cativar e despertar nos alunos o gosto pela ciência.

Mas, como enfrentar esse desafio, se a maioria de nós foi formada num ambiente cujo ensino de Física era conteudista, em que se primava pela memorização de fórmulas e pelas soluções algébricas?

Dessa forma, podemos considerar que um aspecto crucial é exatamente a formação de professores, pois algumas competências básicas para a construção do conhecimento relativo às unidades temáticas para o ensino de Física, em muitos espaços de ensino, não têm sido trabalhadas adequadamente, nem costumam fazer parte da formação do professor nos cursos de licenciatura, mesmo presentes nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM).

Uma dessas unidades compreende a Física Térmica. Estudos recentes indicam que os estudantes não compreendem algumas das ideias fundamentais que formam a base da ciência, sendo a evaporação uma delas (COSTU; AYAS, 2005). Para entender o processo de evaporação, é necessária a compreensão do modelo de partículas, das forças de atração entre as partículas e da teoria cinética dos gases.

Atualmente, sou professora do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio grande do Norte - IFRN Campus Santa Cruz, nessa realidade os alunos chegam ao curso praticamente sem terem visto conteúdos de Física no Ensino Médio. Na maioria das vezes, isso se deve à falta de professores nas escolas, ou mesmo porque, quando a escola disponibiliza esse professor para a disciplina, ele não é formado em Física e acaba ministrando a disciplina de forma desarticulada, distante do mundo dos alunos e vazia de significados.

Esta pesquisa foi realizada durante o mestrado no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A proposta era um estudo sobre o Ensino de Evaporação no contexto de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Para tal, achava-se necessária, inicialmente, a análise de livros didáticos de Física, tanto de Ensino Médio (EM), quanto de Ensino Superior (ES), sobre o tema Evaporação.

## **2 METODOLOGIA**

Para saber que capítulo analisar, primeiro buscou-se no sumário do livro se havia um capítulo ou uma seção sobre mudanças de fase (ou mudanças de estado), já que a evaporação é uma das formas de passagem do estado líquido para o estado de vapor, ou o próprio termo evaporação. Não havendo, procurou-se no índice remissivo do livro pelos termos: evaporação, vaporização e mudanças de fase (ou mudanças de estado).

Os livros didáticos de Física foram analisados em relação ao tema de acordo com alguns critérios elencados a seguir. Esses critérios foram adaptados dos quesitos utilizados por Souza (2010).

Os livros didáticos foram analisados segundo os seguintes critérios:

a) Clareza: verifica-se, por meio deste critério, se o material apresenta de forma clara o conteúdo, e qual a estrutura utilizada na apresentação dos conceitos. Portanto, verificou-se quais formas de mudança do estado líquido para o estado de vapor (vaporização) os autores se referem nos livros; como os autores explicam a evaporação; e quais os fatores que influenciam na evaporação, os autores citam.

b) Aplicações: analisa se o material discute aspectos da evaporação relacionados ao cotidiano dos alunos e/ou aplicações tecnológicas.

c) Estímulo ao prazer em conhecer: analisa expressões textuais de incentivo à curiosidade, ao aprendizado e à imaginação, na tentativa de alimentar uma satisfação pessoal de compreender. Ou, ainda, se o material propõe algum tipo de pesquisa sobre o tema.

d) Atividades experimentais: verifica se o material propõe atividades experimentais de demonstração, de verificação ou numa perspectiva investigativa sobre o tema.

e) Exercícios: analisa se o material propõe exercícios contextualizados, se abordam questões sobre evaporação relacionadas com o cotidiano do aluno e/ou com meio em que vive.

f) Imagens: verifica se o material utiliza ou não imagens para explicar o processo de evaporação. Analisamos a natureza dessas imagens, se são gráficos, tabelas ou ilustrações, microscópicas da matéria, ou macroscópicas de situações do cotidiano.

g) Orientações para aprofundamento: verifica se há orientação a outras publicações e/ou sites da internet que possam ampliar a abordagem sobre o tema.

Analisou-se quinze livros didáticos de Física, nove do Ensino Médio e seis do Ensino Superior. Os livros do Ensino Médio escolhidos para a análise fazem parte do Programa Nacional do Livro Didático – 2012 (PNLD – 2012) sugeridos pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC), dos dez livros sugeridos pelo PNLD – 2012 apenas um não foi analisado, o livro Física e Realidade dos autores Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano da Editora Scipione, pois não tivemos acesso ao mesmo. Os livros do Ensino Superior foram escolhidos após uma breve pesquisa realizada nos programas das disciplinas de Física de algumas universidades, por serem os mais referenciados nos cursos de Licenciatura em Física.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Dividiu-se a análise por nível de ensino. Primeiro, trata-se da análise dos livros de Ensino Médio e, em seguida, os de Ensino Superior. Os livros estão elencados em ordem alfabética, a partir dos sobrenomes dos autores.

### 3.1 LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

- a) Livro 1: GASPAR, Alberto. **Física:** Ondas, Óptica e Termodinâmica. São Paulo: Editora Ática, 2010. v.2. 448 p.

O processo de evaporação, por se tratar de um processo de mudança de estado (ou fase), sendo uma das formas de mudança do estado líquido para o estado de vapor (ou gasoso), deveria estar contemplado no capítulo 15, intitulado “Mudanças de fase e transferência de calor”, do livro analisado. No entanto, o autor só faz referência ao termo evaporação numa “Nota de rodapé” na página 352. Em que afirma:

Condensação e liquefação são sinônimos na denominação da mudança de estado de um material de gás para líquido; no entanto, quando essa passagem é espontânea, condensação é o termo mais adequado. Por essa razão reservamos o termo condensação apenas para a passagem espontânea de gás para líquido; a transformação espontânea oposta é chamada de evaporação. Assim, neste livro, o oposto de liquefação é vaporização; o oposto de condensação é evaporação. (GASPAR, 2010, p. 352)

O autor não aborda o processo de evaporação de forma clara, não faz referências as principais formas de mudança do estado líquido para o estado de vapor (vaporização), não explica como ocorre a evaporação, nem cita quais os fatores, que influenciam na evaporação. Conseqüentemente, o material não discute aspectos da evaporação relacionados ao cotidiano dos alunos e/ou aplicações tecnológicas, nem incentiva à curiosidade em relação a esse processo.

Verificou-se também, que as atividades experimentais propostas no capítulo, os exercícios e as imagens não abordam o tema. E que não existe nenhuma orientação de pesquisa para aprofundamento do tema.

- b) Livro 2: MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física.** São Paulo: Scipione, 2010. v.2. 360 p.

Neste livro, o processo de evaporação é abordado no capítulo 4, intitulado “Mudanças de fase”. Na página 139, os autores se referem a duas maneiras em que pode ocorrer a passagem do estado líquido para o estado gasoso, por evaporação ou por ebulição. Em seguida, explicam a evaporação,

Sabemos que as moléculas de um líquido, a qualquer temperatura, encontram-se em constante agitação, movendo-se em todas as direções, com velocidades variáveis desde zero até valores muito grandes. Algumas moléculas, com velocidades suficientemente elevadas, ao alcançarem a superfície, conseguem escapar do seio do líquido. Após escaparem, estas moléculas passam a uma situação em que se encontram muito afastadas umas das outras, de modo que a força entre elas é praticamente nula, isto é, elas se encontram no estado gasoso. Este é o processo da evaporação do líquido. Observe que, à medida que ocorre a evaporação, as moléculas de maior velocidade estão abandonando o líquido.

Consequentemente, sua temperatura tende a diminuir, pois a energia cinética média das moléculas que nele permanecem torna-se menor. (MÁXIMO e ALVARENGA, 2010, p. 139)

Em seguida, os autores elencam e explicam alguns fatores que interferem na velocidade de evaporação de um líquido, são eles: a temperatura do líquido, a área da superfície livre do líquido e a quantidade de vapor sobre a superfície do líquido. Nesse último, chamam a atenção para importância da remoção do vapor sobre o líquido, com o objetivo de aumentar a velocidade de evaporação.

Ao explicarem como alguns fatores interferem na velocidade de evaporação, os autores relacionam a evaporação ao cotidiano dos alunos. Relatam que a sensação de frio quando uma pessoa sai de uma piscina (ou do mar) é uma consequência da evaporação da água aderida à pele. Alertam que, para que uma roupa molhada seque mais depressa, deve-se colocá-la estendida, para aumentar a área de evaporação; que uma roupa molhada demora mais a secar em um dia úmido, por causa da grande quantidade de vapor; e que uma roupa seca mais rápido se estiver ventando, porque diminui a quantidade de vapor sobre a superfície da roupa.

Na seção “Um Tópico Especial para você aprender um pouco mais” os autores abordam o comportamento de um gás real, nessa seção, aprofundam o conhecimento sobre o que é pressão de vapor, os fatores que influenciam e, ainda, falam sobre o vapor de água na atmosfera, definindo umidade absoluta e umidade relativa do ar. Também chamam atenção para a influência da umidade do ar sobre o conforto térmico das pessoas, e finalizam definindo ponto de orvalho, que será essencial para o cálculo da umidade relativa do ar.

Os autores fazem uso de imagens, tanto para mostrar a matéria, microscopicamente, simulando a passagem das moléculas do estado líquido para o gasoso, como para ilustrar situações do cotidiano. Também trazem uma tabela que relaciona a temperatura com a pressão de vapor.

A atividade experimental proposta tem um caráter demonstrativo sobre a ação da pressão atmosférica em função da relação entre pressão de vapor e temperatura.

Os exercícios propostos estão mais relacionados com os fatores que influenciam na evaporação, para calcular a umidade relativa do ar, o ponto de orvalho. No entanto, trazem alguns exercícios contextualizados em que pedem explicação para situações do cotidiano. Como, por exemplo: explicar por que nos recipientes de barro a água esfria e se mantém abaixo da temperatura ambiente; por que em clima quente e seco é mais agradável do que em clima quente e úmido; por que, em um dia quente, liga-se o ventilador de uma sala para tornar o ambiente mais agradável.

Na seção “N@ internet” sugerem dois *sites*, um do Ministério da Ciência e Tecnologia que disponibiliza informações sobre a previsão do tempo, umidade relativa do ar e pressão atmosférica em diferentes regiões do Brasil, e outro do Ministério da Educação e Cultura que disponibiliza uma animação mostrando a mudança de estado da água.

- c) Livro 3: MENEZES, Luís Carlos de *et al.* **Física**: 3º ano Ensino Médio. São Paulo: Editora PD, 2010. 240 p. (Coleção Quanta Física).

O tema a ser analisado deveria estar contemplado no capítulo 3 da segunda unidade, que trata de “O Estudo do Calor – Termodinâmica”.

No entanto, o que foi observado durante a análise é que o livro não apresenta de forma clara o tema em questão, e só aborda o tema na seção “Faça parte” na página 152. Nessa seção solicita que seja elaborado um texto em grupo sobre as seguintes questões: a) Justifique conceitualmente por que sentimos frio ao sair de um banho de mar, mesmo em dia quente de sol intenso; b) Explique a sensação refrescante que sentimos na pele na região em que é usado perfume ou desodorante à base de álcool; c) Discuta a associação que se faz de que podemos ficar resfriados quando nos expomos sem agasalhos em um tempo frio e chuvoso. Observamos, ainda, que os autores fazem uso de imagens do cotidiano para exemplificar essas questões. Não sendo observado mais nada em relação aos outros critérios que estamos utilizando para análise.

- d) Livro 4: OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto de *et al.* **Física em contextos pessoal, social e histórico**: energia, calor, imagem e som. São Paulo: FTD, 2010. v. 2. 496 p.

Neste livro, o tema evaporação, pelos motivos que já foram expostos anteriormente, deveria estar contemplado no capítulo 8, no item 4, intitulado “Por que as substâncias mudam de estado?”, no entanto, os autores só fazem referência ao termo evaporação na seção “Por dentro do conceito” na página 237, em que trata da Pressão de Vapor,

Vamos considerar um recipiente fechado, com água até a metade, que é levado ao fogo. Com o aquecimento, as moléculas passam a ganhar energia e as mais energéticas deixam o líquido se transformando em vapor. Como o recipiente é fechado, o vapor se acumula na parte superior do recipiente, aumentando a pressão.

Em dado momento, quando a pressão é suficientemente grande, o processo de evaporação da água se estabiliza, e a mistura atinge um equilíbrio dinâmico. (OLIVEIRA *et al.*, 2012, p. 237)

Pode-se observar que o termo evaporação está sendo utilizado como sinônimo de vaporização, não como uma de suas formas, já que evaporação é um processo espontâneo e, nesse trecho, os autores falam de um recipiente que é levado ao fogo, ou seja, que sofre aquecimento.

Da mesma forma que o livro 1, esse livro não aborda o processo de evaporação de forma clara. Porém, na seção “Explorando o assunto”, propõe uma questão que está diretamente

relacionada ao cotidiano dos alunos: “Ao nível do mar, a água pura entra em ebulição a 100 °C. Como ocorre então a evaporação das águas dos rios e mares que alimentam o ciclo hidrológico da água ou mesmo a evaporação da águas nas roupas no varal?” (OLIVEIRA et al., 2012). Ainda utiliza uma figura para ilustrar essa situação do cotidiano.

Apesar do material não abordar de forma clara o processo de evaporação, ele traz na seção “Exercícios propostos (é fácil)” alguns exercícios contextualizados sobre o assunto como, quando pergunta: “Por que quando um nadador sai da água em um dia quente com brisa, ele experimenta um efeito de esfriamento?” (OLIVEIRA et al., 2012).

Ainda sugere na seção “Pesquise, proponha e debata” que o aluno pesquise sobre alguns elementos climáticos, como: umidade do ar, quantidade de chuva e temperatura ambiente; em bons *sites* da internet, em revistas de divulgação científica e em livros da biblioteca. Em seguida, apresenta algumas questões com o objetivo de orientar essa busca. Ainda solicita, que depois dessa investigação, o aluno redija um texto e selecione imagens para elaborar um painel e compartilhar as informações encontradas com os colegas.

- e) Livro 5: SANT’ANNA, Blaidi. et al. **Conexões com a Física**. São Paulo: Moderna, 2010. v.2. 448 p.

A partir da análise do capítulo 6, que trata da Mudança de Fase, constatou-se que esse livro não apresenta de forma clara o tema em questão, nem aborda o tema em nenhum dos critérios analisados.

- f) Livro 6: SILVA, Cláudio Xavier da; BARRETO FILHO, Benigno. **Física aula por aula: mecânica dos fluidos, termologia, óptica**. São Paulo: FTD, 2010. v.2. 336 p.

O tema analisado está contemplado no capítulo 10, intitulado “Mudança de Estado”. Os autores abordam numa “Nota” que o processo de vaporização pode ocorrer de três maneiras: evaporação, ebulição e calefação. E definem evaporação como sendo,

Evaporação: é a passagem lenta do estado líquido para o estado gasoso, na qual somente as moléculas mais energéticas do líquido adquirem energia suficiente para mudar de estado (exemplo: roupas secando no varal). (SILVA; BARRETO FILHO, 2010, p. 133)

No entanto, não abordam de forma clara os fatores que influenciam na evaporação. Porém, na seção “Quer saber?” abordam situações do cotidiano, pois trazem o seguinte questionamento: “Como a transpiração ajuda na regulação da temperatura do corpo humano?”, que é seguido de um texto que trata sobre a influência da pressão de vapor no processo de evaporação, e da relação dela com o conforto térmico. Ao final, propõe duas questões como atividade:

1) O conforto térmico também pode ser obtido utilizando-se um ventilador. De que maneira ele atua para proporcionar esse conforto?

2) Quando passamos álcool em nossa pele, também sentimos um esfriamento local. Como podemos explicar esse fato?

No decorrer do capítulo, também apresentam o conceito de pressão máxima de vapor. Para isso fazem uso de uma sequência de imagens com ilustrações microscópicas do processo de vaporização.

O capítulo não apresenta exercícios relacionados ao processo de evaporação, nem os autores propõem atividades experimentais e orientações para aprofundamento sobre o tema.

g) Livro 7: TORRES, Carlos Magno; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Física – Ciência e Tecnologia**. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2010. v.2. 264 p.

Esse livro aborda o processo de evaporação no primeiro capítulo. Apesar dos autores não elencarem os tipos de vaporização, eles dedicam um subitem (Vaporização espontânea: a evaporação) do item 3 desse capítulo, para abordar o processo. Os autores explicam como esse processo ocorre da seguinte forma,

Quando um líquido é deixado num recipiente, com sua superfície livre exposta ao ambiente, ele se vaporiza espontaneamente, com maior ou menor rapidez, terminando por desaparecer do recipiente ao final de certo tempo. A esse processo de vaporização espontânea, que ocorre, em qualquer temperatura, na superfície exposta do líquido, dá-se o nome de evaporação. Explica-se o fenômeno pela agitação térmica molecular: estando em constante movimento, as moléculas mais “agitadas” conseguem “escapar” aos poucos pela superfície livre, convertendo-se em vapor. Como é um processo contínuo, acaba envolvendo toda a massa de líquido, que gradativamente “desaparece”. (TORRES; FERRARO; SOARES, 2010, p. 28)

Em seguida, os autores elencam e explicam cinco fatores que influenciam na velocidade de evaporação, são eles: a natureza do líquido, a área da superfície exposta, a temperatura, a concentração de vapor no ar e a pressão exercida sobre o líquido.

O livro além de conceituar pressão máxima de vapor, traz na seção “Atividade em grupo” um texto sobre umidade relativa e sua influência sobre o clima, e propõe uma pesquisa em grupo sobre os aparelhos usados para medir o grau de umidade do ar, os higrômetros (Figura 1).



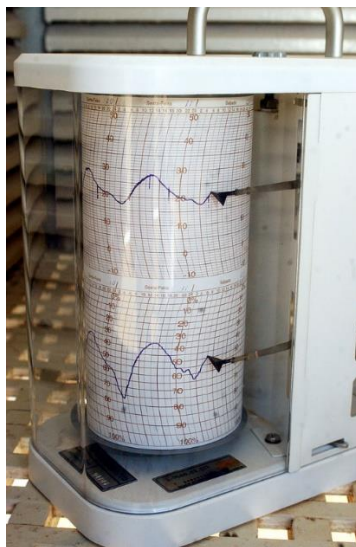


Figura 1 – Higrômetro.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Higr%C3%B4metro#mediaviewer/Ficheiro:Umidadederelativa.jpg>

O material ainda discute aspectos da evaporação relacionados ao cotidiano dos alunos como: a sensação de frio experimentada por um banhista ao sair da piscina; a mesma sensação quando nossa pele entra em contato com algum líquido mais volátil, como éter, álcool ou acetona; a diminuição da temperatura da água quando armazenada em potes de barro poroso; a manutenção da temperatura corporal normal pela evaporação do suor; a presença de correntes de ar, como as produzidas por ventiladores, para diminuir a sensação de calor; ou, ainda, o fato de soprar as bebidas quentes para aumentar a velocidade de evaporação e, assim, resfriá-las. Na seção “Aplicação Tecnológica” os autores explicam o funcionamento dos botijões de GLP.

O livro também traz um item, nesse mesmo capítulo, falando sobre o ciclo da água, em que a evaporação tem uma importante função.

Na seção “O que diz a mídia!”, os autores trazem um texto “E se... a temperatura do corpo humano fosse a ambiente?” da Revista Superinteressante do mês de outubro do ano 2000, e em seguida, propõe uma questão relacionada ao seu cotidiano: “Você saberia explicar como a transpiração permite manter relativamente estável a temperatura do corpo?” (TORRES; FERRARO; SOARES, 2010).

Observou-se que as imagens utilizadas ilustram situações do cotidiano, mas também, é feito o uso de gráficos para explicar a pressão máxima de vapor. Verificamos, ainda, que os exercícios, as atividades experimentais e as orientações para aprofundamento não abordaram o tema.

- h) Livro 8: VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. **Física**. São Paulo: Saraiva, 2010. v.2. 448 p.

O tema analisado está contemplado no capítulo 3 intitulado “Calor sensível e calor latente”. Os autores afirmam que os principais processos de vaporização são a ebulição e a evaporação. Sobre a evaporação, os autores afirmam que,

A evaporação, ao contrário da ebulição, não depende de uma temperatura determinada para acontecer. É um processo lento, que ocorre apenas na superfície livre de um líquido.

Nesse processo, as partículas que escapam são aquelas que têm energia cinética maior que a da maioria, energia suficiente para se livrarem das demais moléculas do líquido. Por causa disso, a energia média das partículas remanescentes e a temperatura do líquido diminuem. (VILLAS BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2010, p. 63)

Além de definir a evaporação, o material cita e explica cinco fatores que influenciam nesse processo: a natureza do líquido, a temperatura, a área da superfície livre do líquido, a pressão na superfície livre e a pressão de vapor do líquido. Os autores dedicam um item do capítulo para explicar a pressão de vapor.

Foi observado que um quadro contendo o texto intitulado “A chuva e a umidade relativa do ar” é utilizado para explicar a umidade relativa do ar e para tratar da relação entre esta e a chuva.

O aspecto da evaporação relacionado ao cotidiano dos alunos que esse livro traz é apenas em relação à evaporação da água dos rios, possibilitando as chuvas.

Na seção “Descubra mais”, os autores incentivam os alunos pesquisarem questões relacionadas ao tema, como: “Em dias muito quentes, é comum observarmos cães grandes e peludos com a boca aberta, a língua de fora e arfando rapidamente. Pesquise e tente explicar por que os cães arfam.” (VILLAS BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2010).

Observamos que as imagens utilizadas são basicamente para ilustrar situações do cotidiano. Percebemos, também, que esse livro não propõe exercícios, nem atividades experimentais e nem orientações para aprofundamento sobre o tema.

i) Livro 9: YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o Ensino Médio**. São Paulo: Saraiva, 2010. v.2. 336 p.

O tema analisado encontra-se no capítulo 4, Mudanças de Estado. Na página 68, os autores abordam de maneira clara o tema. Referem-se as três maneiras em que pode ocorrer a passagem do estado líquido para o estado gasoso, a evaporação, a ebulição e a calefação. Explicam a evaporação como sendo,

Evaporação: a vaporização acontece em qualquer temperatura. Algumas moléculas da superfície livre do líquido tiram calor de outras moléculas, adquirem maior energia cinética e escapam para a fase gasosa: essa é a evaporação. Nesse evento, a temperatura das moléculas restantes diminui. (YAMAMOTO; FUKU, 2010, p. 68).

Em seguida, trazem três fatores que influenciam no processo de evaporação, quando afirmam que a área de contato com a atmosfera, a ocorrência de vento e a baixa umidade relativa do ar, podem aumentar a evaporação da água. No decorrer do capítulo, explicam o que é a pressão máxima de vapor e, ainda, afirmam que ela depende da natureza do líquido.

Na seção “Outras palavras”, o livro discute aspectos da evaporação relacionados ao cotidiano dos alunos, pois traz um texto cujo título é Transpiração e Umidade Relativa, que trata da relação entre ambos. No final dessa seção, os autores propõem questões como: “De que depende a sensação de conforto térmico? Por que motivo os ambientes muito úmidos nos parecem abafados e, na maioria das vezes, quentes?” (YAMAMOTO; FUKU, 2010).

No decorrer do capítulo, os autores trazem um subitem intitulado Higrometria, que é a parte da Física que estuda a quantidade de vapor de água existente na atmosfera. Esse estudo torna-se de grande importância, pois a quantidade de vapor de água na atmosfera trata-se de um dos fatores que influenciam no processo de evaporação e está diretamente relacionado ao cotidiano dos alunos, já que a quantidade de vapor interfere no metabolismo humano, ou seja, interfere na transpiração, na respiração e na sensação de conforto, e ainda, interfere na demanda evaporativa do ciclo da água, no clima e nos eventos meteorológicos, como a chuva, o granizo e o nevoeiro.

As imagens utilizadas são, em sua maioria, gráficos sobre a pressão de vapor em relação à temperatura. Porém, apresentam uma figura representando microscopicamente a mudança do estado líquido para o estado de vapor, e uma outra, com uma situação do cotidiano (roupa estendida no varal).

Os exercícios propostos são contextualizados, estão relacionados à pressão de vapor, tratam sobre o clima e conforto térmico. O livro traz, também, um exercício sobre como os potes de barro conservam a água numa temperatura menor que a do ambiente.

Nesse capítulo, não são propostas atividades experimentais nem orientação para aprofundamento sobre o tema.

### 3.2 LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO SUPERIOR

- a) Livro 10: FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. **Lições de Física de Feynman: Mecânica, Radiação e calor.** Tradução Adriana Válio Roque da Silva, et al. Porto Alegre: Bookman, 2008. v.1.

Foi observado que o processo de evaporação é tratado de forma isolada no primeiro capítulo, quando o autor aborda sobre os processos atômicos, nas páginas de 1 a 5. O autor explica como ocorre a evaporação,

De tempos em tempos, uma molécula na superfície é atingida mais fortemente que o usual e acaba se desprendendo da superfície. Isto é difícil de visualizar na imagem pois ela está estática. Mas podemos imaginar que uma ou outra molécula próxima a superfície acabou de ser atingida e esteja voando para fora da superfície. Então, molécula por molécula, a água desaparece – ela evapora. [...] Quando uma molécula sai da superfície é devido a um acidental acúmulo extra de energia que é preciso para quebrar a atração entre as moléculas vizinhas. Portanto, desde que aquelas que saem tem energia maior que a média, aquelas que ficam têm menor movimento médio que as anteriores. Desta forma, o líquido gradualmente esfria se há evaporação. É claro que quando uma molécula de vapor do ar vem para a água existe subitamente uma grande atração a medida que ela se aproxima da superfície. Isso acelera a molécula que está se aproximando da superfície e resulta em geração de calor. Assim, quando elas saem levam calor embora e quando elas voltam geram calor. (FEYNMAN, 2008, p. 1-5)

Como o assunto é tratado de forma isolada, o autor não se refere às formas de vaporização, nem expõe claramente todos os fatores que influenciam na evaporação. No entanto, chama a atenção para a necessidade de retirar o vapor sobre a superfície para manter a evaporação, através de uma situação do cotidiano, quando afirma: “Se soprarmos a água de forma a manter a evaporação continuamente, então a água esfriará. Como se sopra uma sopa para esfriá-la!” (FEYNMAN, 2008, p. 1-5).

O livro traz uma imagem microscópica da matéria para mostrar o processo de evaporação, bem mais complicada, porém mais realista, porque além das moléculas de água, a figura contém as moléculas de oxigênio e nitrogênio.

Os outros critérios analisados não foram observados, pois não fazem parte das características da coleção.

Livro 11: HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. v.2. 295 p.

Observou-se que, apesar do volume analisado abordar os conteúdos de Física Térmica, o livro não faz referência ao processo de evaporação em nenhum dos capítulos.

b) Livro 12: NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica**. 4 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2002. v.2.

Também não foi observado, neste livro, referência ao processo de evaporação em nenhum dos capítulos.

c) Livro 13: SERWAY, Raymond A.; JEWETT JR., John W. **Princípios da Física: Movimento Ondulatório e Termodinâmica**. Tradução Leonardo Freire de Melo, Tânia M. V. Freire de Mello; revisão técnica André Koch Torres Assis. São Paulo: Cengage Learning, 2011. v.2. 265 p.

Observamos que apesar do volume analisado trazer, no capítulo 17, um item, na página 594, que trata do “Calor Latente e Mudanças de Fase”, ele não faz referência nesse item ao processo de evaporação. No entanto, no capítulo 16, no item que trata da “Distribuição das Velocidades Moleculares”, os autores trazem o fenômeno da evaporação como sendo,

O fenômeno da evaporação de um líquido pode ser compreendido com base nessa distribuição de velocidades usando-se o fato de que algumas moléculas no líquido são mais energéticas do que outras. Algumas das moléculas mais rápidas no líquido penetram a superfície e saem do líquido, mesmo em temperaturas bem abaixo do ponto de ebulição. As moléculas que escapam do líquido pela evaporação são aquelas que têm energia suficiente para superar as forças atrativas das moléculas na fase líquida. Consequentemente, as moléculas deixadas para trás na fase líquida têm uma energia cinética média mais baixa, fazendo com que a temperatura do líquido diminua. Dessa forma, a evaporação é um processo de refrigeração. Por exemplo, um pano embebido em álcool frequentemente é colocado em uma cabeça febril para diminuir a temperatura e dar conforto ao paciente. (SERWAY; JEWETT JR, 2011, p. 577)

Pode-se observar, que além explicar o processo de evaporação, os autores exemplificam esse processo com uma situação do cotidiano dos estudantes. Porém, não foi observado nada em relação aos outros critérios analisados.

- d) Livro 14: TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica, Oscilações e Ondas e Termodinâmica**. 6 ed. Tradução e revisão técnica Paulo Machado Mors. Rio de Janeiro: LTC, 2013. v.1. 759 p.

Observou-se que apesar do volume analisado trazer, no capítulo 18, um item, na página 603, que trata da “Mudança de Fase e Calor Latente”, ele não faz referência ao processo de evaporação.

- e) Livro 15: YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. Tradução Cláudia Santana Martins; revisão técnica Adir Moysés Luiz. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008. 329 p.

Foi observado que, apesar do volume analisado trazer, no capítulo 17, um subitem, na página 193, que trata da “Calorimetria e transição de fase”, ele não faz referência ao processo de evaporação. Constatamos que os autores referem-se a ebulição e vaporização como sinônimos, não sendo a ebulição uma das formas de vaporização.

### 3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

O Quadro 1, a seguir, traz uma síntese da análise feita nos 15 livros didáticos, tanto de Ensino Médio quanto de Ensino Superior. Os livros de 1 a 9, são do Ensino Médio e os livros de 10 a 15 são do Ensino Superior.

Em relação ao critério Clareza, percebe-se que apenas quatro livros citam as formas de vaporização e desses apenas dois citam a calefação como um processo de vaporização.

Observa-se ainda que o livro 15, do Ensino Superior, trata a ebulição como sinônimo de vaporização, não como uma de suas formas. Apenas cinco livros do Ensino Médio e dois do Ensino Superior definem o processo de evaporação, e apenas 4 livros do Ensino Médio citam os fatores que influenciam na evaporação.

Quadro 1 – Análise dos livros didáticos.

LIVROS	CRITÉRIOS DE ANÁLISE						
	a) Clareza	b) Aplicações	c) Estímulo ao prazer em conhecer	d) Atividades Experimentais	e) Exercícios	f) Imagens	g) Orientações para aprofundamento
1	-	-	-	-	-	-	-
2	X 1 2 3	X	X	X (Demonstração)	X	X 5 6 7	X
3	-	-	X	-	-	X 7	-
4	-	X	X	-	X	X 7	-
5	-	-	-	-	-	-	-
6	X 1 2	X	X	-	-	X 6	-
7	X 2 3	X	X	-	-	X 4 7	-
8	X 1 2 3	X	X	-	-	X 7	-
9	X 1 2 3	X	X	-	X	X 4 6 7	-
10	X 2	X	-	-	-	X 6	-
11	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-
13	X 2	X	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaboração da autora (2014).

Legenda:

X - Critérios que foram observados nos livros.

Para o critério “a”:

- 1 - Citou as formas de vaporização;
- 2 - Quando definiu evaporação;
- 3 - Quando citou os fatores que influenciam na evaporação.

Para o critério “f”:

- 4 - Gráficos;
- 5 - Tabelas;
- 6 - Ilustrações microscópicas da matéria;
- 7 - Situações do cotidiano.

Observa-se que oito livros relacionam o processo de evaporação com situações do cotidiano dos alunos, dentre as situações mais abordadas, estão: o frio sentido ao sair da água, ou quando é passada alguma substância volátil na pele; a temperatura baixa da água que é armazenada em potes de barro; o sopro para esfriar alimentos e bebidas; a roupa estendida no

varal; a evaporação dos rios e lagos; questões relativas ao clima, como umidade do ar (pressão de vapor) relacionada ao conforto térmico; e a transpiração.

Em sete livros do Ensino Médio, aparecem expressões textuais de incentivo à curiosidade, ao aprendizado e à imaginação, em relação ao processo de evaporação.

Apenas um livro propõe uma atividade experimental relacionada ao tema pesquisado. No entanto, essa atividade tem um caráter demonstrativo sobre a ação da pressão atmosférica em função da relação entre pressão de vapor e temperatura.

Apenas três livros trazem exercícios relacionados ao tema, na verdade, esses exercícios abordam situações do cotidiano dos alunos.

Oito livros trazem imagens relacionadas ao processo de evaporação, em sua maioria, essas imagens retratam situações do cotidiano ou mostram aspectos microscópicos da matéria. Apenas um livro faz uso de gráficos e dois utilizam tabelas.

Apenas um livro orienta *sites* para aprofundamento, o livro 2, que sugere dois *sites* um que disponibiliza informações sobre a previsão do tempo, umidade relativa do ar e pressão atmosférica em diferentes regiões do Brasil, e outro que disponibiliza uma animação mostrando a mudança de estado da água.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Após a análise percebe-se, de um modo geral, que os livros não abordam de maneira suficiente o processo de evaporação, pois apenas um livro atendeu a todos os critérios analisados. Observa-se ainda, como já foi relatado na análise que há algumas inconsistências relacionadas ao processo de evaporação. Afinal, na evaporação as moléculas que passam para o estado de vapor, possuem mais energia ou adquirem mais energia, o que permite que elas passem para o estado de vapor? Essa questão não fica clara.

Entende-se que é de extrema importância, a abordagem do tema evaporação e também os fatores que a influenciam pelos livros didáticos. Constata-se, na maioria dos livros, a falta da explicação dos fatores que influenciam na velocidade de evaporação.

Diante do exposto, acredita-se que o processo de evaporação é bem mais complexo do que a maioria dos livros abordam.

#### **REFERÊNCIAS**

COŞTU, Bayram; AYAS, Alipaşa. *Evaporation in different liquids: secondary studenty' conceptions. Research in Science & Technological Education*. Turkey, v.23, n.1, p.75-97, may. 2005.

FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. **Lições de Física de Feynman: Mecânica, Radiação e calor**. Tradução Adriana Válio Roque da Silva et al. Porto Alegre: Bookman, v.1, 2008.

GASPAR, Alberto. **Física: Ondas, Óptica e Termodinâmica**. São Paulo: Ática, v.2, 2010.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, v.2, 2010.

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto de et al. **Física em contextos pessoal, social e histórico: energia, calor, imagem e som**. São Paulo: FTD, 2010. v.2.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT JR., John W. **Princípios da Física: Movimento Ondulatório e Termodinâmica**. Tradução Leonardo Freire de Melo, Tânia M. V. Freire de Mello; revisão técnica André Koch Torres Assis. São Paulo: *Cengage Learning*, v.2, 2011.

SILVA, Cláudio Xavier da; BARRETO FILHO, Benigno. **Física aula por aula: mecânica dos fluidos, termologia, óptica**. São Paulo: FTD, 2010, v.2.

SOUZA, Alcindo Mariano de. **Despertando responsabilidade social no ensino médio por meio de temáticas associadas à física nuclear**. 2010. 137f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

TORRES, Carlos Magno; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Física – Ciência e Tecnologia**. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2010, v.2.

VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. **Física**. São Paulo: Saraiva, v.2, 2010.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o Ensino Médio**. São Paulo: Saraiva, v.2, 2010.